

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS**

**VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ECONOMÍA**

**PROPUESTA PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA DE  
SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE NIEBLA EN COSTA  
RICA PARA CONSUMO HUMANO**

**TESIS DE MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA**

**JAVIER BENAVIDES CHAVES**

**SEDE ARANJUEZ, SAN JOSÉ**

**AGOSTO, 2025**

## CONTENIDO

CONTENIDO .....	2
TABLAS .....	6
FIGURAS .....	7
DEDICATORIA .....	8
RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	11
Planteamiento del problema .....	12
Justificación.....	13
Objetivos .....	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos .....	17
Antecedentes .....	17
Antecedentes internacionales.....	17
Antecedentes nacionales .....	20
Alcances y limitaciones .....	22
Alcances .....	22
Limitaciones .....	23
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	24
La niebla.....	24
Clasificación de las nieblas de acuerdo con su génesis .....	25
Nieblas de evaporación.....	25
Nieblas por enfriamiento .....	26

Nieblas por advección.....	27
Nieblas orográficas .....	29
Principios básicos de los captadores de niebla.....	30
Modelo hidrológico .....	30
Modelo agregado .....	32
Modelo semidistribuido .....	32
Modelo distribuido.....	32
Precipitación oculta (rocío y niebla) .....	33
Formas básicas de los captadores.....	33
Captadores planos .....	33
Captadores cilíndricos .....	34
Con forma de escarabajo .....	34
Con forma de cometa.....	34
Estudio ambiental.....	35
Captación de agua de la niebla.....	35
Calidad del agua .....	37
Observaciones técnicas para implementar un captador de niebla .....	38
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	40
Enfoque de la investigación .....	40
Diseño de la investigación .....	41
Muestra de la investigación.....	42
Instrumento .....	42
Proceso para la recolección y análisis de datos.....	43
Fuentes primarias.....	44

Fuentes secundarias .....	45
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	48
Entrevistas .....	48
Análisis de entrevistas: perspectivas interdisciplinarias sobre la captación de agua de niebla en Costa Rica .....	55
Entrevista 1 – Experto en Gestión Ambiental y Proyectos Hídricos.....	58
Entrevista 2 – Emprendedora social y fundadora de Proyecto “Agua Viva” .....	60
Entrevista 3 – Profesor universitario e investigador en tecnologías sostenibles .....	62
Estudio económico para la creación de una empresa de sistemas de captación de agua de niebla en Costa Rica para consumo humano .....	65
Objetivo principal del estudio .....	65
Objetivos específicos.....	65
Análisis técnico y de costos.....	65
Estudio económico .....	66
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
Conclusiones .....	71
Recomendaciones.....	72
CAPÍTULO VI: LA PROPUESTA .....	74
Mapa estratégico .....	74
Análisis de situación .....	75
BIBLIOGRAFÍA .....	76
APÉNDICES.....	80
Apéndice A. Encuesta .....	80
Apéndice B. Entrevista.....	83
Apéndice C. Autorización de uso para el Repositorio Institucional.....	84

Apéndice D. Carta de aprobación del tutor .....	85
Apéndice E. Carta de aprobación del lector .....	86
Apéndice F. Constancia de revisión filológica .....	87

**TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Matriz de operacionalización de variables.....	46
<b>Tabla 2.</b> Datos obtenidos de la pregunta 2 .....	49
<b>Tabla 3.</b> Datos obtenidos de la pregunta 3 .....	50
<b>Tabla 4.</b> Datos obtenidos de la pregunta 5 .....	52
<b>Tabla 5.</b> Datos obtenidos de las preguntas 7 y 8 .....	54
<b>Tabla 6.</b> Comparativa de opiniones expertas sobre la captación de agua de niebla .....	57
<b>Tabla 7.</b> Inversión inicial. ....	66
<b>Tabla 8.</b> Instalación atrapanieblas .....	67
<b>Tabla 9.</b> Costo por atrapanieblas instalado. ....	67
<b>Tabla 10.</b> Costo por almacenamiento.....	68
<b>Tabla 11.</b> Análisis financiero .....	69

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Tipo de niebla de evaporación.....	25
<b>Figura 2.</b> Tipo de niebla de enfriamiento.....	27
<b>Figura 3.</b> Niebla de advección .....	28
<b>Figura 4.</b> Niebla orográfica.....	29
<b>Figura 5.</b> Tipos de modelos hidrológicos.....	31
<b>Figura 6.</b> Tipos de estructura de captadores .....	38
<b>Figura 7.</b> Evaluación de la viabilidad técnica y económica de la captación de agua de niebla. ..	49
<b>Figura 8.</b> Evaluación del desarrollo de planes de acción basados en sostenibilidad. ....	51
<b>Figura 9.</b> Evaluación de recursos, insumos y disposición comunitaria. ....	52
<b>Figura 10.</b> Evaluación del cumplimiento normativo y responsabilidad ambiental.....	54
<b>Figura 11.</b> Cronograma de implementación .....	75

## **DEDICATORIA**

Primeramente, a Dios, por darme la salud para cumplir mis metas poco a poco y también a esa persona especial que ha caminado durante varios años a mi lado, por tenerme paciencia infinita, creer en mí incluso cuando yo dudaba, por sostenerme en los momentos difíciles y por quedarse, incluso cuando parecía más fácil irse.

Gracias por ser mi refugio, mi fuerza y mi constante. Este logro también es tuyo.

## RESUMEN

La presente investigación propone la creación de una empresa dedicada a la captación de agua de niebla en Costa Rica, específicamente en la provincia de Cartago, como una alternativa sostenible para el consumo humano. Ante la creciente escasez de agua potable en ciertas regiones del país, esta tecnología se presenta como una solución innovadora, de bajo costo operativo y con un impacto ambiental positivo. Por lo que el estudio analiza la viabilidad técnica, económica, legal y social del proyecto, integrando metodologías mixtas que incluyen revisión documental, encuestas a la población y entrevistas a expertos en sostenibilidad, ingeniería y gestión ambiental.

Los resultados evidencian una alta aceptación social hacia el uso de esta tecnología, aunque también se identifican desafíos como la falta de conocimiento técnico y la necesidad de adaptación a las condiciones climáticas locales. Se destaca la importancia de una planificación estratégica basada en los principios del desarrollo sostenible, la participación comunitaria y el cumplimiento normativo. Además, se identifican los recursos humanos, materiales y tecnológicos necesarios para su implementación.

La propuesta empresarial se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente en lo relativo al acceso al agua limpia y la adaptación al cambio climático. En conclusión, el proyecto demuestra ser viable y representa una oportunidad significativa para contribuir al bienestar social y ambiental del país.

**Palabras clave:** captación de agua de niebla, sostenibilidad ambiental, viabilidad técnica, desarrollo sostenible, cambio climático.

## ABSTRACT

This research proposes the creation of a company dedicated to fog water harvesting in Costa Rica, specifically in the province of Cartago, as a sustainable alternative for human consumption. In response to the growing scarcity of potable water in certain regions of the country, this technology emerges as an innovative solution with low operational costs and a positive environmental impact. The study analyzes the technical, economic, legal, and social feasibility of the project, integrating mixed methodologies that include document review, population surveys, and interviews with experts in sustainability, engineering, and environmental management.

The results reveal a high level of social acceptance toward the use of this technology, although challenges such as limited technical knowledge and the need for adaptation to local climatic conditions were also identified. The importance of strategic planning based on the principles of sustainable development, community participation, and regulatory compliance is emphasized. Additionally, the human, material, and technological resources required for implementation are identified.

The business proposal aligns with the Sustainable Development Goals, particularly those related to access to clean water and climate change adaptation. In conclusion, the project proves to be viable and represents a significant opportunity to contribute to the country's social and environmental well-being.

**Keywords:** Fog water harvesting, Environmental sustainability, Technical feasibility, Sustainable development, Climate change.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Este capítulo es fundamental para el lector, ya que lo introduce al trabajo de investigación. Aquí se explora a fondo el problema de estudio y se proporciona un contexto general que se alinea con los objetivos planteados, tanto específicos como el objetivo general. También, el lector conoce cuáles son los principales antecedentes nacionales e internacionales en relación con el objeto de estudio. Durante esta sección, se conoce los alcances y limitaciones de la investigación.

La escasez de agua potable es un desafío importante en Costa Rica, particularmente en zonas áridas como la provincia de Cartago. Frente a esta problemática, la captación de agua de niebla emerge como una solución innovadora y sostenible. Este método, que aprovecha el vapor de agua suspendido en el aire y lo condensa para su recolección, ofrece un valioso complemento al suministro convencional. Precisamente, este proyecto presenta la visión de establecer una empresa pionera en Costa Rica, dedicada a implementar esta tecnología para el consumo humano.

La planificación detallada es vital para asegurar el éxito de un proyecto, ya que encauza su desarrollo hacia los objetivos preestablecidos en línea con el PMBOK (Project Management Institute [PMI], 2021). Esto implica la adopción de metodologías y criterios que optimicen cada fase. Además, la supervisión de estas operaciones, desde la concepción hasta la entrega, recae en un líder de proyecto, cuya responsabilidad es garantizar que cada tarea se ejecute conforme a los rigurosos estándares de calidad de la empresa.

La persona a cargo del proyecto debe tener un enfoque gerencial estratégico, es decir, definirlo basado en la orientación que desea para el negocio, estableciendo luego objetivos alineados con las diferentes etapas del proyecto, lo que añade el tener las acciones adecuadas para todo el recurso humano.

La captación de agua de niebla es una técnica de gran relevancia a nivel ambiental, ya que sirve para captar el agua que se encuentra presente en la niebla y con ese sistema se ayuda a la reforestación de este tipo de ecosistemas. A través del tiempo, las personas profesionales han logrado tener un mayor conocimiento sobre esta tecnología y se busca por los beneficios encontrados en promover su importancia.

En el aspecto económico, la tecnología de sistemas de captación de agua de niebla no implica una gran inversión, esto porque no se requiere hacer uso de energía eléctrica para su funcionamiento y los costos de operación son relativamente bajos, si se comparan con los sistemas convencionales de captación de agua, los cuales requieren una alta inversión, el gasto de combustible, repuestos y mantenimiento de maquinaria.

Finalmente, se busca promover la importancia de que en Costa Rica se utilicen otras técnicas para el aprovechamiento del agua, además de las técnicas convencionales, esto porque, en algunos lugares del país, aún se siguen enfrentando a dificultades en la obtención de agua por diversas razones. Lo que se busca, por tanto, es cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación, a fin de que, por medio de los resultados, se pueda propiciar el desarrollo sostenible, promoviendo la utilización de los ecosistemas para satisfacer necesidades actuales, sin lesionar a las de las futuras generaciones y evitar la degradación de la tierra.

### **Planteamiento del problema**

Este proyecto es una alternativa para suplir una de las principales necesidades humanas como es el consumo de agua. Costa Rica, a pesar de contar con una riqueza hídrica, enfrenta desafíos en el acceso constante y equitativo al agua potable, particularmente en ciertas regiones y durante épocas del año específicas. Por lo tanto, la captación de agua de niebla emerge como una alternativa potencial y viable para complementar las fuentes de agua tradicionales. Sin embargo, en la implementación exitosa de sistemas de captación de niebla, se requiere una comprensión profunda de la viabilidad técnica en el contexto costarricense, es decir, en ese sentido, es crucial analizar la viabilidad técnica de la captación de agua de niebla en el país, considerando la interacción compleja de los factores climáticos (como la frecuencia, densidad y persistencia de la niebla en diversas zonas) y geográficos (como la altitud, la topografía y la exposición al viento).

Además de la sostenibilidad de un negocio con un nivel de inversión enfocado en esta tecnología, que no solo depende de su funcionamiento técnico, sino también de la influencia de diversos factores externos, tales como la aceptación social, el marco legal existente, la disponibilidad de financiamiento y la competencia en el mercado de soluciones hídricas.

Debido a lo anterior, se presenta la siguiente pregunta de investigación: ¿cuál es la viabilidad de establecer una empresa de sistemas de captación de agua de niebla en la provincia

de Cartago, Costa Rica, como alternativa para suplir el suministro de agua potable y fomentar la sostenibilidad ambiental?

### **Justificación**

La captación de agua de niebla se ha investigado e implementado como sistemas hídricos alternativos en otros países, a fin de empezar un sistema atrapanieblas para satisfacer las necesidades hídricas de comunidades por medio de la recopilación de datos relacionados, como es el cálculo de la precipitación, evaporación y evapotranspiración que sirven para el diseño del sistema atrapanieblas en función de los requerimientos hídricos (Mahecha, 2021, p.13). En el caso de Costa Rica, la humedad de su clima, especialmente en la provincia de Cartago, brinda la oportunidad de aprovechar la niebla y el rocío como fuentes adicionales de agua potable (DatosMundial, 2023). Es decir, se tiene el potencial de instalar el producto en varios cantones. Sin embargo, en la actualidad, no se explota este recurso de manera sistemática. Por lo tanto, la creación de una empresa de captación de agua de niebla podría contribuir a la conservación de los recursos hídricos y brindar una alternativa económica para empresas y hogares.

La creación de una empresa de sistemas de captación de agua de niebla en la provincia de Cartago, Costa Rica, representa una oportunidad significativa para abordar la escasez de agua potable y promover la sostenibilidad ambiental. Como indica Alvarado (2022), en este caso, la gerencia de proyectos tiene un papel fundamental en que se pueda implementar un negocio de este tipo y, a la vez, aprovechar que en Costa Rica se cuenta con varias iniciativas en el desarrollo sostenible ambiental, entre ellas, programas como los mencionados por Benavides (2020):

- Programas de eficiencia energética.
- Programas de conservación de la energía y energía renovable.
- Programa Nacional de Pago de Servicios Ambientales.
- Consolidación territorial – financiera de los Parques y Reservas Biológicas.

Es un rol donde el gerente del proyecto debe tener en cuenta una serie de aspectos básicos, de acuerdo con una guía de los pasos del proyecto, junto con los proyectos de inversión que son requeridos. Considerando aspectos técnicos, legales y económicos por medio de los cuales gira el negocio de los sistemas de captación de agua de niebla, estos tienen un gran potencial tanto de

autogestión como de autoconstrucción; por lo que, a nivel de desarrollo de un proyecto de este tipo, se puede considerar como una opción sostenible, por medio de la cual es posible aprovechar los recursos hídricos presentes en la naturaleza, así como contribuir al desarrollo sostenible del país donde se establezca la empresa productora.

La gerencia, en este caso, tiene que alinear los objetivos con la metodología, asignar las responsabilidades y funciones de cada uno de los integrantes del equipo, definir las etapas y valorar planes de acción ante los riesgos que se pueden presentar (Alvarado, 2021). Todo esto incorporando el manejo de un presupuesto específico y valorando paso a paso el cumplimiento de las metas y la capacidad de realizar ajustes.

En la situación de los proyectos ambientales, se incorporan una serie de parámetros adicionales. En primer lugar, porque se está ante iniciativas que muchas veces son probadas por primera vez y, en segundo lugar, porque el componente social es prioritario. El beneficio económico se da de la mano con la responsabilidad social. Como indica Nuevo (2022), especializado en política ambientales:

Para que los proyectos se completen con éxito, alguien debe administrar el proceso de cumplimiento de los requisitos de la organización de manera oportuna y rentable. La gestión de proyectos ambientales se define como la aplicación de herramientas, técnicas, conocimientos y habilidades a las actividades dentro de un proyecto de ingeniería ambiental para cumplir con los requisitos. (párr.2)

La gestión de proyectos comienza con la definición inicial, donde se establece el propósito y el alcance general del proyecto. Luego, en la fase de planificación, se detallan los objetivos y se crea una hoja de ruta que incluye tareas, plazos y recursos necesarios. La ejecución implica poner en práctica este plan, utilizando la información previa para desarrollar y lanzar el proyecto. Paralelamente, el desempeño del proyecto se monitorea a través de KPI para asegurar su efectividad y avance según lo planeado. Finalmente, al cierre, se realiza una reunión de análisis con los involucrados para revisar los resultados y formalizar la conclusión (Asana, 2025).

Queda claro que este proceso, en el caso de un sistema de captación de agua de niebla, debe tener como punto de partida, antes de iniciar todas las etapas escritas, dos puntos fundamentales.

El primero referido a la forma en que funciona la tecnología y los resultados que produce, lo que implica conocer sus ventajas con respecto a otras sustitutas, en este caso, por ejemplo, las eólicas o solares, también las tradicionales; es decir, la generación eléctrica distribuida de forma tradicional de los resultados y su confiabilidad, pero también de los costos. Este cálculo es una explicación desde el punto de vista de la concepción de la tecnología, no de su explicación, que parte de un trabajo de otro tipo.

En resumen, el diseño de sistemas eficientes y el cumplimiento legal y ambiental son aspectos clave para el éxito del negocio. Mediante una gestión estratégica adecuada y un seguimiento continuo de las etapas del PMBOK (PMI, 2021), se garantiza el crecimiento y la sostenibilidad a largo plazo de la empresa. Se deben conocer y cumplir todos aquellos permisos legales y sanitarios que solicitan las autoridades competentes para la operación de la empresa de sistemas de captación de agua de niebla; permisos como uso de suelos, permiso sanitario de funcionamiento, patente municipal, registro como patrono ante la Caja Costarricense de Seguro Social, registro en el Ministerio de Hacienda, entre otros.

Para el establecimiento de una empresa como la basada en un sistema de captación de agua de niebla, el gerente del proyecto debe girar su labor en cinco áreas fundamentales que se estipulan en la Guía del PMBOK (PMI, 2021), las cuales son: Gestión del Alcance, Gestión del Costo, Gestión de la Calidad, Gestión de las Comunicaciones y Gestión de los Riesgos.

La utilización de la Guía PMBOK (PMI, 2021) es la oportunidad de tomar en consideración perspectivas relacionadas con los cambios mundiales, según la dirección de proyectos y los enfoques para obtener beneficios y valor de los resultados de estos. Los cambios han permitido mejoras en las organizaciones, ya que los avances se presentan en distintas áreas a nivel de pensamiento, habilidades y capacidades; a medida que el tiempo transcurre, los cambios se centran en comprender rápidamente su lenguaje profesional, desarrollar sus habilidades y su visión empresarial, así como contribuir a los objetivos de sus empleadores (PMI, 2021, p.5).

Así mismo, debe mencionarse que Benavides (2020) ya había indicado cómo técnicamente se puede realizar un proyecto de este tipo y que financieramente en el mediano plazo tiene una tasa

interna de retorno de 234% comparado con el acueducto de Zarcero. Pero, en este caso, se escoge una provincia entera porque se trata de montar una empresa para vender sistemas captadores de niebla, por lo tanto, el producto debería distribuirse en varias zonas geográficas. Además, en Cartago, se encuentran varios lugares con niebla y rocío frecuentes.

Como señala Benavides (2020), para lograr un proceso eficiente de captación de agua de niebla, se deben considerar diversos aspectos técnicos como factores topográficos, meteorológicos y estacionales. “Para la construcción de los captadores de agua de niebla se pueden emplear diversos materiales. Uno de ellos es la malla captadora, tiene una vida útil entre 3 y 10 años para la instalación completa” (Benavides, 2020, p.73).

