



**UNIVERSIDAD EAN**

**SISTEMA DE RECEPCIÓN, ALMACENAMIENTO Y RIEGO AUTOMATIZADO  
DE AGUA PARA CULTIVOS DE HORTALIZAS EN BOYACÁ**

**AUTORES**

**CAROLINA VELÁSQUEZ ROMERO**

**DIEGO ALEJANDRO SOSA SUÁREZ**

**HENDERSON SMITH FUENTES HERRERA**

**IVONE VANESSA MORA VARGAS**

**DIRECTOR**

**ÁLVARO DAVID ARÉVALO SALAZAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**BOGOTÁ D.C.**

**DICIEMBRE 2023**

## RESUMEN EJECUTIVO

Colombia es un país con gran diversidad y riqueza natural, debido a esto dentro del territorio nacional se pueden encontrar diferentes pisos térmicos, esto ayuda a poder desarrollar gran variedad de cultivos y productos agrícolas. El departamento de Boyacá es conocido por su alto porcentaje de producción de papa, sin embargo, en este municipio también se cultivan varias frutas y hortalizas, los cultivos de hortalizas serán el enfoque de esta investigación.

Este proyecto tiene como objetivo investigar acerca de la tendencia del clima en el departamento de Boyacá durante el año, conocer como es el manejo de los cultivos de hortalizas, para así poder desarrollar bosquejos y simulaciones para poder recibir, almacenar y posteriormente suministrar agua a los cultivos, evitando daños o pérdidas a causa del clima.

**Palabras Clave:** Agua, Almacenamiento, Boyacá, Clima, Cultivo, Hortalizas, Pisos térmicos, Recepción, Riego, Sequía, Temperatura.

## ABSTRACT

Colombia is a country with great diversity and natural wealth, due to this within the national territory different thermal floors can be found, this helps to develop a wide variety of crops and agricultural products. The department of Boyacá is known for its high percentage of potato production, however, in this municipality several fruits and vegetables are also grown, vegetable crops will be the focus of this research.

The objective of this project is to investigate about the tendency of the climate in the department of Boyacá during the year, to know how the management of vegetable crops is, to develop sketches and simulations to be able to receive, store and later supply water to the crops, avoiding damages or losses due to the climate.

**Keywords:** Boyacá, Drought, Farming, Irrigation, Reception, Storage, Temperature, Thermal floors, Vegetables, Water, Weather.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	2
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>TABLA DE CONTENIDO</b> .....	4
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	5
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	6
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>OBJETIVOS</b> .....	10
<b>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	11
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	13
<b>ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS</b> .....	14
<b>MARCO DE REFERENCIA</b> .....	25
<b>ANÁLISIS DE RESTRICCIONES</b> .....	41
<b>SOLUCIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	43
<b>METODOLOGÍA</b> .....	57
<b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b> .....	59
<b>MÉTODO E INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b> .....	60
<b>ANÁLISIS DE DATOS</b> .....	62
<b>ANÁLISIS DE COSTOS</b> .....	63
<b>CONCLUSIONES</b> .....	64
<b>REFERENCIAS</b> .....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Implicaciones del cambio climático en la agricultura colombiana.....	33
Tabla 2: Impactos medioambientales del cambio climático.....	34
Tabla 3: Efectos del cambio climático en el entorno familiar social .....	35
Tabla 4: Generalidades cadena productiva de hortalizas .....	38
Tabla 5: Encuesta general a agricultores.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Atrapanieblas captadores planos .....	16
Fig. 2: Atrapanieblas con forma “tienda de campaña” .....	16
Fig. 3: Atrapanieblas captadores cilíndricos .....	16
Fig. 4: Atrapanieblas con forma de cometa .....	16
Fig. 5: Representación tubería trapezoidal para cultivos.....	17
Fig. 6: Tablero "Hot & StandBy" .....	18
Fig. 7: Tablero para tratamiento de agua.....	18
Fig. 8: Tablero de adquisición de datos.....	19
Fig. 9: Sistemas de presión Barnes .....	19
Fig. 10: Electrobomba periférica.....	20
Fig. 11: Equipo hidroneumático .....	20
Fig. 12: Cableado protección AD1.....	20
Fig. 13: Cableado protección AD2.....	21
Fig. 14: Cableado protección AD3.....	21
Fig. 15: Cableado protección AD4.....	21
Fig. 16: Tanque de almacenamiento agua .....	22
Fig. 17: Tanque en fibra de vidrio .....	23
Fig. 18: Riego por aspersión .....	24
Fig. 19: Riego por goteo .....	24
Fig. 20: Riego por exudación.....	24
Fig. 21: Atrapanieblas propuesto por Carlos Espinosa .....	26
Fig. 22: Atrapaniebla rústico cúbico.....	27
Fig. 23: Atrapanieblas con pluviómetro y neblinómetro .....	28
Fig. 24: Atrapaniebla MiniCASCC .....	29
Fig. 25: Tendencia de temperatura promedio anual .....	31
Fig. 26: Tendencia de lluvia promedio anual .....	32
Fig. 27: Vocación del territorio de Boyacá .....	38
Fig. 28: Producción de hortalizas en Boyacá 2018.....	39
Fig. 29: Líneas productivas priorizadas en la cadena agrícola .....	40
Fig. 30: Mapa Colombia .....	43