Las mallas captadoras de niebla se forman de una malla tejida, por lo general, con material plástico, tejida de manera diagonal, favoreciendo con esa forma el transporte de las gotas de agua; por ello funcionan de dos maneras: una es el rocío y la otra con la niebla.

Según indica Benavides (2020), para una buena instalación del sistema, se deben cumplir dos etapas:

1. Prospección de nieblas con neblinómetros.
2. La construcción, operación y mantenimiento de los atrapanieblas.

## Objetivos

### Objetivo general

Desarrollar una propuesta para la creación de una empresa de sistemas de captación de agua de niebla en Costa Rica para consumo humano.

### Objetivos específicos

1. Evaluar la viabilidad técnica y económica de la captación de agua de niebla en el país, realizando un análisis detallado de costos y beneficios para tomar decisiones fundamentadas.
2. Desarrollar planes de acción y establecer procesos eficientes de acuerdo con una visión y planeación estratégica basada en el desarrollo sostenible.
3. Identificar el recurso humano, insumos, herramientas y equipo necesarios en las diferentes etapas.
4. Cumplir con las regulaciones legales pertinentes y el cumplimiento de normas internacionales, adoptando prácticas ambientales responsables.

## Antecedentes

Por medio de los antecedentes se proporciona una visión general del tema de investigación, ya que, se toman investigaciones realizadas previamente que se sitúa en la investigación dentro de un panorama más amplio. También contribuyen al lector a entender la relevancia del problema abordado.

### Antecedentes internacionales

En la investigación de Rojas (2020) titulada *Sistemas de captación y aprovechamiento de agua lluvia en actividades industriales*, el objetivo fue identificar el proceso de desarrollo de los sistemas de captación y aprovechamiento de agua de lluvia en diferentes actividades industriales, en distintas áreas como agroindustria, industria piscícola, ganadera, en la salud (sector terciario), aeroportuaria e instituciones educativas y centros comerciales, a fin de identificar el proceso de desarrollo y la viabilidad de implementación de esta medida.

Para el investigador, el hecho de que exista una presión cada vez mayor sobre las fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas, exacerbada por la inestabilidad del clima, ha provocado una disminución en la disponibilidad hídrica en numerosas zonas secas y semiáridas a nivel global. Los eventos climáticos extremos disminuyen la capacidad de las fuentes de agua, poniendo en riesgo la diversidad biológica, el acceso humano al agua potable, la actividad industrial y las condiciones de higiene a escala mundial. En cuanto a la metodología implementada por Rojas (2020), la revisión bibliográfica implicó la exploración de bases de datos, la selección de documentos académicos y técnicos relevantes (artículos científicos, libros, informes, etc.), así como su organización sistemática en tablas.

Para cada fuente, se registraron características como el tipo de investigación, la ubicación geográfica del estudio, el año de publicación, los términos clave, las observaciones significativas, un resumen del contenido y la información de la autoría. Como conclusión, se encontró que la industria aeroportuaria se perfila como un sector con condiciones ventajosas para la implementación de los SCALL de techo. La estimación general de infraestructuras con amplias áreas de captación indica una capacidad óptima para el desarrollo de estos sistemas, lo que a futuro podría satisfacer una parte importante de su demanda de agua, tanto para usos potables como no potables.

En la tesis presentada por López (2021), titulada *Tecnologías de captación de agua de niebla para el desarrollo sostenible en la loma de Tacahuay, Tacna, 2021*, se definió como objetivo general analizar los sistemas de atrapanieblas como técnica de recuperación y aprovechamiento sostenible de recursos hídricos en el ecosistema. Frente a la problemática del acceso limitado al agua para muchas familias y el deterioro ambiental constante, se han desarrollado soluciones innovadoras. Las tecnologías de atrapanieblas, por ejemplo, han demostrado un impacto significativo al contribuir al desarrollo sostenible de las comunidades, a la recuperación forestal y a la conservación de los ecosistemas. Dada la ausencia de información previa sobre la aplicabilidad de esta tecnología en la región Tacna, esta investigación se vuelve relevante.

Con respecto a la metodología de la investigación, se enfocó en el diseño fenomenológico, cuyo propósito central es explorar, detallar y entender las vivencias de individuos en torno a un

fenómeno específico, buscando los elementos comunes en sus experiencias. En este sentido, la investigación ha recopilado información sobre las experiencias de quienes han analizado las tecnologías de captación de agua de niebla y comprenden cómo estas favorecen a las comunidades cercanas, impulsando así el desarrollo sostenible. Su objetivo final es contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la implementación de Instrumentos de Gestión Ambiental, como el Programa de Recuperación Ambiental, para asegurar un entorno adecuado y equilibrado.

Por otra parte, en el artículo realizado por Espinoza (2023), titulado *El peruano que le “roba el agua al cielo” para dársela a las comunidades más pobres*, el objetivo es analizar la tecnología de captación de agua de niebla, destacando sus características de sencillez, economía y escalabilidad, así como su capacidad de recolección y su impacto a nivel regional e internacional. El enfoque actual es desarrollar métodos naturales de potabilización, utilizando el agua de niebla capturada para consumo humano.

Esta investigación demuestra un profundo entendimiento de las necesidades prácticas y un ingenioso aprovechamiento de los recursos naturales locales. Adicionalmente, el desarrollo de un atrapanieblas inteligente y uno tridimensional evidencia una visión de futuro para optimizar la captación en diversas condiciones climáticas, incluso en periodos de menor niebla. Estas innovaciones no solo buscan aumentar la eficiencia de la captación, sino también ampliar su aplicabilidad en diferentes contextos. En conjunto, estos avances subrayan el compromiso con la búsqueda de soluciones sostenibles y autónomas para el acceso al agua, combinando su conocimiento de la captación de niebla con la biotecnología y la ingeniería para superar las limitaciones iniciales de su proyecto. Su trabajo continúa evolucionando, prometiendo un impacto aún mayor en comunidades que enfrentan la escasez hídrica.

Se concluye que la tecnología de captación de agua de niebla promovida por Abel se presenta como una solución efectiva y de bajo costo para la obtención de agua en diversas regiones. El diseño de mallas captadoras, capaces de recolectar significativos volúmenes diarios (200-400 litros por atrapanieblas), demuestra su potencial. Además, el éxito de su implementación, evidenciado por la instalación de aproximadamente 3000 atrapanieblas en múltiples países de Latinoamérica y el reconocimiento internacional a través de premios y conferencias, subraya la

viabilidad y el impacto positivo de esta tecnología como una alternativa sostenible para el acceso al agua.

En la tesis realizada por Galán (2023), titulada *Estudios aerodinámicos de mallas sintéticas para el diseño de captadores de agua de niebla*, presenta como objetivo estudiar la eficiencia aerodinámica de diferentes mallas de captación de agua de niebla, con el propósito de identificar y seleccionar una malla de captación que exhiba la máxima eficiencia aerodinámica. La investigación sobre estos captadores señala la gran importancia, especialmente para regiones áridas o semiáridas, donde resultan ser dispositivos muy útiles.

Por medio de este trabajo, se abordaron estudios aerodinámicos a través de simulaciones numéricas y pruebas experimentales, examinando mallas de captación de agua de niebla y su conexión con ciertos parámetros significativos. En regiones áridas o semiáridas de climas tropicales o subtropicales, los atrapanieblas permiten recolectar cantidades importantes de agua de niebla. Estos dispositivos aprovechan la exposición y el viento para capturar las pequeñas gotas de agua presentes en la niebla, obteniendo así un recurso valioso de manera sostenible.

Esta tecnología facilita la creación de nuevas fuentes de agua potable para uso humano, ganadería y riego. Adicionalmente, la captación de agua de niebla es un sistema pasivo, de bajo costo y con poco mantenimiento, lo que la convierte en una alternativa limpia y sostenible al no necesitar energía externa. Según los resultados, se concluyó que la malla Raschel tiende a generar mayores coeficientes de arrastre, en contraste con la malla volumétrica, que presenta los más bajos.

Dichos hallazgos resaltan dos puntos claves: primero, que una menor porosidad de la malla conlleva un aumento en el coeficiente de arrastre. Segundo, considerando esta influencia, se verificó que la permeabilidad de la malla también afecta el coeficiente de arrastre (CD), ya que este no solo depende del área ocupada por los hilos en relación con el área total de la malla, sino también de la disposición de dichos filamentos.

### **Antecedentes nacionales**

En la tesis presentada por Santamaría y De la Croix (2022), titulada *Diseño de una malla de recolección de agua de neblina, compuesta por capas politexturadas, inspirada en los Tricomas de la bromelia Tillandsia*, el objetivo fue crear una malla de recolección de agua de niebla con

múltiples capas y texturas variadas, inspirada en cómo las hojas de la planta *Bromelia Tillandsia* capturan la humedad a través de sus tricomas microscópicos. La finalidad de este diseño es ofrecer una fuente de agua limpia como alternativa ante la escasez del recurso hídrico.

Según la Organización de las Naciones Unidas, el agua es un derecho humano esencial para una vida digna, ya que sustenta la seguridad alimentaria, el saneamiento, el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental. No obstante, su acceso desigual obstaculiza el progreso de los grupos más vulnerables, llegando a ser causa de migración hacia áreas urbanas y contribuyendo al crecimiento demográfico. También existe una degradación ambiental y el cambio climático se intensifican, al igual que la demanda y el consumo de agua, impulsados tanto por el aumento de la población como por la expansión de actividades productivas que requieren este recurso.

Como conclusión relevante, las pruebas de recolección demostraron que la malla Raschel fue la más eficiente comparada con las capas diseñadas. Entre estas últimas, la malla ASA (ABS, silicón, ABS) superó a la SAS, atribuyéndose esta mayor eficiencia al material ABS con fibra de carbono, que facilita el desplazamiento y la unión de las gotas. Adicionalmente, la combinación de un material hidrofílico con microcanales en la malla ASA favoreció el drenaje al formar una película de agua que facilita el deslizamiento de gotas más grandes sobre el perfil ondulado, diseño inspirado en la estructura de los tricomas de las plantas.

Según Fernández (2023), en el artículo titulado *Así podemos cosechar agua del aire en Costa Rica*, el objetivo principal se enfoca en la búsqueda de soluciones ante la creciente problemática de acceso al agua potable, generada por el aumento poblacional, la contaminación de fuentes hídricas y el cambio climático a nivel global. En Costa Rica, existen regiones como Guanacaste y áreas urbanas densas que enfrentan dificultades por sequías o contaminación, por esa razón, se explora la "cosecha de agua del aire" como una alternativa prometedora para suplir el déficit hídrico. La atmósfera tiene alternativas para una vasta reserva de agua en diversas formas, destacando prototipos innovadores como los que emplean marcos metálicos orgánicos (MOF) que son capaces de capturar y condensar agua del aire.

También se señala la importancia de considerar las condiciones meteorológicas locales, dada la diversidad de microclimas en Costa Rica, ya que la eficiencia de los sistemas de captación

puede variar significativamente entre regiones como Guanacaste y Guápiles. Además, se menciona el manejo del punto de rocío como un factor clave para la eficiencia de los sistemas de condensación, especialmente en zonas de alta humedad relativa por el potencial de escalar sistemas de cosecha de agua, incluso en zonas con baja humedad.

Salinas et al. (2023) presentaron la tesis titulada: *Captación de agua de lluvia para consumo humano en el trópico seco de Costa Rica*, donde el objetivo fue evaluar la viabilidad de los Sistemas de Captación de Agua Lluvia (SCALL) para consumo humano en la región del trópico seco de Costa Rica, considerando aspectos sociales, de ingeniería, económicos y de calidad del agua. La investigación abordó, desde una perspectiva social (sistematización de experiencias), la ingeniería de la construcción, la inversión económica y el análisis de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de lluvia, a través del desarrollo de tres módulos de sistemas de captación. Las conclusiones principales indican que los SCALL representan una alternativa viable y resiliente al cambio climático, adaptable a las condiciones de zonas con escasez hídrica, permitiendo el uso del agua de lluvia para consumo humano tras un tratamiento sencillo.

En los resultados del estudio y la instalación de módulos de SCALL en el trópico seco de Costa Rica, sugieren que estos sistemas son una opción viable como medida de resiliencia ante el cambio climático. Su adaptabilidad a zonas con déficits hídricos prolongados y la posibilidad de utilizar el agua de lluvia para consumo humano con un tratamiento simple los posicionan como una herramienta innovadora para poblaciones vulnerables a la escasez hídrica.

### **Alcances y limitaciones**

#### **Alcances**

- En el ámbito geográfico del estudio, se restringe a la provincia de Cartago, Costa Rica, como un caso de estudio para la potencial creación de una empresa de sistemas de captación de agua de niebla.
- Se orienta el diseño de los sistemas de captación de agua de niebla para ubicaciones estratégicas dentro de Cartago, considerando su escalabilidad y potencial para el suministro a comunidades o mercados específicos para consumo humano.

- Se integra en el análisis, la consideración de las regulaciones legales y ambientales aplicables en Costa Rica, asegurando que la propuesta empresarial se fundamente en prácticas sostenibles y conformes a la ley.
- La investigación se enfoca en realizar un análisis de costos preliminar con el fin de conocer los costos iniciales para la instalación y operación de los sistemas de captación de agua de niebla propuestos, con el fin de evaluar su viabilidad económica.

### **Limitaciones**

- El estudio, al desarrollarse en una zona específica, se centra en la provincia de Cartago, Costa Rica, y las conclusiones sobre la viabilidad técnica y económica podrían no ser directamente extrapolables a otras regiones del país con diferentes condiciones climáticas, geográficas y socioeconómicas.
- La existencia de una variabilidad del recurso relacionada a la cantidad y calidad del agua de niebla recolectada están inherentemente sujetas a la variabilidad de los patrones climáticos locales y las fluctuaciones estacionales, lo que podría impactar la consistencia del suministro y la necesidad de sistemas de almacenamiento o fuentes complementarias.
- Una dependencia de factores económicos como la viabilidad económica de la propuesta empresarial dependerá potencialmente de la demanda real del mercado por agua de niebla para consumo humano en la región, así como de la optimización de los costos de instalación, operación, mantenimiento y posible tratamiento del agua.
- Posibles restricciones relacionadas con los recursos y permisos de los sistemas de captación y la propuesta de implementación estarán condicionadas por la disponibilidad de recursos financieros, técnicos y humanos para llevar a cabo las evaluaciones necesarias, así como por la obtención oportuna de los permisos legales y ambientales requeridos por las autoridades costarricenses.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

El marco teórico es fundamental en la presente investigación, ya que permite recopilar información de interés para el lector, además, se busca aportar datos necesarios para la comprensión del tema. Según Ortega (2024):

El marco teórico, tiene como función principal proporcionar la estructura conceptual necesaria para entender, contextualizar y abordar eficazmente un problema de investigación específico. A través de la interacción de teorías, modelos, conceptos y paradigmas, el marco teórico traza el camino para explorar, analizar y comprender fenómenos complejos, guiando así la investigación hacia un propósito claro y una base sólida de conocimiento. (párr. 1)

Así mismo, es importante para proporcionar un desarrollo del tema apropiado al método y según los conocimientos que se deseen presentar, a fin de complementar en el campo de estudio.

### **La niebla**

El clima es capaz de proporcionar cambios que resultan interesantes y, en algunos casos, provechosos para la existencia del ser humano. La niebla se conoce como un evento atmosférico capaz de proporcionar una gran cantidad de pequeñas gotas de agua que flotan en el aire muy cerca del suelo. Dichas partículas microscópicas se dispersan por la atmosfera y se caracterizan por disminuir la capacidad de ver claro, además, generan una apariencia turbia en el ambiente (Portillo, 2023, p.1).

La niebla se origina cuando el aire húmedo se enfría hasta alcanzar la temperatura de condensación conocida como punto de rocío, momento en el cual el vapor de agua se transforma en gotas líquidas minúsculas. Es decir, el aire que contiene humedad toca superficies frías, como el suelo o el agua, y a menudo se enfría lo suficiente para que se forme la niebla. Por eso, es más común ver niebla en la noche y temprano en la mañana, sobre todo, cerca de ríos, lagos o el mar.

Además, la niebla puede ser suave, como una bruma ligera, o muy espesa, impidiendo ver lejos. Esto puede ser un problema serio para los carros y los barcos, ya que, con poca visibilidad, las luces no ayudan mucho (Portillo, 2023, párr.2-3). Al respecto, el Instituto de Hidrología

Meteorológica y Estudios Ambientas (2019) señala que: “hay dos clases principales de nieblas: a) Las de masa, se forman en el interior de una determinada masa de aire; b) Las frontales, se desarrollan en el suelo en regiones limítrofes que separan dos masas de aire” (párr.1).

### **Clasificación de las nieblas de acuerdo con su génesis**

Según cómo se originan, los diferentes tipos de niebla se distinguen por el proceso físico que hace que el aire se sature de humedad y que el vapor de agua se convierta en líquido.

#### ***Nieblas de evaporación***

El tipo de niebla de evaporación tiene un parecido con la niebla de advección, con la diferencia de que ocurre cuando el aire frío se mueve sobre agua más caliente. El vapor que emana del agua puede saturar el aire frío que está encima, formando la niebla. Este mismo fenómeno explica la apariencia de "humo" sobre mares o lagos (Corporación de Radio y Televisión Española, 2025, párr.1-2).

#### **Figura 1.**

*Tipo de niebla de evaporación.*



*Fuente: Corporación de Radio y Televisión Española (2025).*

La formación de esta niebla se debe, principalmente, al incremento del vapor de agua en el aire por medio de la evaporación. Es decir, sucede cuando se combinan masas de aire con distintas temperaturas y niveles de humedad: aire húmedo se mezcla con aire más frío y con menos humedad relativa. Los dos tipos más frecuentes son la niebla de vapor y la niebla frontal. La niebla de vapor aparece cuando el aire frío pasa sobre agua caliente; la mezcla resultante enfría el aire hasta que alcanza el punto de saturación, formando la niebla que, a menudo, parece "humo" elevándose del agua. Por otro lado, la niebla frontal se da cuando la lluvia cálida se evapora al caer en una capa de aire frío y seco cerca del suelo; si se evapora suficiente lluvia, el aire frío se satura y se forma la niebla (Instituto de Hidrología Meteorológica y Estudios Ambiental, 2019, párr.1-5).

### ***Nieblas por enfriamiento***

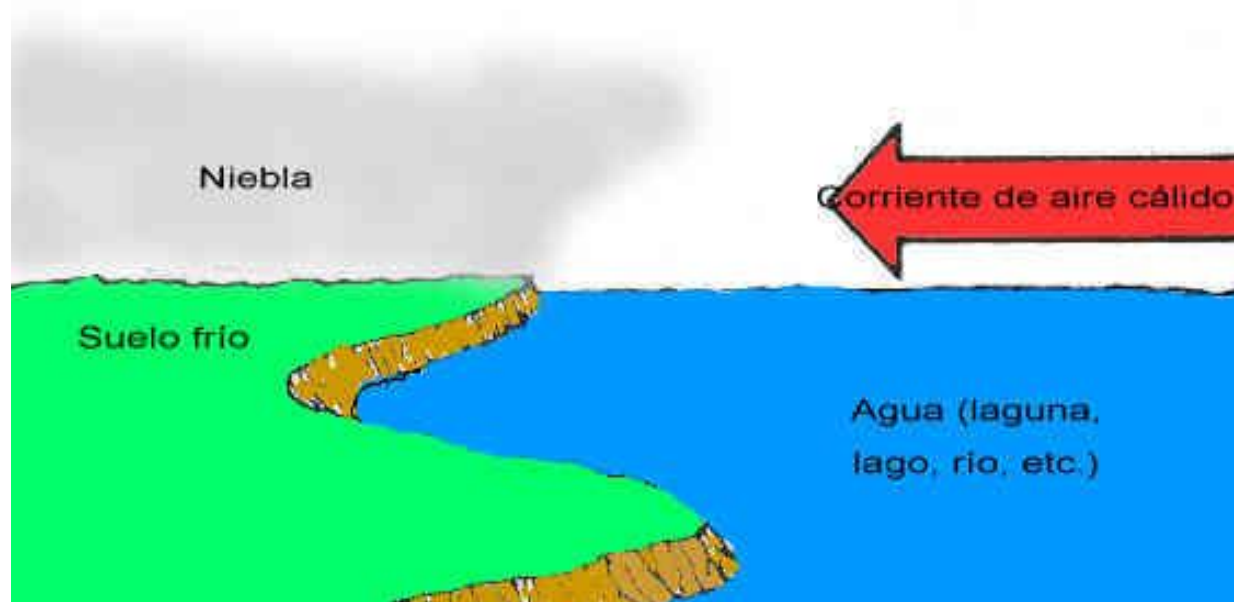
Estas nieblas se forman porque el aire frío retiene menos vapor de agua. La relación entre la humedad que tiene el aire y la que podría tener si estuviera lleno se llama humedad relativa. Cuando el aire está saturado, es decir, al 100% de humedad relativa, ya no puede contener más vapor de agua sin que se condense. Las nieblas que se forman así se dividen, según cómo se enfría el aire, en las siguientes:

1. Nieblas de radiación,
2. nieblas de advección y
3. nieblas orográficas. (Tutiempo Network, S.L., 2019, párr.2).

La niebla de enfriamiento o de irradiación se da por el enfriamiento nocturno del aire cerca del suelo, especialmente en invierno con buen tiempo y sin viento. Es una niebla continental, más común en valles y llanuras, que se forma durante la noche al enfriarse el aire por la pérdida de calor del suelo y se disipa por la mañana con el sol. A diferencia de la niebla de advección, no requiere el movimiento de aire frío sobre una superficie más cálida. Su presencia puede influir en la agricultura y la visibilidad (Tutiempo Network, S.L., 2019, párr.3).

**Figura 2.***Tipo de niebla de enfriamiento**Fuente: Tutiempo Network, S.L. (2019).****Nieblas por advección***

La niebla de advección se parece bastante a la niebla de radiación y también se forma cuando el vapor de agua se convierte en líquido. Pero, en este caso, no es porque la tierra se enfríe, sino porque el aire caliente y húmedo se desplaza horizontalmente sobre una superficie fría, como cuando el aire cálido y húmedo pasa por encima de la nieve. A veces, se puede notar la diferencia entre la niebla de advección y la de radiación, porque la de advección se mueve de lado a lo largo del suelo (National Weather Service, 2019).

**Figura 3.***Niebla de advección*

*Fuente: Corporación de Radio y Televisión Española (2025).*

Se indica que esta niebla se arma cuando una buena cantidad de aire caliente y con humedad se mueve hacia un lugar más frío. El aire se enfría desde abajo, se pone más húmedo y el vapor de agua se hace líquido, formando la niebla.

Para que se forme este tipo de niebla, necesita un viento que sople entre los 8 y los 24 kilómetros por hora, así el aire caliente y húmedo sigue llegando. Si el viento es más fuerte, la niebla se levanta del suelo y se convierte en una nube bajita que se llama estrato turbulento. Si no corre nada de aire, el agua del vapor se pega al suelo como rocío.

Es común verlas en la costa, sobre todo en invierno, cuando el aire del mar, que suele ser más calentito y húmedo, se va hacia la tierra que está más fría. En verano pasa al revés, se forma sobre el mar cuando el aire caliente de la tierra se mueve hacia el agua que está más fresca (Instituto de Hidrología Meteorológica y Estudios Ambiental, 2019, párr.1-5).

### *Nieblas orográficas*

La neblina orográfica aparece cuando el aire cargado de humedad sube por la pendiente de una montaña, se enfría a cierta altura y se convierte en niebla, cubriendo usualmente la parte más alta.

También puede ocurrir que la niebla orográfica se forme cuando aire frío baja de una montaña, enfriando la humedad del valle hasta que se condensa. Este tipo de neblina tiende a ser más extensa (Sans, 2023, párr.1).

#### **Figura 4.**

##### *Niebla orográfica*



*Fuente: Corporación de Radio y Televisión Española (2025).*

El relieve montañoso afecta el movimiento del aire, llevando a la creación o expansión de nubes en la vertiente expuesta al viento, las cuales tienden a disiparse en la ladera opuesta debido al descenso del aire.

El paso del viento sobre una elevación puede originar ondulaciones atmosféricas en la vertiente protegida, según las condiciones del aire y las características del terreno. En ocasiones,

estas oscilaciones en el lado de sotavento propician la aparición de nubes lenticulares en las cimas de dichas ondas, evidenciando la alteración del flujo de aire por la presencia de la montaña (Sans, 2023, párr.2).

### **Principios básicos de los captadores de niebla**

El captador de niebla se utiliza para actuar como una barrera que fuerza a las partículas de agua suspendidas en el aire a entrar en contacto, para, luego de acumularse, ser recolectadas como agua líquida. Para Donaldson Company (2025):

Una función principal del captador de neblina es eliminar las gotas de neblina y de humo de la corriente de aire filtrada. Para lograr esta tarea, el captador debe mezclar gotas pequeñas con más grandes y luego debe purgar el refrigerante captado de los filtros antes de que se obstruyan. (párr.3)

También, con respecto a los captadores, la pérdida de presión operativa en un captador de niebla es un factor clave en los costos energéticos, ya que una mayor resistencia al flujo de aire implica un mayor consumo de energía para mantener el caudal deseado. Este caudal es crucial porque determina la cantidad de aire que se puede limpiar, evitando que contaminantes escapen por un flujo insuficiente o que se desperdicie energía por un flujo excesivo, siendo además deseable un caudal constante para asegurar una eficiencia de captura de gotas uniforme, la cual es fundamental para la función principal del captador: purificar el aire que sale hacia el entorno (Donaldson Company, 2025, párr.2).

### **Modelo hidrológico**

Cuando se habla de un modelo hidrológico, se refiere al modelo o herramienta de modelado que se utilizará para responder a la pregunta de gestión (Paso 1), mediante la simulación de los servicios ecosistémicos hídricos prioritarios (Paso 2), los cuales son generados o impactados por las acciones propuestas sobre la infraestructura natural (Paso 3), dentro del contexto de la toma de decisiones identificado y considerando los datos, recursos y capacidades técnicas disponibles (Paso 4). El objetivo del Paso 5 es comparar los resultados de los pasos previos (1 al 4) para seleccionar el modelo hidrológico más adecuado. A fin de orientar a los tomadores de decisiones

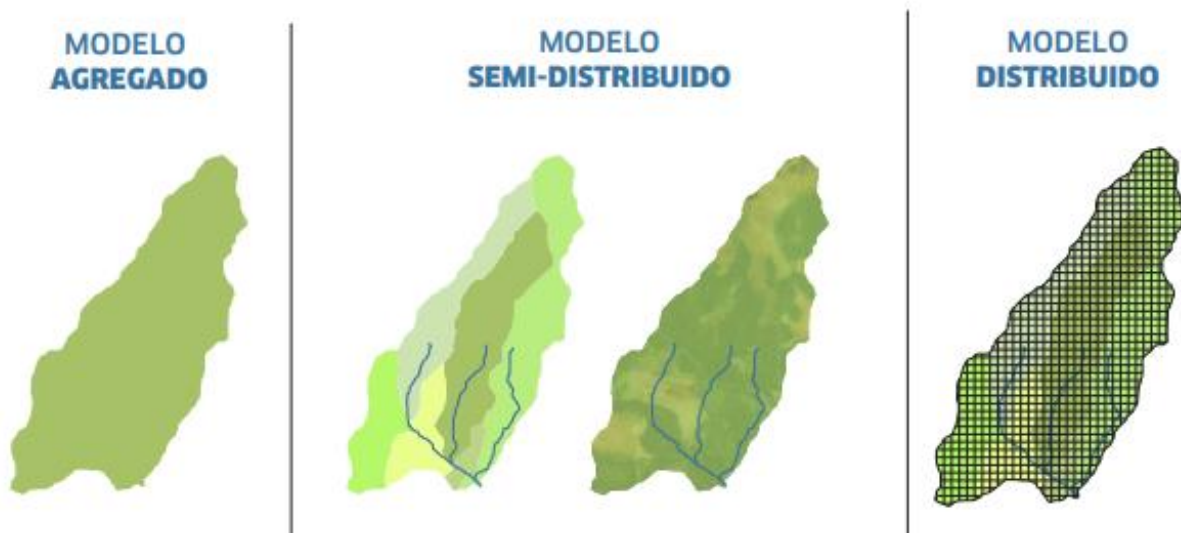
en esta selección, se presentan conceptos clave de la teoría de modelación hidrológica y una comparación de modelos populares (Ochoa-Tocachi et al., 2022, pp. 55-56).

Es necesario que, en este paso, mejore la comprensión de las particularidades técnicas de cada modelo y reduzca el número de modelos o herramientas a considerar en el contexto de la toma de decisiones. Asimismo, después de completar los pasos 1 al 4 de la primera fase de esta guía, los tomadores de decisiones deberían poder seleccionar uno o dos modelos hidrológicos que mejor se ajusten a sus preguntas, asegurando la viabilidad técnica, la disponibilidad de datos y recursos, con el fin de obtener resultados dentro del plazo requerido para la toma de decisiones. Según el nivel de descripción de procesos hidrológicos, los modelos se clasifican de la siguiente forma:

- Empíricos
- Conceptuales
- De base física

### Figura 5.

*Tipos de modelos hidrológicos*



*Fuente: Ochoa-Tocachi et al. (2022).*

De acuerdo con su discretización espacial, los modelos hidrológicos se clasifican de la siguiente forma:

- Agregados
- Semidistribuidos
- Distribuidos. (Ochoa-Tocachi et al., 2022, pp. 55-56)

### ***Modelo agregado***

- Se representa la cuenca como una única unidad homogénea.
- Las variables y parámetros utilizados son valores promedio para toda la cuenca.
- En la imagen, se muestra la cuenca con un único color uniforme. (Ochoa-Tocachi et al., 2022, pp. 55-56)

### ***Modelo semidistribuido***

- La cuenca se divide en sub-áreas o unidades hidrológicas más pequeñas, que se consideran homogéneas internamente.
- Se pueden tener en cuenta algunas variaciones espaciales, por ejemplo, al dividir la cuenca en función de la elevación, el tipo de suelo o la cobertura vegetal.
- En la imagen, la cuenca está dividida en varias zonas de diferentes tonos, sugiriendo diferentes características dentro de la cuenca. Se observan también representaciones de la red de drenaje. (Ochoa-Tocachi et al., 2022, pp. 55-56)

### ***Modelo distribuido***

- Las propiedades y los procesos hidrológicos se describen explícitamente en función del espacio, generalmente utilizando una malla o una cuadrícula de celdas.
- Esto permite considerar la variabilidad espacial detallada de las características de la cuenca (topografía, suelo, vegetación, precipitación, etc.).
- En la imagen, la cuenca está cubierta por una fina cuadrícula, donde cada celda puede tener propiedades diferentes y se superpone una imagen que muestra variaciones espaciales más detalladas del terreno y la red de drenaje. (Ochoa-Tocachi et al., 2022, pp. 55-56)

### **Precipitación oculta (rocío y niebla)**

Como es sabido, un elemento crucial para el ciclo del agua es, sin duda, las lluvias, ya sea en forma de gotas líquidas o como nieve. Las lluvias son las que controlan los otros tipos de recursos hídricos (aguas superficiales y subterráneas); sin embargo, existe un suceso denominado precipitación inadvertida, más comúnmente conocido como rocío (Vega y Méndez, 2022, p.2).

Se denomina precipitación inadvertida porque los análisis y las mediciones de la lluvia se centran en la fuerza y la duración de la caída de agua en forma de gotas, dejando en un segundo plano al rocío. Este último es el resultado de la condensación del agua presente en el entorno, lo cual, sumado a una alteración abrupta de la temperatura, origina este peculiar evento natural que ocurre principalmente durante la noche. Por su parte, el fenómeno de la bruma es similar al rocío, aunque se diferencia en que la bruma es parte de la vaporización del agua en su estado gaseoso que se vuelve más espesa, también debido a la variación térmica en la tierra (Vega y Méndez, 2022, p.5).

Por esta razón, este fenómeno se manifiesta con mayor o menor intensidad en terrenos áridos y con escasa vegetación, o en zonas elevadas con abundante vegetación, así como por la presencia de masas de agua superficial o subterránea y las condiciones climáticas del aire (Vega y Méndez, 2022, p.7).

### **Formas básicas de los captadores**

Los captadores son utilizados para extraer de forma pacífica y económica varios litros de agua diariamente. Son utilizados con tecnologías y diseños diversos e ingeniosos, se clasifican de la siguiente forma: planos, cilíndricos, con forma de escarabajo, de cometa o de tienda de campaña.

#### ***Captadores planos***

Los captadores planos son dispositivos construidos con una malla, comúnmente de plástico o nylon, que se extiende verticalmente a modo de pantalla o panel, sostenida por soportes. El principio de funcionamiento es sencillo: cuando la niebla es empujada por el viento y pasa a través de esta malla, las minúsculas partículas de agua que la componen impactan contra los filamentos de la red, se quedan adheridas y, por efecto de la gravedad, descienden hasta un canal situado en la parte baja, donde finalmente se acumulan en un tanque. (Cortés et al., 2023)

Para que la captación sea lo más efectiva posible, estos paneles verticales deben colocarse de forma perpendicular a la dirección predominante del viento en el lugar. Además, la dimensión del captador, es decir, la extensión de la superficie de la malla tiene una relación directa con la cantidad de agua que se puede obtener: cuanto más grande sea la superficie, mayor será el volumen de agua recolectada (Cortés et al., 2023).

### ***Captadores cilíndricos***

Estos dispositivos, a diferencia de los captadores planos, presentan la facilidad de ser instalados de manera flexible sin la necesidad de estudios exhaustivos previos del terreno. No obstante, su principal limitación reside en su menor capacidad para recolectar agua, originada por su tamaño reducido (típicamente de 0.5 metros de alto por 0.3 de ancho), en comparación con los captadores planos. Comúnmente, se emplean como una etapa exploratoria para cuantificar el potencial de recolección de niebla en un área específica, antes de la posible implementación de captadores planos (Portilla, 2021, p. 12).

### ***Con forma de escarabajo***

En este tipo de captador, además de las hojas, la naturaleza ha inspirado diseños para la captación de agua de niebla, como el del escarabajo *Onymacris unguicularis* del desierto africano del Namib. Este escarabajo obtiene hidratación gracias a su anatomía peculiar, donde el agua de la niebla se condensa en su espalda rugosa y fluye hacia su boca. Tomando esta biomímesis como base, se han creado colectores con potencial para zonas áridas, como el diseño de Kitae Pak, que recibió un premio IDEA en 2010 y el captador adaptable para regiones con pocos recursos desarrollado por Shreerang Chhatre del MIT, ambos inspirados en la estructura del caparazón del escarabajo Namib, el cual presenta áreas que atraen y repelen el agua, dirigiéndola finalmente a su boca. La geometría de estos captadores posee características similares a la espalda ondulada del *Onymacris unguicularis*, donde el agua de niebla se deposita y escurre hacia un depósito colector (Portilla, 2021, p. 13).

### ***Con forma de cometa***

El diseñador británico Alon Alex Gross creó un captador ligero (de unos 400 gramos) con forma de cometa triangular, construido con materiales que atraen las gotas de agua de la niebla. Este diseño dirige el agua recolectada hacia un recipiente inferior, con una capacidad de

recolección de hasta un litro y medio por noche. Además, el dispositivo cuenta con sensores que permiten su apertura y cierre automático según las condiciones meteorológicas.

Otro tipo de captadores, también con forma triangular similar a una cometa y fabricados con materiales ligeros para atraer el agua, dirigen el agua condensada a un depósito inferior, aunque su capacidad de recolección es más limitada, llegando a medio litro por noche. Al igual que el diseño de Gross, estos también incorporan sensores para abrir y cerrar el captador según las variaciones climáticas (Portilla, 2021, pp. 13-14).

### **Estudio ambiental**

Para ejecutar la captación de agua, se necesita de una inversión previa que podría variar según los captadores a utilizar, profesionales que intervienen, tiempo del proyecto y aspectos adicionales. Al analizar una propuesta de inversión, es crucial tener en cuenta los impactos negativos que podría generar en el entorno geográfico, como la alteración permanente de la flora, la fauna y las estructuras sociales.

Por esta razón, es necesario integrar la dimensión ambiental en la planificación de los proyectos. Esto implica, como primer aspecto, el considerar los costos ambientales derivados de los efectos negativos irreversibles que muchos proyectos de desarrollo ocasionan al medio ambiente, lo cual se conoce como evaluación ambiental de proyectos. Como segundo aspecto, se evalúan aquellos proyectos destinados a mejorar, recuperar o mitigar los efectos dañinos, o a fomentar en las comunidades una actitud de respeto y a apoyar a las instituciones encargadas de estas políticas, lo que se denomina "evaluación de proyectos ambientales" (Portilla, 2021, p.7).

### **Captación de agua de la niebla**

Los atrapanieblas se crearon en la década de 1960 por el físico chileno Carlos Espinosa, también llamados captanieblas, como solución a la severa escasez de agua que sufría Antofagasta, al norte de Chile.

El método es sencillo, pero eficaz: se colocan redes delgadas que recogen las diminutas partículas de agua presentes en la niebla, transformándolas en agua apta para el consumo. Habitualmente, estas redes se ubican en zonas altas, entre 300 y 800 metros sobre el nivel del mar, donde la niebla es más espesa y el viento sopla con mayor fuerza. Al atravesar la niebla, estas

estructuras, las pequeñas gotas se pegan a los hilos de la malla, uniéndose para formar gotas más grandes que luego se deslizan por conductos hacia depósitos de almacenamiento (Menéndez, 2023).

Los beneficios de los atrapanieblas se clasifican de la siguiente forma:

- **Eficiencia y simplicidad:** se caracterizan por ser eficientes y de implementación sencilla en comparación con otras tecnologías de extracción de agua del aire.
- **Mejoras tecnológicas:** presentan una evolución con mallas más densas y materiales resistentes a la corrosión (polipropileno y polietileno), lo que incrementa la eficiencia y durabilidad.
- **Variedad de aplicaciones:** están disponibles en distintos tamaños y configuraciones, adaptándose a necesidades domésticas, comunitarias e industriales. (Menéndez, 2023)
- **Capacidad de captación significativa:** las condiciones son óptimas en un metro cuadrado, ya que puede capturar entre 3 y 5 litros de agua diarios, llegando incluso a cifras mucho mayores en zonas con alta humedad (hasta 30 litros/día por metro cuadrado y sistemas enteros recolectando cientos o miles de litros diarios).
- **Solución para estrés hídrico:** son una herramienta caracterizada por la valiosa forma de enfrentar la escasez de agua en regiones áridas y semiáridas, como en Chile, Perú, y otras partes del mundo.
- **Usos diversos del agua recolectada:** se utiliza el agua capturada para riego (revegetación de parques), consumo humano (agua potable comercializada) y restauración de ecosistemas afectados por incendios. (Menéndez, 2023)
- **Adaptabilidad geográfica y climática:** su implementación exitosa en diversos países y climas (Latinoamérica, España, África, etc.) demuestra su versatilidad.
- **Innovaciones continuas:** se están desarrollando sistemas más avanzados, como aquellos con *software* para optimizar la orientación de las mallas y diseños tridimensionales que combinan la captura con la generación y condensación de vapor, incrementando aún más la captación de agua.
- **Contribución a la gestión sostenible del agua:** representan una solución práctica y efectiva para mitigar los impactos de la sequía en un contexto de cambio climático. (Menéndez, 2023)

## Calidad del agua

Tal como se ha mencionado, la niebla se genera principalmente por las características del terreno, el clima, las condiciones meteorológicas de la zona y los movimientos del aire en la atmósfera. Puede aparecer tanto en la superficie terrestre como sobre el agua. El profesor Joseph Cotruvo indica que, si bien no define el clima, la niebla es importante en meteorología, sobre todo por su aparición en lugares específicos, su capacidad para suavizar los cambios de temperatura y su relación directa con la cantidad de humedad o vapor de agua (Maheca, 2021, p.40).

Para implementar un plan de recolección de niebla, es esencial analizar cuánto se puede extraer de ella. Esto requiere tomar en cuenta varios elementos que afectan el volumen de agua que se puede conseguir y con qué frecuencia se puede recolectar (Maheca, 2021, p.40).

Estos elementos son: la frecuencia con la que hay niebla (que depende de la presión del aire, la circulación atmosférica, la temperatura del mar y las inversiones térmicas), la cantidad de agua que contiene la niebla (que cambia según la altura, la época del año y las características del terreno), y cómo se diseña el sistema de recolección (que debe considerar la rapidez y la dirección del viento, así como la forma del terreno).

A continuación, se explican con más detalles los factores del ambiente y del clima que son importantes, para saber si la captación de agua de niebla puede ser una fuente adicional de agua (Maheca, 2021, p.40):

- **Altitud:** Por lo general, el contenido de agua líquida en la niebla tiene una tendencia a aumentar con la altitud hasta cierto punto, donde la condensación es más pronunciada debido a temperaturas más frías. Las montañas de Costa Rica ofrecen diversos rangos altitudinales donde se podría evaluar este factor.
- **Estaciones:** Con respecto a la cantidad de agua en la niebla, puede variar según la estación lluviosa o seca. Durante la estación lluviosa, la mayor humedad ambiental podría traducirse en nieblas más densas con mayor contenido de agua. Sin embargo, la frecuencia de niebla densa también puede depender de otros factores meteorológicos específicos de cada estación. (Vega y Méndez, 2022, pp.5-8)

- **Características del terreno:** Se señala que la orientación de las laderas con respecto a los vientos dominantes, la presencia de vegetación que pueda actuar como núcleos de condensación, y la configuración de valles y montañas pueden influir en la densidad y el contenido de agua de la niebla en áreas específicas. (Vega y Méndez, 2022, pp.5-8)

### Observaciones técnicas para implementar un captador de niebla

En la implementación de los captadores, es importante tomar en consideración los elementos mencionados en el punto anterior.

#### Figura 6.

##### *Tipos de estructura de captadores*

COLECTOR	TIPO ESTRUCTURA	MATERIALES	DIRECCION DEL VIENTO	EFICIENCIA	RESISTENCIA	RENDIMIENTO	IMPACTO SOCIAL
Colector de niebla estándar.	Bidimensional	Malla Rachel postes de madera	Perpendicular	Media	Media	3 L/m <sup>2</sup> por día	Alto
NRP 3.0 o huerto hídrico	Tridimensional, prisma rectangular	Malla Raschel postes metálicos	Todas	Alta	Alta	2-10 L/m <sup>2</sup> por día	Alto
Torre de bambú "Warka Tower"	Torre Cilíndrica	Malla Polietileno, postes bambú	Todas	Alta	Alta	40-80 L/por día	Alto
Escarabajo	Escarabajo	Malla Polietileno, láminas tubos metálicos	Perpendicular	Media	Baja	10 L/por día	Bajo
Dropnet o tienda de campaña	Tienda de Campaña	Malla Polietileno, tubos metálicos	Perpendicular	Media	Baja	10-20 L/por día	Bajo
Torre de recolección de niebla costera	Espiral	Malla Plástica, postes de madera	Todas	Alta	Alta	2-10 L/m <sup>2</sup> por día	Alto
Domo Geodésico	Domo	Malla Polietileno, postes bambú	Todas	Baja	Alta	1,94 L/m <sup>2</sup> por día	-
Forma de árbol	Árbol	Malla polisombra, postes madera	Todas	Baja	Alta	1,64 L/m <sup>2</sup> por día	-
Estilo Colmena	Molecular del diamante	Malla Rachel, postes de madera, láminas de policarbonato	Todas	Media	Alta	2,66 L/m <sup>2</sup> por día	-

*Fuente: Maheca (2021).*

Diversos diseños de captadores de niebla presentan características contrastantes en cuanto a su estructura, materiales y rendimiento. El colector estándar, de forma bidimensional y construido con malla Raschel y madera, ofrece una eficiencia y resistencia medias, con un rendimiento de 3 L/m<sup>2</sup> por día, y un alto impacto social. En contraposición, el NRP 3.0, con su estructura tridimensional y materiales metálicos, exhibe una eficiencia y resistencia superiores, captando viento de todas las direcciones y logrando un rendimiento de 2 a 10 L/m<sup>2</sup> por día, manteniendo un alto impacto social.

La "Warka Tower", una torre cilíndrica de bambú y malla de polietileno, también capta viento omnidireccionalmente con alta eficiencia y resistencia, destacando por un rendimiento total de 40-80 L/día, lo que sugiere una escala mayor (Maheca, 2021, p.49).

Otros diseños, como el "Escarabajo" y el "Dropnet", ambos con estructuras distintivas y materiales que incluyen polietileno y metal, presentan una eficiencia media pero una baja resistencia, con rendimientos de 10-20 L/día y un bajo impacto social. En contraste, la torre de recolección costera, con su forma espiral y materiales combinados, logra alta eficiencia y resistencia captando viento de todas las direcciones, con un rendimiento similar al NRP 3.0 (2-10 L/m<sup>2</sup> por día) y un alto impacto social (Maheca, 2021, pp. 42-49).

Finalmente, estructuras como el domo geodésico y la forma de árbol, aunque resistentes y de captación omnidireccional, muestran una eficiencia y un rendimiento por metro cuadrado más bajos (alrededor de 1-2 L/m<sup>2</sup> por día), manteniendo un alto impacto social. El diseño "Estilo Colmena", con una estructura molecular de diamante y diversos materiales, ofrece una eficiencia media, alta resistencia y un rendimiento de 2.66 L/m<sup>2</sup> por día, también con un alto impacto social (Maheca, 2021, pp. 42-49).

En general, los diseños tridimensionales y aquellos que capturan viento de todas las direcciones tienden a ser más eficientes y resistentes, aunque el rendimiento total puede variar significativamente según la escala y el diseño específico. (Maheca, 2021, pp. 42-49)

### **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

El marco metodológico de un proyecto de investigación es la sección donde se explica con detalle cómo se analizará el tema central del estudio. En otras palabras, aquí se describe cuáles procesos de investigación se utilizaron y por qué se eligieron esos métodos en particular entre las diversas opciones disponibles (Equipo editorial Etecé, 2024).

En primera instancia, se encarga de identificar la naturaleza de la investigación que se llevará a cabo. Para esto, es crucial revisar exhaustivamente los estudios previos sobre el tema. El objetivo es tener una comprensión clara de lo que se busca investigar y el enfoque metodológico necesario (Equipo editorial Etecé, 2024).

#### **Enfoque de la investigación**

El enfoque de la investigación se encarga de abordar el problema de estudio y los datos relacionados con la información. Con el enfoque de la investigación, según Mata (2019):

(...) a la naturaleza del estudio, la cual se clasifica como cuantitativa, cualitativa o mixta; y abarca el proceso investigativo en todas sus etapas: desde la definición del tema y el planteamiento del problema de investigación, hasta el desarrollo de la perspectiva teórica, la definición de la estrategia metodológica, y la recolección, análisis e interpretación de los datos. (p.1)

La importancia se basa en las técnicas específicas que se aplicarán durante la investigación, ya que, por medio del enfoque, se logra dirigir los objetivos del estudio. En este caso, el enfoque utilizado es mixto, ya que se busca aplicar cada diseño en la investigación con la intención de resaltar cada uno.

En primera instancia, Ortega (2024b) indica sobre la investigación mixta que combina la recolección, análisis e integración de datos cuantitativos (numéricos y cerrados, analizados estadísticamente para probar hipótesis) y cualitativos (abiertos, como entrevistas y observaciones, analizados por categorías para entender la diversidad de ideas). Este enfoque se emplea para lograr una comprensión más completa de un problema de investigación que la que permitiría cada método por separado.

Equipo editorial Etecé (2024b) señala que el enfoque cuantitativo se usa: “en investigación para obtener información expresada en datos numéricos. De esta forma, se puede analizar un tema o un objeto de estudio teniendo en cuenta sus características medibles, es decir, aquellas que se pueden expresar mediante números” (párr.1). Por otro lado, la investigación cualitativa considera que la realidad es subjetiva, cambia constantemente y se compone de diversos entornos. Este enfoque prioriza el análisis profundo y reflexivo de los significados personales y compartidos que construyen las realidades que se estudian (Mata, 2019, párr. 3).

### **Diseño de la investigación**

El presente proyecto de propuesta para la creación de una empresa de sistemas de captación de agua de niebla en Costa Rica para consumo humano se fundamenta en tres tipos de investigación interrelacionadas: documental, aplicada y de campo. Estas estrategias permiten un análisis exhaustivo para diseñar el sistema óptimo de captación, buscando una solución relevante, funcional y adaptada al contexto costarricense.

La investigación documental establece las bases, analizando la viabilidad técnica y económica, ya que las tecnologías existentes de captación de niebla y estudios previos sobre la viabilidad de estos sistemas en climas similares a Costa Rica requieren de una inversión.

Por su parte, la investigación aplicada se centra en diseñar y desarrollar el modelo de negocio y el sistema de captación propuesto, aplicando los hallazgos de la investigación documental y de campo. Se busca crear una solución práctica e innovadora, considerando aspectos técnicos, económicos y sociales relevantes para Costa Rica.

Finalmente, la investigación de campo recopila información directa de las comunidades y posibles usuarios en zonas propicias para la captación de niebla en Costa Rica, mediante entrevistas semiestructuradas para comprender sus necesidades, percepciones sobre el acceso al agua y expectativas sobre un sistema de captación de niebla. Además, se realizan observaciones para entender las condiciones ambientales y las prácticas locales de obtención de agua.

En conjunto, estas investigaciones ofrecen una perspectiva integral. La documental aporta el conocimiento teórico y económico, la aplicada lo traduce en una propuesta empresarial y de sistema concreta, y la de campo lo adapta a las necesidades y el contexto de Costa Rica. Esta

integración metodológica busca asegurar la viabilidad y el impacto positivo de la empresa de sistemas de captación de agua de niebla para consumo humano en el país.

### **Muestra de la investigación**

En esta investigación, la población de estudio se define en tres grupos de informantes estratégicos, donde se consideran expertos con conocimiento en la mecánica de fluidos y experiencia en la supervisión de prácticas de laboratorio, quienes están familiarizados con la captación de agua. Con esto se ofrece una visión técnica y práctica sobre el contenido y la estructura más adecuada.

Adicionalmente, se incorpora un especialista en diseño curricular con trayectoria en la estructuración de programas de ingeniería, ya que se busca que, con su contribución, se garantice que el manual técnico propuesto se alinee con los fines y las habilidades que se deben desarrollar, fomentando así un aprendizaje significativo en el contexto de la propuesta para la creación de una empresa de sistemas de captación de agua de niebla en Costa Rica para consumo humano.

### **Instrumento**

Los instrumentos de investigación son utilizados como herramientas para recolectar información que será analizada y planteada en los resultados con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados. Para Supo (2019):

Son aquellos que planean hacer mediciones, dicho de otro modo, los datos que se requieren para completar el estudio aún no han sido registrados o recolectados, en ese sentido para poder hacer estas mediciones, se van a requerir de instrumentos para medir las variables en las unidades de estudio. (p.1)

Con los instrumentos es posible recopilar datos para comparar según el interés del investigador y definiendo los hallazgos durante el proceso de tabulación e interpretación.

En el caso del estudio, se aplica una encuesta como un instrumento fundamental en la investigación de la propuesta para la creación de una empresa de sistemas de captación de agua de niebla en Costa Rica para consumo humano. A través de este método cuantitativo, se busca recopilar datos estructurados sobre el conocimiento, la percepción, el interés y la disposición de la

población costarricense hacia esta iniciativa. Así mismo, la encuesta permite cuantificar las opiniones y actitudes de un grupo representativo, proporcionando información valiosa para evaluar la viabilidad social y el potencial de aceptación de dicha empresa, además de sus servicios en el contexto nacional.

La parte cualitativa se presenta con la elaboración de la propuesta de forma detallada sobre el tema de investigación. El punto de partida es una indagación sistemática y rigurosa debido a la importancia de comunicar de forma clara y concisa la idea central del estudio, justificando su relevancia práctica y estableciendo la metodología que se seguirá para alcanzar los objetivos planteados.

En la propuesta para la creación de una empresa de captación de agua de niebla en Costa Rica, la investigación que se pretende llevar a cabo tiene un doble objetivo. No solo busca la aprobación de la iniciativa, sino también comunicar de forma exitosa los beneficios que esta propuesta aportará. Adicionalmente, se elabora una entrevista a tres expertos sobre la captación del agua aplicada en Costa Rica, con la intención de obtener detalles que colaboren con el desarrollo de la propuesta, considerando la experiencia y conocimientos de personas dedicadas a dichos proyectos. A partir de la entrevista, se pretende extender sobre la parte cualitativa, siendo una oportunidad para ejemplificar sobre los objetivos planteados.

### **Proceso para la recolección y análisis de datos**

Para obtener la información necesaria sobre la propuesta de la empresa de captación de agua de niebla en Costa Rica, se emplea la encuesta. Este instrumento se enfoca en el tema central de estudio, motivando a los participantes a compartir según las opciones propuestas y con detalle sus opiniones relacionadas con la iniciativa. Así, el investigador puede observar directamente a los individuos y generar un análisis descriptivo de los aspectos de interés.

El análisis de los datos recopilados se realiza mediante la elaboración de gráficos y tablas con el fin de realizar una selección de la información, seguida de su análisis, identificación, clasificación, síntesis y representación.

Una vez que la información esté organizada, se elaboran conclusiones con base en las figuras y gráficos realizados, considerando la relación con el propósito del estudio para dotarlos

de significado. Finalmente, se analizan estos datos para alcanzar conclusiones que serán verificadas en el contexto de la propuesta de la empresa de captación de agua de niebla.

### **Fuentes primarias**

Las fuentes primarias empleadas en este estudio son aquellas que generan datos originales vinculados directamente con el proyecto de creación de la empresa de sistemas de captación de agua de niebla para consumo humano en Costa Rica. En particular:

- **Encuesta estructurada** aplicada a una muestra no probabilística e intencional de la población objetivo (comunidades y usuarios potenciales). Esta encuesta recoge percepciones sobre la viabilidad, disposición a instalar sistemas domésticos, valoración del impacto ambiental y disposición al pago (los resultados cuantitativos se presentan y analizan en el Capítulo IV).
- **Entrevistas semiestructuradas** a informantes claves ( $n = 3$ ): un experto en gestión ambiental y proyectos hídricos, la emprendedora social fundadora del proyecto comunitario “Agua Viva” y un profesor universitario con experiencia en tecnologías sostenibles. Estas entrevistas aportan información cualitativa sobre factibilidad técnica, logística, experiencias comunitarias y criterios de diseño y mantenimiento.
- **Observación directa y visitas técnicas** a sitios piloto o potenciales ubicaciones, donde se registraron condiciones ambientales, accesibilidad y observaciones sobre infraestructura disponible. Estas observaciones incluyen registros fotográficos y notas de campo.
- **Registros operativos y técnicos** recopilados directamente de proveedores o fabricantes (especificaciones de mallas, estructuras y sistemas de filtración) y de anotaciones de los talleres y pruebas realizadas durante el levantamiento de campo.
- **Actores institucionales y locales** (entrevistas informales o consultas con personal municipal, agentes de salud local o técnicos de organizaciones comunitarias) cuando fue posible, para recoger información sobre trámites, permisos y prácticas locales relativas al uso del agua.

Estas fuentes primarias proporcionan datos contextuales y prácticos indispensables para dimensionar tanto la factibilidad técnica como la aceptación social de la propuesta empresarial.

## Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias empleadas sirven para contextualizar, comparar y sustentar teóricamente los hallazgos obtenidos en campo. Entre ellas se incluyen:

- **Tesis, artículos científicos y capítulos de libros** sobre captación de niebla, tecnologías de recolección de agua atmosférica, gestión de recursos hídricos y análisis de viabilidad técnica y económica.
- **Informes técnicos y estudios de caso** nacionales e internacionales que documentan experiencias de implementación de atrapanieblas en contextos climáticos comparables.
- **Documentos normativos y regulatorios:** legislación nacional (Ley de Aguas, normativa ambiental vigente), guías y requisitos de SETENA, directrices ministeriales pertinentes (MINAE, Ministerio de Salud), así como normas internacionales y buenas prácticas (por ejemplo, estándares ISO y guías OMS relacionadas con calidad del agua y gestión ambiental).
- **Manuales y fichas técnicas de proveedores** (especificaciones de mallas Raschel, materiales de estructuras, sistemas de filtración y potabilización) que permiten estimar costos y requerimientos técnicos.
- **Documentos de análisis económico y publicaciones sectoriales** que aportan metodologías y referencias para el cálculo de VAN, TIR, *payback* y otras métricas financieras aplicables.
- **Fuentes bibliográficas seleccionadas para la tesis** (tesis y artículos aprobados por el comité) que serán citadas y listadas en la bibliografía del capítulo conforme a los lineamientos del trabajo.

Las fuentes secundarias permiten contrastar la evidencia empírica, enriquecer la discusión teórica, así como apoyar las recomendaciones técnicas y de política pública que se derivan del estudio.

La siguiente matriz de operacionalización de variables establece la relación entre los objetivos específicos de la investigación, sus variables correspondientes y la forma en que son medidas, utilizando los instrumentos seleccionados para este estudio.

**Tabla 1.***Matriz de operacionalización de variables*

<b>Objetivo específico</b>	<b>Variable</b>	<b>Variable conceptual</b>	<b>Variable instrumental</b>	<b>Variable operacional</b>
Evaluar la viabilidad técnica y económica de la captación de agua de niebla en el país, realizando un análisis detallado de costos y beneficios para tomar decisiones fundamentadas.	Viabilidad técnica y económica	Resultado del análisis técnico y financiero que determina si el proyecto es factible, considerando disponibilidad de recurso, tecnología, infraestructura, costos y beneficios.	Encuesta estructurada aplicada a potenciales usuarios; entrevistas semiestructuradas a expertos en gestión ambiental y tecnologías sostenibles. Ítems: relacionados con factibilidad técnica, costos, beneficios y aceptación social.	Positiva: si $\geq 80\%$ de los encuestados y entrevistados considera factible el proyecto y el análisis costo-beneficio es favorable. Negativa: si $< 80\%$ lo considera factible o el análisis es desfavorable.
Desarrollar planes de acción y establecer procesos eficientes de acuerdo con una visión y planeación estratégica basada en el desarrollo sostenible.	Planificación estratégica sostenible	Proceso de formulación de planes y procedimientos alineados con criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica.	Encuesta a población objetivo; entrevistas a expertos y líderes comunitarios; revisión documental de planes y procesos. Ítems: relacionados con criterios de sostenibilidad y eficiencia operativa.	Positiva: si $\geq 80\%$ de los encuestados reconoce la existencia de planes y procesos con criterios sostenibles y eficientes. Negativa: si $< 80\%$ lo reconoce.

<b>Objetivo específico</b>	<b>Variable</b>	<b>Variable conceptual</b>	<b>Variable instrumental</b>	<b>Variable operacional</b>
Identificar el recurso humano, insumos, herramientas y equipo que son necesarias en las diferentes etapas.	Recursos humanos y materiales necesarios	Conjunto de personas, insumos, herramientas y equipos requeridos para implementar el proyecto en cada fase.	Encuesta estructurada y <i>check list</i> de requerimientos técnicos y humanos; entrevistas a proveedores y expertos técnicos. Ítems: disponibilidad y accesibilidad de recursos.	Positiva: si $\geq 80\%$ de los recursos identificados están disponibles o accesibles. Negativa: si $< 80\%$ están disponibles.
Cumplir con las regulaciones legales pertinentes y el cumplimiento de normas internacionales, adoptando prácticas ambientales responsables.	Cumplimiento normativo y ambiental	Grado en que el proyecto se ajusta a la legislación nacional, normas internacionales y prácticas ambientales responsables.	Encuesta estructurada; entrevistas a autoridades o especialistas legales y ambientales; revisión documental de normativa aplicable. Ítems: cumplimiento legal, normativo y ambiental.	Positiva: si $\geq 80\%$ de los requisitos legales y ambientales se cumplen. Negativa: si $< 80\%$ se cumplen.

*Nota: elaboración propia.*

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

### **Entrevistas**

El presente análisis se centra en la interpretación de los resultados obtenidos a través de una serie de preguntas orientadas a cuatro objetivos estratégicos vinculados con la implementación de sistemas de captación de agua de niebla. A partir de las respuestas de los tres participantes, se abordan aspectos esenciales como la viabilidad técnica y económica, la disposición social para adoptar soluciones sostenibles, la identificación de recursos necesarios y la percepción frente a la normativa ambiental.

El estudio incluye una investigación cualitativa exploratoria donde la muestra es no probabilística e intencional. Según Ortega (2024b): “el muestreo no probabilístico es una técnica de muestreo en la cual el investigador selecciona muestras basadas en un juicio subjetivo en lugar de hacer la selección al azar” (párr.1). En este tipo de estudios, el cálculo formal de un tamaño de muestra representativo en términos estadísticos considerando los objetivos planteados.

Las tablas permiten desglosar de manera cuantitativa las percepciones, valoraciones y niveles de aceptación asociados a cada objetivo, proporcionando así un panorama integral que permite vincular la evidencia empírica con los fundamentos teóricos en materia de sostenibilidad, gestión de recursos hídricos, innovación tecnológica y gobernanza ambiental. Este enfoque facilita no solo la interpretación de los datos, sino también su articulación con los marcos conceptuales que orientan las decisiones en torno al uso de tecnologías limpias en contextos comunitarios.

**Objetivo 1:** *Evaluar la viabilidad técnica y económica de la captación de agua de niebla en el país, realizando un análisis detallado de costos y beneficios para tomar decisiones fundamentadas.*

**Pregunta 1:** Mencione los principales desafíos técnicos que se podrían enfrentar al implementar sistemas de captación de agua de niebla a gran escala en Costa Rica.

**Tabla 2.**

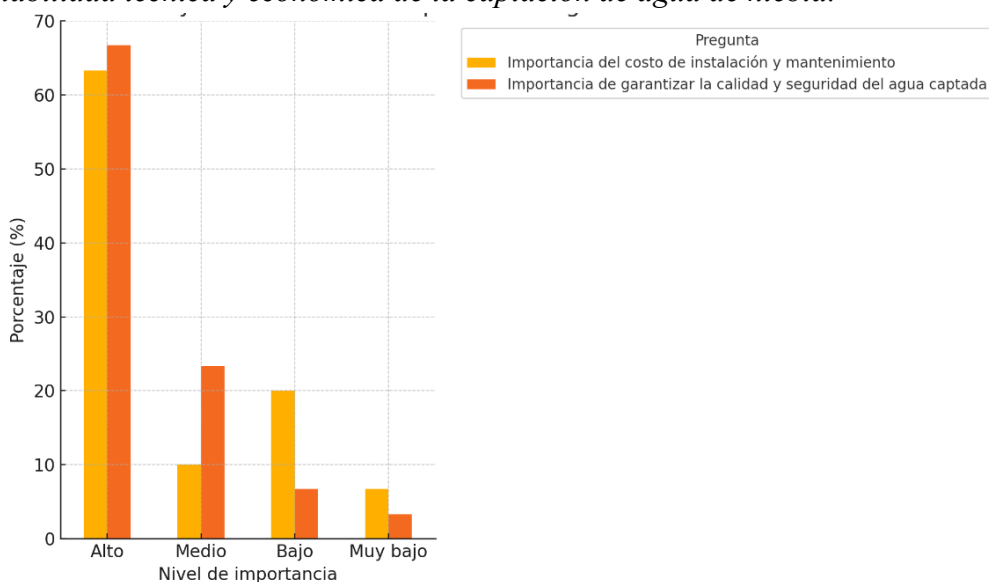
*Datos obtenidos de la pregunta 2*

Ítem	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Importancia del costo de instalación y mantenimiento	19 (63.3%)	3 (10.0%)	6 (20.0%)	2 (6.7%)
Importancia de garantizar la calidad y seguridad del agua captada	20 (66.7%)	7 (23.3%)	2 (6.7%)	1 (3.3%)

*Nota: elaboración propia.*

**Figura 7.**

*Evaluación de la viabilidad técnica y económica de la captación de agua de niebla.*



*Nota: elaboración propia.*

La Tabla 2 y la Figura 7 y muestran una percepción ampliamente favorable sobre los dos principales aspectos que determinan la viabilidad técnica y económica del sistema: el costo y la

calidad del agua. El 63.3% de los encuestados considera de alta importancia los costos de instalación y mantenimiento, mientras que un 66.7% valora de igual forma la necesidad de garantizar la calidad y seguridad del agua captada. Estos resultados demuestran que la población encuestada reconoce los elementos fundamentales para evaluar la viabilidad del sistema propuesto, existiendo una predisposición positiva a su implementación, siempre y cuando, se garantice una adecuada relación costo-beneficio, así como altos estándares técnicos y sanitarios.

**Pregunta 2:** ¿Qué factores económicos son necesarios de incluir en el análisis de costos y beneficios para determinar la viabilidad financiera de esta propuesta empresarial?

El 63.3% de los encuestados considera de alta importancia los costos asociados a la implementación y sostenimiento del sistema, lo que demuestra una conciencia significativa sobre la inversión necesaria. Por otro lado, un 66.7% valora como muy importante asegurar la calidad y seguridad del agua de niebla para el consumo humano. Esta perspectiva pública, crítica y responsable refleja que cualquier futura implementación debe garantizar altos estándares técnicos y sanitarios para ganar aceptación social.

**Objetivo 2:** *Desarrollar planes de acción y establecer procesos eficientes basados en el desarrollo sostenible.*

**Pregunta 3:** ¿Cómo lograr una integración del desarrollo sostenible en la planificación estratégica y los planes de acción empresariales?

**Tabla 3.**

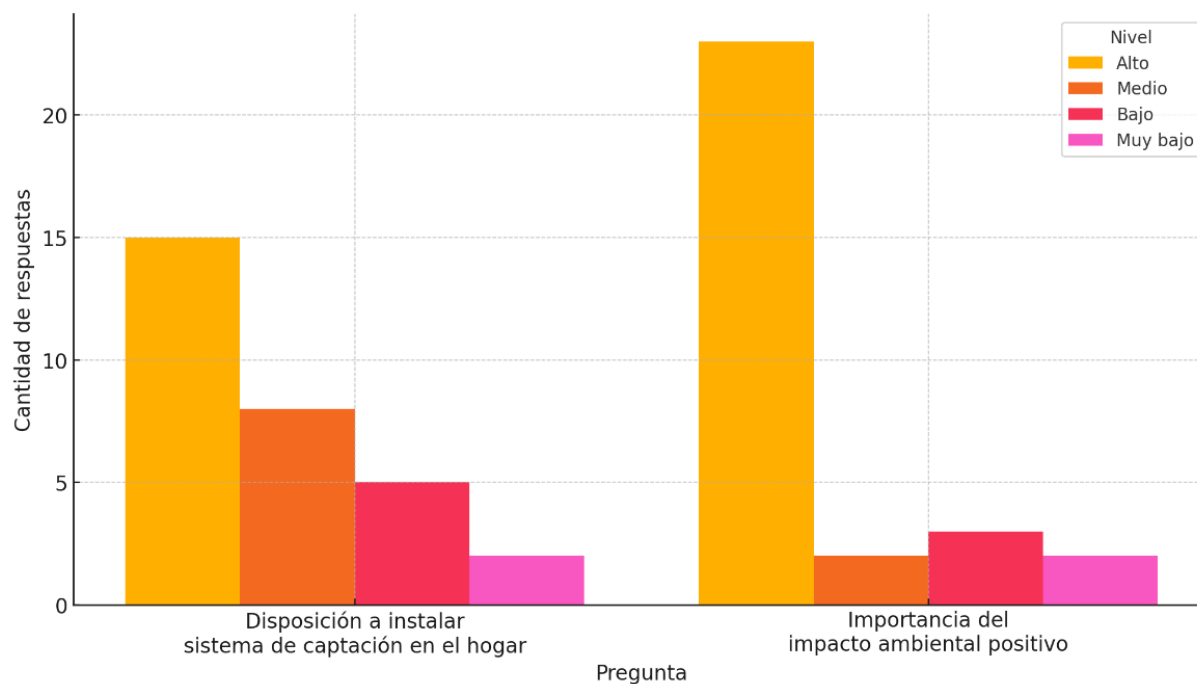
*Datos obtenidos de la pregunta 3*

Ítem	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Disposición a instalar sistema de captación en el hogar	15 (50.0%)	8 (26.7%)	5 (16.7%)	2 (6.7%)
Importancia del impacto ambiental positivo	23 (76.7%)	2 (6.7%)	3 (10.0%)	2 (6.7%)

*Nota: elaboración propia.*

**Figura 8.**

*Evaluación del desarrollo de planes de acción basados en sostenibilidad.*



*Nota: elaboración propia.*

Los datos obtenidos en la Tabla 3 y la Figura 8 reflejan una actitud predominantemente positiva hacia la adopción de sistemas de captación de agua de niebla desde una perspectiva de desarrollo sostenible. La disposición ciudadana y la valoración del impacto ambiental son elementos clave para fundamentar planes de acción estratégicos. Un 50.0% de las personas encuestadas manifestó estar altamente dispuesta a instalar un sistema en su hogar y un 76.7% considera que el impacto ambiental positivo es un factor de alta relevancia.

**Pregunta 4:** Mencione algún proceso eficiente para garantizar la operatividad y el crecimiento sostenible.

Los resultados obtenidos reflejan una correspondencia clara con los fundamentos teóricos sobre la operatividad y el crecimiento sostenible. La alta valoración de la calidad y seguridad del agua como condición esencial para su consumo está en línea con los criterios técnicos que definen la viabilidad. Ambas variables, costo y calidad, son fundamentales en los marcos teóricos que orientan la planificación e implementación de proyectos sostenibles.

**Objetivo 3: Identificar el recurso humano, insumos, herramientas y equipo que son necesarios en las diferentes etapas.**

**Pregunta 5:** ¿Indique el tipo de perfil profesional indispensable para las etapas iniciales de diseño e implementación de los sistemas de captación?

**Tabla 4.**

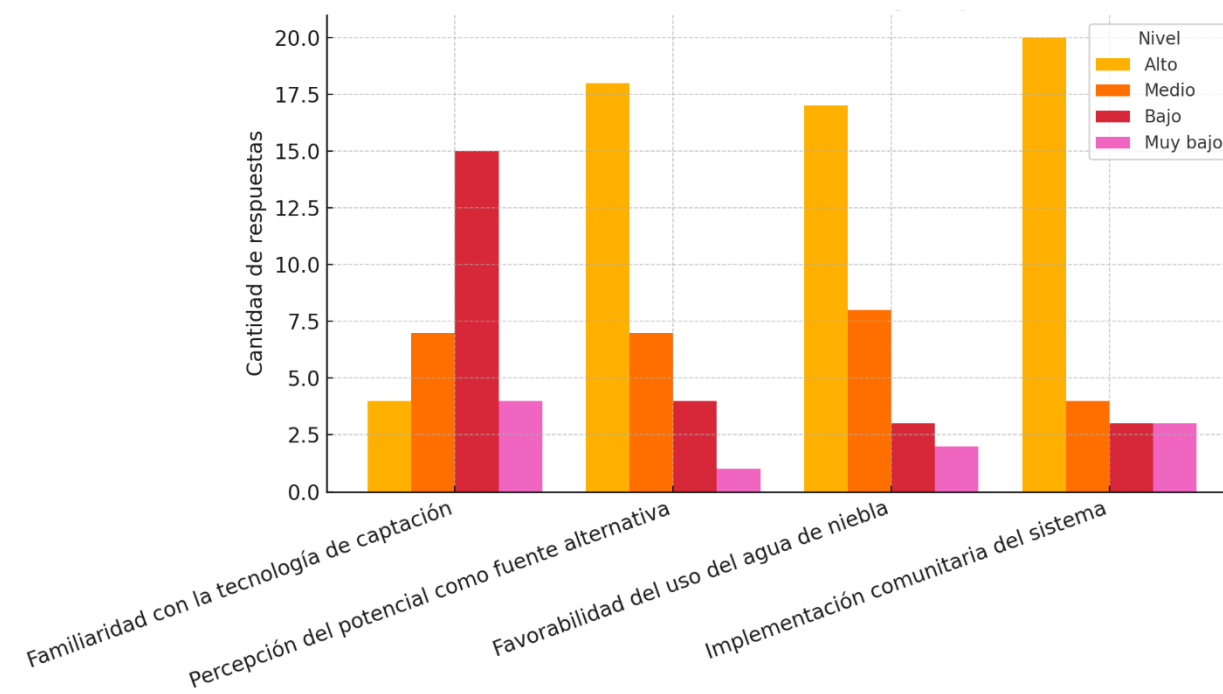
*Datos obtenidos de la pregunta 5*

Pregunta	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Familiaridad con la tecnología de captación	4 (13.3%)	7 (23.3%)	15 (50.0%)	4 (13.3%)
Percepción del potencial como fuente alternativa	18 (60.0%)	7 (23.3%)	4 (13.3%)	1 (3.3%)
Favorabilidad del uso del agua de niebla	17 (56.7%)	8 (26.7%)	3 (10.0%)	2 (6.7%)
Implementación comunitaria del sistema	20 (66.7%)	4 (13.3%)	3 (10.0%)	3 (10.0%)

*Nota: elaboración propia.*

**Figura 9.**

*Evaluación de recursos, insumos y disposición comunitaria.*



*Fuente: elaboración propia.*

Los resultados de la Tabla 4 y la Figura 9 evidencian una brecha entre el conocimiento técnico y la aceptación social. Solo un 13.3% de los encuestados se siente altamente familiarizado con la tecnología, mientras que un 50.0% se ubica en el rango bajo. No obstante, el 60.0% valora en el nivel más alto el potencial del sistema como fuente alternativa de agua y el 66.7% tiene una alta disposición para la implementación comunitaria. Esta diferencia entre percepción y conocimiento sugiere que, si bien existe desconocimiento técnico, la idea del aprovechamiento de la niebla como recurso hídrico es bien recibida por la mayoría.

**Pregunta 6:** ¿Conoce sobre los insumos, herramientas y equipos fundamentales que se requerirían para la instalación y el mantenimiento de los sistemas de captación de agua de niebla?

El análisis de este objetivo revela una valoración ambiental positiva, pero también la necesidad de fortalecer el conocimiento y la confianza en los marcos legales y regulatorios. El hecho de que la percepción sobre la importancia del cumplimiento legal esté dividida equitativamente entre los niveles alto, medio y bajo, refleja una falta de consenso en la muestra, posiblemente por el desconocimiento de las normativas. Este hallazgo evidencia que la normativa por sí sola no garantiza cambios de comportamiento, si no está acompañada de comprensión social.

**Objetivo 4:** *Cumplir con las regulaciones legales pertinentes y el cumplimiento de normas internacionales, adoptando prácticas ambientales responsables*

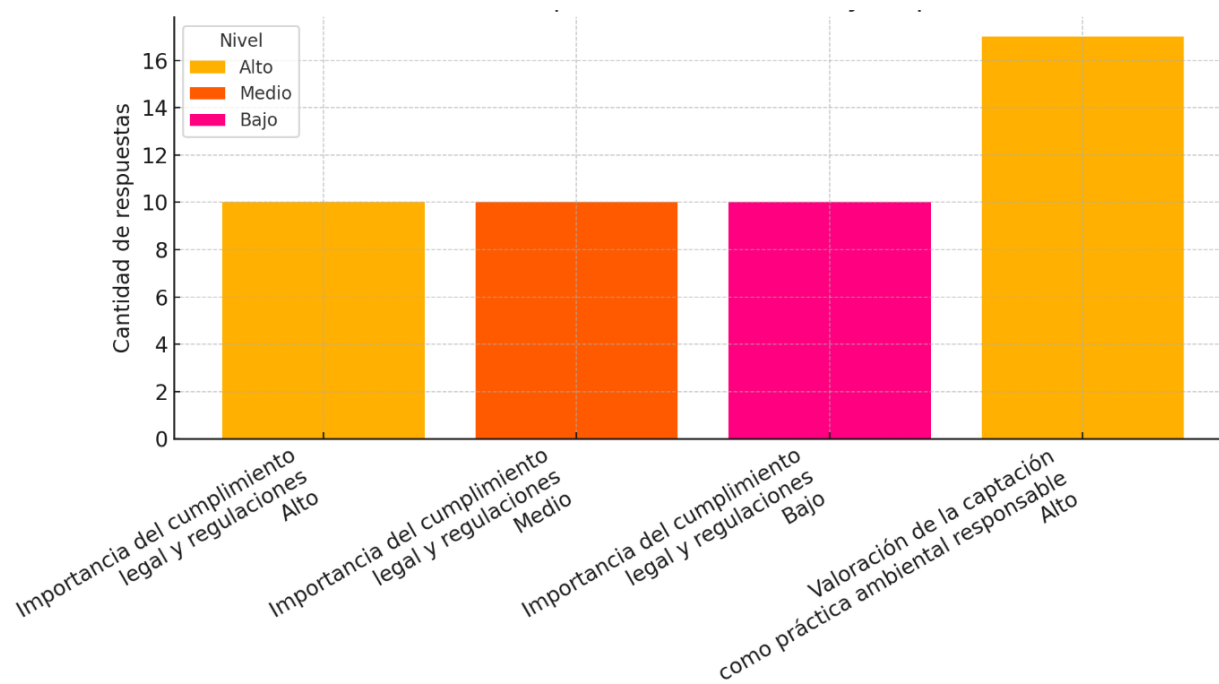
**Pregunta 7:** ¿Conoce sobre las regulaciones legales costarricenses y normas internacionales relacionadas con la gestión del agua y el medio ambiente?

El análisis de este objetivo revela una valoración ambiental positiva, pero también la necesidad de fortalecer el conocimiento y la confianza en los marcos legales y regulatorios. El hecho de que la percepción sobre la importancia del cumplimiento legal esté dividida equitativamente entre los niveles alto, medio y bajo, refleja una falta de consenso en la muestra, posiblemente por el desconocimiento de las normativas. Este hallazgo evidencia que la normativa por sí sola no garantiza cambios de comportamiento, si no está acompañada de comprensión social.

**Pregunta 8:** ¿Qué prácticas ambientales responsables consideraría para la implementación del sistema?

**Tabla 5.***Datos obtenidos de las preguntas 7 y 8*

Ítem	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Importancia del cumplimiento legal y regulaciones	10 (33.3%)	10 (33.3%)	10 (33.3%)	0 (0.0%)
Valoración de la captación como práctica ambiental responsable	17 (56.7%)			

*Nota: elaboración propia.***Figura 10.***Evaluación del cumplimiento normativo y responsabilidad ambiental.**Nota: elaboración propia.*

La valoración de la captación como práctica ambiental responsable, ilustrada en la Figura 10 y la Tabla 5, obtuvo una respuesta significativamente positiva, con un 56.7% de los encuestados en el rango alto. Este resultado refuerza la percepción favorable hacia las prácticas sostenibles, independientemente de si se vinculan formalmente a marcos normativos. La aceptación de una tecnología ambientalmente responsable puede surgir desde la conciencia colectiva, incluso antes de consolidarse en un marco legal.

## **Análisis de entrevistas: perspectivas interdisciplinarias sobre la captación de agua de niebla en Costa Rica**

Con el fin de enriquecer el estudio sobre la captación de agua de niebla, se aplicaron tres entrevistas a personas expertas desde diferentes campos: un especialista en gestión ambiental y proyectos hídricos, una emprendedora social fundadora del proyecto comunitario “Agua Viva” y un profesor universitario con trayectoria en tecnologías sostenibles. Los participantes se eligen a partir de sus experiencias y conocimientos, por lo que se exponen, a continuación, los hallazgos organizados según los objetivos específicos de la investigación.

### ***Objetivo 1: Evaluar la viabilidad técnica y económica de la captación de agua de niebla en el país***

Los entrevistados coinciden en señalar que la viabilidad técnica depende de diversos factores geográficos y climáticos. El experto en gestión ambiental enfatizó la necesidad de estudios hidrometeorológicos y el uso de materiales resistentes a la humedad. El profesor universitario complementó este enfoque indicando la falta de estandarización para climas tropicales. Por su parte, la emprendedora social subrayó los desafíos logísticos en zonas rurales y la falta de conocimiento popular como barrera cultural.

Respecto a la viabilidad económica, los tres coinciden en que no se debe limitar al costo del equipo. El experto en gestión hídrica menciona la necesidad de evaluar los beneficios sociales, mientras que la fundadora de “Agua Viva” introduce una mirada más humana, valorando el ahorro en salud pública y el impacto en la calidad de vida, más allá de los retornos financieros.

### ***Objetivo 2: Desarrollar planes de acción y establecer procesos eficientes basados en el desarrollo sostenible***

Los tres entrevistados destacan la necesidad de transversalizar los principios del desarrollo sostenible desde el inicio. El profesor universitario recomienda marcos como la Evaluación del Ciclo de Vida y los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible). El experto en gestión ambiental plantea diagnósticos ambientales y sociales como punto de partida, mientras que la emprendedora enfatiza el diseño participativo con la comunidad como base de legitimidad.

En cuanto a procesos eficientes, surgen distintas propuestas. El experto técnico apuesta por sensores y monitoreo predictivo. El académico respalda la implementación de unidades técnicas locales y certificaciones ISO. Finalmente, la emprendedora social destaca herramientas simples como cuadernos de control y estructuras comunitarias de roles para asegurar el mantenimiento.

**Objetivo 3: *Identificar recursos humanos, insumos, herramientas y equipos necesarios***

Los tres perfiles consultados coinciden en la necesidad de contar con personal técnico calificado, pero con diferentes matices. El experto ambiental resalta la importancia de hidrólogos e ingenieros; el académico introduce perfiles como meteorólogos y científicos sociales, y la emprendedora destaca la necesidad de profesionales con vocación social y habilidades comunicativas.

En cuanto a equipos e insumos, se identifican elementos comunes: mallas Raschel, estructuras resistentes, tanques, canaletas y filtros. El profesor agrega sensores y protocolos técnicos. La emprendedora propone un enfoque práctico, priorizando herramientas básicas y de bajo costo para que el mantenimiento pueda ser realizado por los propios habitantes locales.

**Objetivo 4: *Cumplir regulaciones legales y adoptar prácticas ambientales responsables.***

Todos los entrevistados reconocen la importancia de ajustarse a la legislación nacional, como la Ley de Aguas. La emprendedora señala las dificultades de interpretación y tramitación, pero destaca que con buena asesoría es posible cumplir los requisitos.

En relación con las prácticas ambientales, emergen coincidencias en cuanto a la importancia de minimizar impactos, proteger los ecosistemas y promover educación ambiental. El profesor propone el ecodiseño y la reforestación, mientras que el especialista ambiental sugiere planes de monitoreo comunitario. La fundadora de “Agua Viva” añade prácticas como el trueque ambiental para fomentar una cultura hídrica desde la infancia.

**Tabla 6.***Comparativa de opiniones expertas sobre la captación de agua de niebla*

<b>Tema</b>	<b>Entrevista 1 – Experto en Gestión Ambiental</b>	<b>Entrevista 2 – Emprendedora Social</b>	<b>Entrevista 3 – Profesor Universitario</b>
Desafíos técnicos	Variabilidad climática; necesidad de estudios hidrometeorológicos; resistencia de materiales y mantenimiento.	Zonas de difícil acceso; escasa cultura tecnológica; adaptación local indispensable.	Falta de estandarización para climas tropicales; necesidad de red de monitoreo y materiales duraderos.
Viabilidad económica	Costos de terreno, instalación, mantenimiento y personal; análisis de beneficios sociales y retorno de inversión.	Incluye capacitación, permisos y participación comunitaria; beneficios sociales y de salud.	Análisis de ciclo de vida, uso de VPN y beneficios indirectos como resiliencia hídrica y salud pública.
Planificación sostenible	Diagnóstico ambiental-social; economía circular; indicadores de impacto y capacitación comunitaria.	Sostenibilidad como base de todo el plan; co-creación con las comunidades.	Integración de ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) y ECV; sostenibilidad como parte del modelo de negocio.
Procesos eficientes	Gestión por resultados con sensores, protocolos de operación y mejora continua.	Mapas comunitarios de roles; herramientas simples y reuniones de seguimiento.	Unidades técnicas locales; gestión ambiental tipo ISO 14001; soluciones modulares.
Perfiles profesionales	Ingenieros ambientales, hidrólogos, técnicos en climatología, energías renovables.	Técnicos con vocación social; capacidad de comunicación y adaptación comunitaria.	Ingenieros, modeladores meteorológicos, sociólogos ambientales.

*Nota: elaboración propia.*

La convergencia de perspectivas revela un acuerdo general en cuanto a la necesidad de adaptar la tecnología al contexto costarricense, integrar la sostenibilidad como eje central y considerar tanto factores técnicos como sociales para su éxito. Cada entrevistado, desde su campo profesional, destaca la importancia de la participación comunitaria, el diseño adecuado según el entorno y la medición de impactos más allá del beneficio económico.

## **Entrevista 1 – Experto en Gestión Ambiental y Proyectos Hídricos**

**Objetivo 1:** *Evaluar la viabilidad técnica y económica de la captación de agua de niebla en el país.*

### **1. Mencione los principales desafíos técnicos que se podrían enfrentar al implementar sistemas de captación de agua de niebla a gran escala en Costa Rica.**

Uno de los principales desafíos técnicos es la variabilidad climática. La niebla no es constante durante todo el año y su comportamiento depende de factores como altitud, topografía y estacionalidad. Esto obliga a realizar estudios hidrometeorológicos específicos para identificar zonas viables. Además, se requiere infraestructura resistente a la intemperie y materiales adecuados para evitar corrosión en zonas de alta humedad. También hay que considerar el mantenimiento regular de las mallas captadoras y la recolección eficiente del agua sin pérdidas.

### **2. ¿Qué factores económicos son necesarios de incluir en el análisis de costos y beneficios para determinar la viabilidad financiera de esta propuesta empresarial?**

Es fundamental considerar el costo de inversión inicial: adquisición del terreno, compra e instalación de los captadores, y sistemas de almacenamiento. A eso se suman los costos operativos: mantenimiento periódico, monitoreo técnico y personal encargado. En la parte de beneficios, no solo debe considerarse la venta del agua, sino también el valor agregado por reducir el estrés hídrico en comunidades vulnerables. Un análisis completo debe incluir también escenarios de recuperación de inversión a mediano y largo plazo, considerando posibles subsidios, alianzas o programas de responsabilidad social empresarial.

**Objetivo 2:** *Desarrollar planes de acción y establecer procesos eficientes basados en el desarrollo sostenible.*

### **3. ¿Cómo lograr una integración del desarrollo sostenible en la planificación estratégica y los planes de acción empresariales?**

Debe iniciarse con un diagnóstico ambiental y social de las zonas de intervención. La sostenibilidad no puede ser solo un discurso, debe integrarse como eje transversal en toda la estrategia. Esto implica adoptar prácticas de economía circular, garantizar el uso racional del recurso y capacitar a la comunidad local. Además, los planes de acción deben contemplar

indicadores de impacto ambiental, social y económico, que puedan medirse periódicamente para validar su sostenibilidad.

**4. Mencione algún proceso eficiente para garantizar la operatividad y el crecimiento sostenible.**

Un proceso clave es la gestión por resultados, apoyado en tecnologías de monitoreo remoto y mantenimiento predictivo. Se pueden usar sensores para medir la humedad y el rendimiento de cada captador, optimizando su ubicación y operación. Además, se deben establecer protocolos de operación estandarizados y programas de mejora continua que permitan evaluar el desempeño y ajustar según los cambios climáticos o técnicos que se presenten.

**Objetivo 3: *Identificar recursos humanos, insumos, herramientas y equipos necesarios.***

**5. ¿Indique el tipo de perfil profesional indispensable para las etapas iniciales de diseño e implementación de los sistemas de captación?**

Se requieren ingenieros ambientales, hidrólogos, técnicos en climatología y especialistas en energías renovables. En etapas tempranas, el diseño debe estar liderado por personas con experiencia en modelado hidrológico y evaluación de impacto ambiental. Además, se necesitan técnicos operativos para la instalación y personal capacitado en mantenimiento preventivo.

**6. ¿Conoce sobre los insumos, herramientas y equipos fundamentales que se requerirían para la instalación y el mantenimiento de los sistemas de captación de agua de niebla?**

Sí. Se requieren mallas captadoras resistentes a la intemperie (como las Raschel), estructuras metálicas galvanizadas, tanques de almacenamiento, canaletas de PVC o acero inoxidable y tuberías de distribución. Para el mantenimiento, se utilizan cepillos especiales para limpieza, kits de reparación de mallas, equipos de medición de caudal y estaciones meteorológicas básicas. Todo debe adaptarse a las condiciones topográficas del sitio.

**Objetivo 4: *Cumplir regulaciones legales y adoptar prácticas ambientales responsables.***

**7. ¿Conoce sobre las regulaciones legales costarricenses y normas internacionales relacionadas con la gestión del agua y el medio ambiente?**

Sí. En Costa Rica, se debe cumplir con la Ley de Aguas y obtener permisos del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y el Ministerio de Salud. A nivel internacional, existen

directrices de la ONU y normas ISO relacionadas con la gestión sostenible del agua (como la ISO 14046 sobre huella hídrica). También es importante alinearse con las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 6 sobre agua limpia y saneamiento.

## **8. ¿Qué prácticas ambientales responsables consideraría para la implementación del sistema?**

Primero, realizar una evaluación de impacto ambiental previa. Luego, aplicar principios de mínimo impacto durante la instalación, sin afectar ecosistemas sensibles. Es clave fomentar la reforestación y proteger las fuentes de niebla. Además, involucrar a las comunidades en el monitoreo y crear planes de educación ambiental, promoviendo una cultura de respeto y uso racional del recurso hídrico.

### **Entrevista 2 – Emprendedora social y fundadora de Proyecto “Agua Viva”**

**Objetivo 1:** *Evaluar la viabilidad técnica y económica de la captación de agua de niebla en el país.*

#### **1. Mencione los principales desafíos técnicos que se podrían enfrentar al implementar sistemas de captación de agua de niebla a gran escala en Costa Rica.**

Desde mi experiencia en comunidades rurales, el primer reto es técnico, pero también logístico: muchas de las zonas ideales para captación están lejos de todo. Llevar materiales, subir equipos, encontrar mano de obra local calificada... no es nada fácil. Otro desafío es que no existe una cultura generalizada de esta tecnología, así que mucha gente duda de su funcionamiento. Además, el clima en Costa Rica es muy variable: lo que funciona en Zarcero tal vez no sirva en Puriscal. Adaptar el sistema a cada zona es vital.

#### **2. ¿Qué factores económicos son necesarios de incluir en el análisis de costos y beneficios para determinar la viabilidad financiera de esta propuesta empresarial?**

A veces creemos que el costo es solo el precio del material. Pero también hay que pensar en la capacitación, el mantenimiento, los permisos, incluso el tiempo de la gente. Por otro lado, los beneficios no se pueden medir solo en colones: ¿cuánto vale que una familia tenga agua limpia sin caminar kilómetros?, ¿cuánto se ahorra el sistema de salud si hay menos enfermedades por agua contaminada? Nosotros lo medimos como impacto social, ambiental y financiero. Y hay casos en que la inversión inicial se recupera en menos de un año.

**Objetivo 2: *Desarrollar planes de acción y establecer procesos eficientes basados en el desarrollo sostenible.***

**3. ¿Cómo lograr una integración del desarrollo sostenible en la planificación estratégica y los planes de acción empresariales?**

La sostenibilidad no se pone al final del plan, se pone al principio. Nosotros siempre nos preguntamos: ¿esto que queremos hacer mejora la vida de las personas?, ¿cuida el ambiente?, ¿es viable a largo plazo? Si no cumple las tres, lo repensamos. Además, planear con la gente, no solo para la gente, hace una gran diferencia. Hemos visto cómo los proyectos funcionan mejor cuando la comunidad los siente suyos.

**4. Mencione algún proceso eficiente para garantizar la operatividad y el crecimiento sostenible.**

Nos ha servido muchísimo tener mapas comunitarios de roles. Es decir, saber quién puede encargarse del sistema cuando hay problemas, quién da seguimiento, quién capacita a otros. No todo se resuelve desde la oficina en San José. También usamos cuadernos de control locales y una aplicación muy sencilla para reportes. Nada sofisticado, pero funciona. Y lo más importante: reuniones periódicas de retroalimentación con la comunidad.

**Objetivo 3: *Identificar recursos humanos, insumos, herramientas y equipos necesarios.***

**5. Indique el tipo de perfil profesional indispensable para las etapas iniciales de diseño e implementación de los sistemas de captación.**

Necesitamos perfiles técnicos, claro, pero más aún, personas que escuchen. Hemos trabajado con ingenieros jóvenes que se bajan del carro, sacan su metro y quieren construir sin entender el lugar. Preferimos profesionales con formación técnica, pero también con vocación comunitaria. Ideal si saben algo de climatología o hidráulica, pero más aún si saben hablar en lenguaje simple y respetan los saberes locales.

**6. ¿Conoce sobre los insumos, herramientas y equipos fundamentales que se requerirían para la instalación y el mantenimiento de los sistemas de captación de agua de niebla?**

Sí. Usamos mallas de alta porosidad, postes de bambú tratado o acero, canaletas, filtros rudimentarios y tanques que idealmente estén elevados. Para el mantenimiento, no hace falta tanto:

cepillos, sogas, cinta métrica, y una lista impresa con chequeos mensuales. Nada complicado, porque buscamos que el mismo vecino pueda hacerse cargo.

**Objetivo 4: *Cumplir regulaciones legales y adoptar prácticas ambientales responsables.***

**7. ¿Conoce sobre las regulaciones legales costarricenses y normas internacionales relacionadas con la gestión del agua y el medio ambiente?**

Sí, pero admito que puede ser confuso. Hemos tenido que leer varias veces la Ley de Aguas, hablar con técnicos del MINAE y con la municipalidad. Lo bueno es que, si uno se asesora bien, no es tan difícil. Hay que sacar permisos, presentar planos en algunos casos y tener respaldo técnico. Las normas internacionales como las ISO ayudan si uno busca financiamiento o aliados grandes, pero no son obligatorias siempre.

**8. ¿Qué prácticas ambientales responsables consideraría para la implementación del sistema?**

La iniciativa se fundamenta en tres principios: no dañar, restaurar, y educar. No se intervienen zonas sensibles, se reutilizan materiales cuando es posible, se siembran árboles cerca de las estructuras y se imparten talleres sobre agua en las escuelas. Además, se promueve el trueque: por cada sistema instalado, la familia se compromete a mantener limpio un terreno o participar en actividades ambientales. Así se construye una red de compromiso mutuo.

**Entrevista 3 – Profesor universitario e investigador en tecnologías sostenibles**

**Objetivo 1: *Evaluar la viabilidad técnica y económica de la captación de agua de niebla en el país.***

**1. Mencione los principales desafíos técnicos que se podrían enfrentar al implementar sistemas de captación de agua de niebla a gran escala en Costa Rica.**

Uno de los principales desafíos es la escasa estandarización de las tecnologías de captación en contextos tropicales. La mayoría de las referencias provienen de zonas áridas o semiáridas, por lo que adaptar los diseños al régimen climático costarricense requiere investigación aplicada. Además, se necesita una red de monitoreo hidrometeorológico densa que permita validar la eficiencia en distintas regiones del país. La durabilidad de los materiales ante la exposición continua al sol, al viento y a la alta humedad relativa es otro factor que puede limitar su escalabilidad.

## **2. ¿Qué factores económicos son necesarios de incluir en el análisis de costos y beneficios para determinar la viabilidad financiera de esta propuesta empresarial?**

El análisis debe incluir los costos de adquisición, instalación, operación y mantenimiento a lo largo del ciclo de vida del sistema. Es recomendable utilizar herramientas como el Valor Presente Neto (VPN) o el análisis de costo-efectividad para evaluar escenarios comparativos. En cuanto a los beneficios, se deben considerar tanto ingresos potenciales por comercialización como externalidades positivas: reducción de presión sobre otras fuentes, resiliencia hídrica en comunidades vulnerables y mejora en indicadores de salud pública. Estos elementos, aunque no siempre cuantificables directamente, son fundamentales para una valoración integral.

**Objetivo 2: *Desarrollar planes de acción y establecer procesos eficientes basados en el desarrollo sostenible.***

## **3. ¿Cómo lograr una integración del desarrollo sostenible en la planificación estratégica y los planes de acción empresariales?**

El enfoque debe ser transversal. Desde la formulación de objetivos hasta la selección de proveedores, cada decisión debe estar alineada con principios de sostenibilidad. Recomendamos aplicar metodologías como la Evaluación del Ciclo de Vida (ECV), los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS (OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE)) como marco de referencia, y el uso de indicadores de sostenibilidad para monitoreo y rendición de cuentas. La sostenibilidad debe formar parte del modelo de negocio, no una estrategia secundaria.

## **4. Mencione algún proceso eficiente para garantizar la operatividad y el crecimiento sostenible.**

Una estrategia efectiva es establecer unidades técnicas locales capacitadas, que garanticen mantenimiento preventivo y correctivo con bajo costo operativo. Asimismo, incorporar sistemas de gestión de la calidad y mejora continua (como los basados en ISO 14001 o similares) permite documentar procesos, evaluar el rendimiento ambiental y facilitar escalabilidad sin comprometer la eficiencia operativa. La adopción de soluciones modulares y replicables también favorece el crecimiento sostenido.

**Objetivo 3: *Identificar recursos humanos, insumos, herramientas y equipos necesarios.***

**5. ¿Indique el tipo de perfil profesional indispensable para las etapas iniciales de diseño e implementación de los sistemas de captación?**

Desde un enfoque técnico, se requieren profesionales en ingeniería civil, hidráulica o ambiental, con formación complementaria en energías renovables o tecnologías limpias. Igualmente importantes son los especialistas en sensores remotos y modelado meteorológico, quienes pueden aportar datos clave para optimizar la ubicación de los sistemas. La presencia de sociólogos ambientales o antropólogos es también deseable, especialmente en etapas de interacción comunitaria.

**6. ¿Conoce sobre los insumos, herramientas y equipos fundamentales que se requerirían para la instalación y el mantenimiento de los sistemas de captación de agua de niebla?**

Sí. Los sistemas requieren estructuras metálicas anticorrosivas, mallas Raschel de alta densidad, tuberías de conducción con tratamiento UV, válvulas de retención, tanques de almacenamiento y filtros básicos. Es recomendable también incluir sensores de humedad, temperatura y velocidad del viento para generar datos útiles que retroalimenten el sistema. Para mantenimiento, se necesitan kits estándar de limpieza y recambio, junto con un protocolo técnico documentado para asegurar el funcionamiento óptimo del sistema.

**Objetivo 4: *Cumplir regulaciones legales y adoptar prácticas ambientales responsables.***

**7. ¿Conoce sobre las regulaciones legales costarricenses y normas internacionales relacionadas con la gestión del agua y el medio ambiente?**

Costa Rica cuenta con una sólida base normativa, encabezada por la Ley de Aguas y la Ley Orgánica del Ambiente. Toda infraestructura que implique modificación significativa del entorno debe tramitar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) ante SETENA. A nivel internacional, pueden aplicarse los principios del Protocolo de Nagoya, directrices de la OMS sobre agua segura, y estándares ISO vinculados a gestión ambiental. Cumplir con estos marcos no solo es una obligación legal, sino un requisito para acceder a cooperación internacional y fondos verdes.

**8. ¿Qué prácticas ambientales responsables consideraría para la implementación del sistema?**

Además de respetar la normativa, es fundamental incorporar principios de ecodiseño: utilizar materiales reciclables o reutilizables, minimizar el consumo energético del sistema, e

incorporar soluciones basadas en la naturaleza, como reforestación con especies nativas. También se recomienda la gestión participativa del recurso hídrico, a través de comités locales que velen por el uso responsable del agua y su distribución equitativa. Estas prácticas aseguran sostenibilidad no solo técnica, sino también social y ecológica.

## **Estudio económico para la creación de una empresa de sistemas de captación de agua de niebla en Costa Rica para consumo humano**

### **Objetivo principal del estudio**

Determinar la factibilidad económica de una empresa de sistemas de captación de agua de niebla en Costa Rica, identificando los factores claves para el éxito y los posibles riesgos relacionados con el entorno económico.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar la demanda y viabilidad técnica del mercado potencial para los sistemas de captación de agua de niebla en Costa Rica en comunidades rurales.
2. Analizar la estructura de costos y precios para cuantificar costos de inversión inicial y operativos de la empresa.

El estudio económico se aborda con una metodología mixta, combinando elementos cualitativos y cuantitativos para obtener una visión integral (Salinas et al., 2023, pp.18-20).

### **Análisis técnico y de costos**

- Se busca cuantificar los recursos necesarios y los gastos asociados a la empresa.
- Se busca una selección de tecnología sistemas de captación de niebla. Se investigan y seleccionan las tecnologías de captación de niebla (mallas planas y cilíndricas, materiales específicos) más eficientes y adaptables a las condiciones climáticas y topográficas de Costa Rica, contactando a un mínimo de tres proveedores claves.
- Determinación de costos de inversión inicial:
  - **En los costos fijos:** se estima el costo de alquiler/adquisición de un espacio para la compra de maquinaria y herramientas esenciales, la adquisición de dos vehículos

de transporte, el desarrollo de un *software* de gestión de clientes y proyectos, y la obtención de todas las licencias y permisos operativos.

- **En cuanto a los costos variables:** se calculan los costos de los materiales específicos para cada sistema de captación (mallas con 100m<sup>2</sup> de área, estructuras de soporte, 50 m de tuberías de PVC, tanques de almacenamiento de 1000 L, sistemas de filtrado), la mano de obra de instalación por sistema, los costos de transporte por kilómetro y la energía requerida para el bombeo (si aplica) y mantenimiento.

Finalmente, dentro del cálculo de capacidad productiva: se determina la cantidad máxima de SCAPN que la empresa puede producir e instalar anualmente, considerando recursos humanos y técnicos (Salinas et al., 2023, pp.18-20).

## Estudio económico

**Tabla 7.**

*Inversión inicial.*

Detalle	Cantidad	Subtotal	Total
Terreno	1	\$8 000,00	\$8 000,00
Vehículo de transporte y herramientas iniciales	1	\$10 000,00	\$10 000,00
Costos de constitución de empresa, estudios iniciales (viabilidad del sitio), capacitación	1	\$4 000,00	\$4 000,00

*Fuente: elaboración propia.*

Para el inicio de este proyecto, se ha estimado una inversión inicial de \$ 22,000.00, que abarcan la adquisición o derecho de uso de un terreno por un valor de \$ 8,000.00, esencial para la ubicación de las operaciones o los sistemas de captación de niebla. Además, se contempla la compra de un vehículo de transporte y herramientas iniciales por \$ 10,000.00, vital para la logística y el mantenimiento en campo. Finalmente, se destinan \$ 4,000.00 a los costos de constitución de la empresa, los estudios iniciales de viabilidad del sitio, que incluyen análisis técnicos cruciales para determinar la idoneidad del lugar, así como la capacitación necesaria del personal para la operación y el mantenimiento de los sistemas (Salinas et al., 2023, pp.18-20).

**Tabla 8.***Instalación atrapanieblas*

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Subtotal</b>	<b>Total</b>
Malla Raschel (40 m <sup>2</sup> / unidad)	10	\$120,00	\$1 200,00
Estructura de soporte (postes, cables, accesorios)	10	\$500,00	\$5 000,00
Canales de recolección y tuberías primarias	10	\$180,00	\$1 800,00
Costo total 10 atrapanieblas			\$8 000,00

*Fuente: elaboración propia.*

La tabla anterior detalla los costos iniciales para la instalación de 10 sistemas de captación de niebla (atrapanieblas) en Costa Rica. Incluye la malla Raschel (40 m<sup>2</sup>/unidad) a \$ 120.00 cada una, sumando un total de \$1,200.00 por las 10 unidades. La estructura de soporte, que abarca postes, cables y accesorios, tiene un costo de \$ 500.00 por unidad, ascendiendo a \$ 5,000.00 para las 10. Finalmente, los canales de recolección y tuberías primarias están presupuestados en \$ 180.00 por unidad, lo que totaliza \$ 1,800.00. Por lo tanto, el costo total estimado para instalar estos 10 colectores de niebla es de \$ 8,000.00 (Salinas et al., 2023, pp.18-20).

**Tabla 9.***Costo por atrapanieblas instalado.*

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Subtotal</b>	<b>Total</b>
Costo por atrapanieblas instalado	10	\$800,00	\$800,00

*Fuente: elaboración propia.*

La tabla muestra un costo por atrapanieblas instalado de \$ 800.00. Aunque la columna de "Cantidad" indica "10", el valor del "Total" es \$ 800.00, lo que sugiere que este monto representa el costo unitario por cada sistema de atrapanieblas ya ensamblado y listo para operar, no el costo total para los 10 sistemas. Es decir, si se fueran a instalar 10 atrapanieblas, el costo total sería de \$ 8,000.00, pero la tabla se enfoca en el valor individual de cada atrapanieblas ya instalado.

**Tabla 10.***Costo por almacenamiento.*

<b>Almacenamiento</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Litros</b>	<b>Total litros</b>
Tanques de almacenamiento	10	400	4000
Tanques de 20,000 litros	2	\$1 500,00	\$3 000,00
<b>Sistemas de potabilización (Filtración + UV/Cloro)</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Subtotal</b>	<b>Total</b>
Costo por sistema de potabilización	5	\$800,00	\$4 000,00
<b>Adicionales</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Subtotal</b>	<b>Total</b>
Sistema de bombeo y distribución	-	\$3 000,00	\$3 000,00

*Fuente: elaboración propia.*

La tabla detalla los costos asociados con los componentes de almacenamiento, potabilización y distribución de un proyecto. En la sección de Almacenamiento, se planea adquirir 10 tanques de almacenamiento de 400 litros cada uno, totalizando 4,000 litros. Adicionalmente, se consideran 2 tanques de 20,000 litros con un costo unitario de \$ 1,500.00, lo que suma \$ 3,000.00 por ambos. Estos elementos son cruciales para almacenar el agua recolectada de manera eficiente.

En cuanto a la potabilización, se presupuestan 5 sistemas de potabilización (filtración + UV/Cloro) con un costo unitario de \$ 800.00, resultando en un total de \$ 4,000.00. Esto asegura que el agua recolectada sea apta para consumo humano. Finalmente, en la sección de Adicionales, se incluye un sistema de bombeo y distribución con un costo de \$ 3,000.00, fundamental para trasladar el agua desde los puntos de almacenamiento y potabilización hasta los lugares de consumo (Salinas et al., 2023, pp.18-20).

Este análisis financiero evalúa la viabilidad económica de una empresa dedicada a instalar sistemas de captación de agua de niebla en Costa Rica. Se incluyen los costos de inversión inicial, estimaciones de ingresos y costos operativos, así como el cálculo del período de recuperación de la inversión (*Payback*), el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

**Tabla 11.***Análisis financiero***1. Inversión Inicial Estimada**


---

Concepto	Monto (USD)
Terreno	\$8,000.00
Vehículo y herramientas	\$10,000.00
Costos de constitución y estudios	\$4,000.00
Instalación de 10 atrapanieblas	\$8,000.00
Tanques, filtración y bombeo	\$7,000.00
<b><i>Total inversión inicial estimada: \$37,000.00</i></b>	

---

**2. Flujo Neto de Caja Anual**

Supuestos:

- Ingreso estimado por sistema por año: \$1,000.00
- Cantidad de sistemas: 10
- Costos operativos anuales estimados: \$5,000.00

Cálculo del ingreso total anual:

$$\text{Ingreso total anual} = 10 \text{ sistemas} \times \$1,000 = \$10,000.00$$

Cálculo del flujo neto anual:

$$\text{Flujo neto anual} = \text{Ingresos} - \text{Costos operativos}$$

$$\text{Flujo neto anual} = \$10,000 - \$5,000 = \$5,000.00$$


---

**3. Período de Recuperación de la Inversión (Payback)**Fórmula:  $\text{Payback} = \text{Inversión Inicial} / \text{Flujo Neto Anual}$ 

$$\text{Payback} = \$37,000 / \$5,000 = 7.4 \text{ años}$$


---

---

#### 4. Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)

---

Supuestos:

- Horizonte de análisis: 10 años
- Tasa de descuento: 10%

Flujos de caja:

Año 0: -\$37,000 (inversión inicial)

Años 1 al 10: +\$5,000 cada año

Fórmula del VAN:

$$\text{VAN} = \sum [\text{Flujo}_t / (1 + r)^t] - \text{Inversión inicial}$$

Donde  $r$  = tasa de descuento,  $t$  = año

**Resultado del VAN con  $r=10\%$ : -\$6,277.16**

---

Fórmula de la TIR:

TIR es la tasa  $r^*$  tal que  $\text{VAN} = 0$

**Resultado de la TIR: 5.89%**

---

El análisis financiero demuestra que, bajo una tasa de descuento del 10%, el proyecto no es rentable (VAN negativo). La TIR del 5.89% es inferior a la tasa esperada del 10%. Sin embargo, si se aceptan tasas de retorno más bajas o se cuenta con apoyo financiero externo, el proyecto podría ser viable, especialmente considerando su impacto social y ambiental positivo.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Este capítulo presenta una síntesis de los hallazgos más relevantes derivados de la investigación, vinculándolos directamente con los objetivos establecidos al inicio del estudio. Se exponen las conclusiones obtenidas a partir del análisis de los datos cuantitativos y cualitativos, proporcionando una visión consolidada sobre la viabilidad y las implicaciones de la propuesta. A continuación, se plantean recomendaciones prácticas orientadas a guiar las acciones futuras y a garantizar el éxito y la sostenibilidad de la iniciativa empresarial enfocada en la captación de agua de niebla en Costa Rica.

### **Conclusiones**

El análisis realizado sobre la viabilidad de una empresa dedicada a la captación de agua de niebla en Costa Rica, sustentado en la revisión bibliográfica, los datos de mercado obtenidos mediante encuestas y las perspectivas de expertos, permite establecer las siguientes conclusiones, alineadas con los objetivos planteados inicialmente.

En primer lugar, la captación de agua de niebla se configura como una solución técnica y económicamente viable. En el contexto costarricense, se ha comprobado que esta tecnología posee robustez y adaptabilidad, especialmente en microclimas donde la niebla es frecuente. Esta afirmación ha sido respaldada por la experiencia de especialistas en el área. Aunque la inversión inicial representa un aspecto relevante, los costos operativos resultan considerablemente bajos, lo que permite proyectar un modelo de negocio sostenible en el largo plazo, siempre que se alcance una escala operativa adecuada y se exploren mecanismos innovadores de financiamiento. Asimismo, el interés manifestado por los encuestados ante una fuente de agua alternativa y ecológica constituye un indicador sólido de demanda potencial.

En segundo lugar, se ha delineado un marco claro para el desarrollo de planes de acción y procesos que integren la sostenibilidad como eje central. Se ha definido una orientación precisa para el diseño de operaciones eficientes, con un enfoque comprometido con el medio ambiente. La incorporación de una visión de desarrollo sostenible en la estructura empresarial se considera esencial para su aceptación y crecimiento en el mercado costarricense. Además, las entrevistas realizadas destacan la importancia de la optimización continua de los recursos y del monitoreo constante como pilares fundamentales del éxito operativo.

En tercer lugar, se han identificado los perfiles profesionales y los recursos materiales necesarios para la implementación del proyecto. Se ha especificado con claridad el equipo humano multidisciplinario requerido (ingeniería, gestión, entre otros), así como los insumos, herramientas y equipos técnicos (mallas, tanques, sistemas de purificación) indispensables en cada fase del proyecto, desde la instalación hasta la operación y el mantenimiento de los sistemas de captación. Esta información proporciona una hoja de ruta concreta para la estructuración de la empresa y la adquisición de los recursos necesarios.

Finalmente, se ha establecido una base sólida para garantizar el cumplimiento normativo y una gestión ambiental responsable. Se ha evidenciado lo crucial que resulta adherirse estrictamente a las regulaciones legales nacionales —incluyendo las disposiciones del Ministerio de Salud, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y las municipalidades—, así como adoptar estándares internacionales de calidad y gestión ambiental. Esta práctica no solo garantiza la legalidad y la calidad del producto final, sino que también fortalece la credibilidad institucional y el compromiso social de la empresa, aspectos altamente valorados por consumidores y entidades reguladoras.

En síntesis, la creación de una empresa dedicada a los sistemas de captación de agua de niebla en Costa Rica se presenta como una iniciativa viable y oportuna. Esta propuesta ofrece una solución innovadora y sostenible para mejorar el acceso al agua potable, especialmente en comunidades vulnerables. No obstante, el éxito a largo plazo dependerá de la capacidad para enfrentar los desafíos relacionados con la inversión inicial y de mantener un compromiso firme con los principios de sostenibilidad y calidad.

### **Recomendaciones**

Con el objetivo de facilitar la materialización exitosa de esta propuesta y asegurar el desarrollo sostenible de la futura empresa, se plantean las siguientes recomendaciones:

Investigación microclimática detallada: antes de realizar inversiones significativas, se recomienda llevar a cabo estudios microclimáticos exhaustivos en las zonas previamente identificadas con alto potencial de niebla. Esta información permitirá seleccionar ubicaciones óptimas para la instalación de los sistemas, mejorar la eficiencia de captación y reducir riesgos operativos.

Diversificación de fuentes de financiamiento: para mitigar el impacto de la inversión inicial, se sugiere explorar mecanismos de financiamiento alternativos, tales como fondos para proyectos ambientales, capital de riesgo orientado a la sostenibilidad, programas de cooperación internacional y alianzas con entidades públicas y privadas. La colaboración con ONG, instituciones gubernamentales (como AyA y MINAE) y empresas del sector turístico o agrícola sostenible puede facilitar la ejecución de proyectos piloto y futuras expansiones.

Estrategia de *marketing* diferenciada: se recomienda desarrollar un plan de *marketing* sólido que resalte el valor único del agua de niebla. Este plan debe enfatizar su carácter sostenible, su contribución a la resiliencia hídrica y su baja huella ambiental. Posicionar el producto como exclusivo y socialmente responsable puede ser clave para su aceptación en el mercado.

Programa de sensibilización y educación ambiental: es fundamental implementar iniciativas educativas dirigidas tanto a las comunidades beneficiarias como al público en general. Estas acciones contribuirán a generar conciencia sobre la conservación del agua, promover el uso responsable del recurso y fortalecer el respaldo social hacia el proyecto.

Sistema de gestión de calidad: para garantizar que el agua destinada al consumo humano cumpla con los estándares sanitarios vigentes, se recomienda establecer un sistema integral de gestión de calidad. Este debe incluir análisis periódicos, monitoreo constante de los sistemas de purificación y cumplimiento estricto de las directrices del Ministerio de Salud y normas internacionales como la ISO 22000.

Actualización tecnológica continua: se aconseja mantener una vigilancia activa sobre los avances tecnológicos en materiales para mallas colectoras y sistemas de purificación. La adopción de tecnologías más eficientes permitirá optimizar los procesos, reducir costos de mantenimiento y mejorar la sostenibilidad energética del sistema.

Estas recomendaciones buscan fortalecer la propuesta inicial y servir como guía práctica para la implementación de una empresa innovadora y sostenible en el sector hídrico costarricense.

## **CAPÍTULO VI: LA PROPUESTA**

Esta propuesta plantea la creación de una empresa especializada en el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de captación de agua de niebla en Costa Rica, particularmente en la provincia de Cartago. La iniciativa responde a la creciente necesidad de alternativas sostenibles para garantizar el acceso al agua potable, aprovechando las condiciones climáticas de zonas con alta incidencia de niebla. Con base en estudios técnicos, entrevistas a expertos y encuestas aplicadas a la población, se propone un modelo de negocio viable, ambientalmente responsable y alineado con las normativas legales vigentes. La empresa se enfocará en soluciones adaptadas a comunidades rurales, zonas vulnerables y sectores con interés en sostenibilidad.

La presente propuesta constituye la aplicación concreta de los hallazgos obtenidos en la investigación previa. Se parte del reconocimiento de la captación de niebla como una tecnología viable y con alto potencial de impacto ambiental y social positivo. A partir de un análisis integral, se definen las condiciones necesarias para crear una empresa innovadora, cuya operación combine eficiencia técnica, conciencia ambiental y rentabilidad económica. La empresa proyectada aspira a convertirse en un referente nacional en soluciones hídricas limpias, contribuyendo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente en lo relativo al acceso universal al agua y la adaptación al cambio climático.

### **Mapa estratégico**

La estrategia de la empresa se estructura a partir de cuatro ejes fundamentales:

1. Innovación técnica: desarrollo e implementación de sistemas de captación eficientes y adaptados a las condiciones locales.
2. Sostenibilidad ambiental: operación con criterios ecológicos, incluyendo reforestación, uso de materiales reciclables y educación ambiental.
3. Impacto social: priorización de zonas con problemas de acceso al agua y creación de capacidades locales para la gestión del sistema.
4. Viabilidad económica: modelo de negocio escalable, con múltiples fuentes de ingreso (venta de sistemas, capacitación, consultoría) y alianzas estratégicas con entidades públicas y privadas.

El contexto de la empresa es que operará bajo una estructura organizativa flexible, con un equipo técnico multidisciplinario, personal de campo y un área administrativa responsable de la gestión financiera, legal y comercial. Su sede inicial estará ubicada en Cartago, permitiendo un monitoreo cercano de los sitios piloto. A medida que se validen los resultados iniciales, se buscará expandir la cobertura a otras regiones del país con condiciones climáticas similares.

### Análisis de situación

- **Fortalezas:** tecnología simple y de bajo costo operativo, potencial de impacto social, apoyo de comunidades y expertos.
- **Debilidades:** bajo conocimiento público de la tecnología, necesidad de inversión inicial y trámites regulatorios.
- **Oportunidades:** contexto de escasez hídrica, incentivos para soluciones verdes, posibilidad de alianzas público-privadas.
- **Amenazas:** variabilidad climática, burocracia institucional y posibles limitaciones técnicas en terrenos específico.

**Figura 11.**

*Cronograma de implementación*

ACTIVIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Fase 1: Investigación preliminar de las necesidades												
Fase 2: Evaluación técnica y económica												
Fase 3: Definición de las etapas del proyecto												
Fase 4: Descripción del diseño de sistemas de captación de agua de niebla												
Fase 5: Cumplimiento legal y ambiental												
Fase 6: Evaluación y seguimiento del desempeño												

*Nota: elaboración propia.*

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, L. (15 de noviembre de 2022). *¿Qué es la gerencia de proyectos y porque hacer un posgrado en ese campo?* Poliverso. <https://www.poli.edu.co/blog/poliverso/gerencia-de-proyectos>
- Asana. (2025). *Las 5 fases de la gestión de proyectos para que mejores el flujo de trabajo de tu equipo*. Recuperado el 25 de agosto de 2025 de <https://asana.com/es/resources/project-management-phases>
- Benavides, J. (2020). *Diseño de captador de agua a partir de la neblina para consumo humano* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Latina de Costa Rica.
- Corporación de Radio y Televisión Española. (2025). *Fenómenos naturales ¿Cómo se forman las nieblas y qué tipos hay? Todo lo que necesitas saber*. Recuperado el 25 de agosto de 2025 de <https://www.rtve.es/television/20210127/niebla-formacion-tipos/2070023.shtml>
- Cortés, F., Roa, O., Villate, C., Hernández, D., Moreno, F., y Hernández, L. (2023). Captadores de niebla y recolección de agua en un ecosistema de páramo colombiano. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 26(1), e1994. <http://doi.org/10.31910/rudca.v26.n1.2023.1994>
- DatosMundial. (2023). *Clima en Cartago*. Recuperado el 25 de agosto de 2025 de <https://www.datosmundial.com/america/costa-rica/clima-cartago.php>
- Donaldson Company. (2025). *Captación de neblina: Principios fundamentales y aplicaciones*. Recuperado el 25 de agosto de 2025 de <https://www.donaldson.com/es-es/industrial-dust-fume-mist/technical-articles/mist-collection-fundamentals-applications/>
- Espinoza, E. (2023). El peruano que le “roba el agua al cielo” para dársela a las comunidades más pobres. *El País*. <https://elpais.com/america-futura/2023-05-05/el-peruano-que-le-roba-el-agua-al-cielo-para-darsela-a-las-comunidades-mas-pobres.html>
- Equipo editorial Etecé. (2024). *Marco metodológico*. Enciclopedia Concepto. Recuperado el 25 de agosto de 2025 de <https://concepto.de/marco-metodologico/>

- Equipo editorial Etecé. (2024b). *Método cuantitativo*. Enciclopedia Concepto. Recuperado el 25 de agosto de 2025 de <https://concepto.de/metodo-cuantitativo/>
- Fernández, M. (29 de abril de 2023). Así podemos cosechar agua del aire en Costa Rica. *Delfino*. <https://delfino.cr/2023/04/asi-podemos-cosechar-agua-del-aire-en-costa-rica>
- Fundación Zabaleta. (2013). Captación de agua de niebla para reforestación el Perú y Bolivia. [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/D9E107D468AD787A05257CBC004FC93F/\\$FILE/50\\_INFORME\\_TECNICO\\_FINAL.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/D9E107D468AD787A05257CBC004FC93F/$FILE/50_INFORME_TECNICO_FINAL.pdf)
- Galán, U. (2023). *Estudios aerodinámicos de mallas sintéticas para el diseño de captadores de agua de niebla* [Trabajo de grado, Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología]. Repositorio institucional. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/33139/Estudios%20aerodinamicos%20de%20mallas%20sinteticas%20para%20el%20diseno%20de%20captadores%20de%20agua%20de%20niebla.pdf?sequence=1>
- González, J., Salazar, F., Ortiz, R., y Verdugo, D. (2019). Gerencia estratégica: herramienta para la toma de decisiones en las organizaciones. *Telos*, 21(1), 242-267. <https://www.redalyc.org/journal/993/99357718032/99357718032.pdf>
- Instituto de Hidrología Meteorológica y Estudios Ambiental. (2019). *Clasificación de las nieblas*. Recuperado el 25 de agosto de 2025 de <https://bart.ideam.gov.co/infgen/claniebla.htm>
- López, V. (2021). *Tecnologías de captación de agua de niebla para el desarrollo sostenible en la loma de Tacahuay, Tacna, 2021* [Trabajo de grado, Universidad Continental]. Repositorio institucional. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11103/3/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Lopez\\_Nu%c3%bllez\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11103/3/IV_FIN_107_TE_Lopez_Nu%c3%bllez_2021.pdf)
- Mata, L. (2019). *El enfoque de investigación: la naturaleza del estudio*. Investigalia. <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-de-investigacion-la-naturaleza-del-estudio/>

- Mahecha, C. (2021). *Análisis de los componentes físicos y ambientales para la captación de agua niebla como complemento de abastecimiento para zonas rurales del departamento de Cundinamarca* [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio institucional. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/c33afcc0-6fd9-4d0a-99f5-950504bdd981/content>
- Menéndez, Y. (2023). *Atrapanieblas: una solución para captar agua en tiempos de sequía*. Sostenibilidad. Recuperado el 25 de agosto de 2025 de <https://www.sostenibilidad.com/agua/atrapanieblas/>
- National Weather Service. (2019). *Cómo se forma la niebla*. [https://www-weather.gov.translate.goog/lmk/fog\\_tutorial?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=sge](https://www-weather.gov.translate.goog/lmk/fog_tutorial?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge)
- Nuevo, D. (5 de febrero de 2021). *La gestión de proyectos ambientales*. TECPA. Recuperado el 25 de agosto de 2025 de <https://www.tecpa.es/gestion-de-proyectos-de-ingenieria-ambiental/>
- Ortega, C. (2024). *Marco teórico: qué es y cómo redactarlo con ejemplos*. Recuperado el 25 de agosto de 2025 de <https://www.questionpro.com/blog/es/marco-teorico/>
- Ortega, C. (2024b). *Muestreo no probabilístico: definición, tipos y ejemplos*. Recuperado el 25 de agosto de 2025 de <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-no-probabilistico/>
- Ochoa-Tocachi, B., Cuadros Adriazola, J., Arapa Guzmán, E., Aste Cannock, N., Ochoa-Tocachi, E., y Bonneseur, V. (2022). *Guía de modelación hidrológica para la infraestructura natural*. <https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2022/01/Guia-de-Modelacion-Hidrologica-para-la-IN-2.pdf>
- Portillo, G. (2023). *Niebla: qué es y cómo se forma*. Ecología Verde. Recuperado el 25 de agosto de 2025 de [https://www.ecologiaverde.com/niebla-que-es-y-como-se-forma-4593.html#anchor\\_0](https://www.ecologiaverde.com/niebla-que-es-y-como-se-forma-4593.html#anchor_0)

- Portilla, F. (2021). *Eficiencia meteorológica, económica y ambiental de neblinómetros sintéticos y orgánicos en la cosecha de agua aplicados en la Loma de Ramos perteneciente a la comuna Pichikra de la parroquia San Lucas, cantón y provincia de Loja* [trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio institucional. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21155/1/UPS-CT009290.pdf>
- Project Management Institute. (2021). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos* (7ª ed.). Project Management Institute, editor.
- Rojas, D. (2020). *Sistemas de captación y aprovechamiento de agua lluvia en actividades industriales* [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio institucional. <https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/76107645-3260-4773-9811-1dc5f040b8e1/content>
- Sans, I. (2023). *Tipos de niebla, características y cómo se forma*. Recuperado el 25 de agosto de 2025 de <https://www.clima.com/noticias/tipos-de-niebla-caracteristicas-y-como-se-forma>
- Santamaría, C., y De la Croix, M. (2022). *Diseño de una malla de recolección de agua de neblina, compuesta por capas politexturadas, inspirada en los Tricomas de la bromelia Tillandsia* [Trabajo de grado, Universidad de Costa Rica]. Repositorio institucional. <https://cedi.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/1659/35/IM-8463.pdf>
- Salinas A., Baldioceda Á., Suárez A., Gómez W., Rojas J., y Guillén A. (2023). *Captación de agua de lluvia para consumo humano en el trópico seco de Costa Rica* [Trabajo de grado, Universidad Nacional]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.ac.cr/items/7a70536f-bd4f-45cb-adb3-f1916d216520>
- Supo, J. (19 de abril de 2019). *Instrumentos en investigación*. Bioestadístico. Recuperado el 25 de agosto de 2025 de <https://bioestadistico.com/instrumentos-en-investigacion>
- Tutiempo Network, S.L. (2019). *La visibilidad - Las nieblas*. Recuperado el 25 de agosto de 2025 de <https://www.tutiempo.net/meteorologia/visibilidad-nieblas.html>
- Vega, S. y Méndez, R. (2022). Aporte hídrico del fenómeno meteorológico lluvia horizontal en el Cerro Trinidad de San Marcos, Tarrazú. *Repertorio Científico*, 25(2), 1-23. <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/repertorio/article/view/4249>

## APÉNDICES

### Apéndice A. Encuesta

1. ¿Cuál es su edad? \_\_\_\_\_ años.
2. Sexo
3. ¿Cuál es su nivel educativo?
  - ( ) Primaria incompleta
  - ( ) Primaria completa
  - ( ) Secundaria incompleta
  - ( ) Secundaria completa
  - ( ) Educación técnica
  - ( ) Estudios universitarios incompletos
  - ( ) Estudios universitarios completos

**Objetivo 1:** Evaluar la viabilidad técnica y económica de la captación de agua de niebla en el país, realizando un análisis detallado de costos y beneficios para tomar decisiones fundamentadas.

1. ¿Considera importante contemplar costo de instalación y mantenimiento de los sistemas de captación de agua de niebla?
  - ( ) Importante
  - ( ) Poco importante
  - ( ) Nada importante
2. ¿Para la instalación del sistema mencionado es importante la garantía de la calidad y seguridad del agua captada de la niebla para el consumo humano?
  - ( ) Importante
  - ( ) Moderadamente importante
  - ( ) Poco importante
  - ( ) Nada importante

**Objetivo 2.** Desarrollar planes de acción y establecer procesos eficientes de acuerdo con una visión y planeación estratégica basada en el desarrollo sostenible.

3. ¿Considerando la viabilidad, estaría dispuesto a considerar la instalación de un sistema de captación de agua de niebla en su hogar?
- Dispuesto
  - Neutral
  - Poco dispuesto
  - Nada dispuesto
4. ¿Qué tan importante es el impacto ambiental positivo de la captación de agua de niebla?
- Importante
  - Poco importante
  - Nada importante

**Objetivo 3.** Identificar el recurso humano, insumos, herramientas y equipo que son necesarias en las diferentes etapas.

5. ¿Está familiarizado sobre la tecnología de captación de agua de niebla?
- Muy familiarizado
  - Poco familiarizado
  - Nada familiarizado
6. ¿Cuál cree que es el potencial de la captación de agua de niebla como fuente alternativa de agua potable en Costa Rica?
- Alto
  - Moderado
  - Bajo
7. ¿Qué tan favorable considera usted la idea de utilizar el agua de niebla para el consumo humano?
- Favorable
  - Neutral
  - Desfavorable

8. ¿Implementaría sistemas para la captación de agua de niebla en su comunidad como una fuente complementaria de agua potable?

Probablemente sí

No estoy seguro

Probablemente no

**Objetivo 4.** Cumplir con las regulaciones legales pertinentes y el cumplimiento de normas internacionales, adoptando prácticas ambientales responsables.

9. ¿Considera necesario que una empresa de captación de agua de niebla para el consumo humano cumpla con las leyes y regulaciones ambientales requeridas para su funcionamiento?

Probablemente sí

No estoy seguro

Probablemente no

10. ¿Qué tal favorable es la captación de agua de niebla para prácticas ambientales responsables?

Favorable

Neutral

Desfavorable

## Apéndice B. Entrevista

**Objetivo 1:** Evaluar la viabilidad técnica y económica de la captación de agua de niebla en el país, realizando un análisis detallado de costos y beneficios para tomar decisiones fundamentadas.

1. Mencione los principales desafíos técnicos que se podrían enfrentar al implementar sistemas de captación de agua de niebla a gran escala en Costa Rica.
2. ¿Qué factores económicos son necesarios de incluir en el análisis de costos y beneficios para determinar la viabilidad financiera de esta propuesta empresarial?

**Objetivo 2:** Desarrollar planes de acción y establecer procesos eficientes de acuerdo con una visión y planeación estratégica basada en el desarrollo sostenible.

4. ¿Cómo lograr una integración del desarrollo sostenible en la planificación estratégica y los planes de acción empresariales?
5. Mencione algún proceso eficiente para garantizar la operatividad y el crecimiento sostenible.

**Objetivo 3:** Identificar el recurso humano, insumos, herramientas y equipo que son necesarios en las diferentes etapas.

5. Indique el tipo de perfil profesional indispensable para las etapas iniciales de diseño e implementación de los sistemas de captación.
6. ¿Conoce sobre los insumos, herramientas y equipos fundamentales que se requerirían para la instalación y el mantenimiento de los sistemas de captación de agua de niebla?

**Objetivo 4:** Cumplir con las regulaciones legales pertinentes y el cumplimiento de normas internacionales, adoptando prácticas ambientales responsables.

7. ¿Conoce sobre las regulaciones legales costarricenses y normas internacionales relacionadas con la gestión del agua y el medio ambiente?
8. ¿Qué prácticas ambientales responsables consideraría para la implementación del sistema?