Fig. 31: Ubicación dpto. Boyacá .....	44
Fig. 32: Ubicación Municipio Nuevo Colón .....	44
Fig. 33: Ubicación terreno finca Santa Clara .....	45
Fig. 34: Diámetro terreno finca Santa Clara .....	46
Fig. 35: Distribución de manguera para aspersores .....	47
Fig. 36: Distribución de surcos, aspersores y plantas .....	47
Fig. 37: Plano mecánico BOMBA AE 6250 .....	49
Fig. 38: Plano de conexión de Bomba.....	49
Fig. 39: Diagrama de potencia .....	51
Fig. 40: Diagrama de comunicación.....	52
Fig. 41: Diagrama de control.....	52
Fig. 42: Tablero a utilizar .....	53
Fig. 43: Tanque de almacenamiento .....	54
Fig. 44: Atrapanieblas captadoras planos .....	55
Fig. 45: Diseño de perfil disposición de atrapanieblas .....	55
Fig. 46: Plano aéreo de sistema de recolección, almacenamiento y riego.....	56

## INTRODUCCIÓN

El departamento de Boyacá será la zona geográfica donde se busca aplicar y entregar desarrollo con este proyecto. De acuerdo con información consultada en la página oficial de la gobernación de Boyacá este departamento está ubicado en el centro oriente del país, atravesado por la Cordillera Oriental de la Región Andina Colombiana, por consiguiente, tiene una topografía muy variada a la cual se suma también la variedad de climas.

En el análisis de situación de salud, ASIS Boyacá 2019 se informa que:

Boyacá posee todos los pisos térmicos, dentro de los cinco pisos térmicos con los que cuenta esta región son, el piso térmico templado o medio, localizado en la parte media del departamento, está comprendido entre los 1.000 y 2.000 metros de altitud con una temperatura entre los 18° y 24° centígrados, y el piso térmico frío, localizado en los altiplanos y zonas adyacentes, se sitúa entre los 2.000 y 3.000 metros de altitud y la temperatura varía entre los 12° y 18° centígrados.

Este proyecto estará enfocado en estos dos pisos térmicos ya que en estas dos zonas del departamento se encuentran cultivos de café, maíz, lenteja, tomate, trigo, hortalizas, entre otros.

Para el año 2020 Boyacá fue el segundo departamento con mayor área cosechada de hortalizas del país, Según Felipe Barreño, secretario técnico cadena hortalizas en ese año, informo que, “El 55 % del área cosechada total hortícola estuvo en los departamentos de Cundinamarca (18%), Boyacá (15%), Antioquia (11%) y Nariño (11%)”.

Según información de la Dirección de cadenas Agrícolas y forestales: El efecto de condiciones climáticas adversa (fenómeno del Niño/Niña), impactaron la producción hortícola en los últimos años. Sin embargo, a partir del 2016, los indicadores de A.P.R. del subsector hortícola presentan un comportamiento positivo, manteniendo la tendencia de crecimiento del sector agrícola nacional que en año 2019 fue 2,0%.

De acuerdo con lo anterior, se puede deducir que el departamento de Boyacá cuenta con potencial geográfico para la producción agrícola, sin embargo, puede verse afectada en algunas épocas del año por variaciones climáticas, sequías, heladas, o gran cantidad de lluvias, este proyectó buscará

ayudar a los agricultores a mantener sus cosechas en épocas de sequías, con un modelo para la obtención, almacenamiento y posterior riego del agua, en calidad óptima para los cultivos y suelos.

Ahora bien, este proyecto buscará contribuir con varios de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS):

- Hambre Cero.
- Agua Limpia y Saneamiento.
- Trabajo decente y crecimiento económico.
- Industria, Innovación e infraestructura.
- Ciudades y comunidades sostenibles.
- Producción y consumo responsable.

Durante el 2021 se implementaron diez planes piloto en pequeños y medianos cultivos de las cadenas productivas de café, cacao y aguacate, ubicados en ocho departamentos del país, como resultado del programa Agro 4.0 (MINTIC, 2022), sin embargo, ninguno de estos proyectos fue implementado en el departamento de Boyacá, siendo esta una razón para indagar y buscar llevar la ingeniería con herramientas como la optimización, modelación y simulación a este punto del país.

En los siguientes capítulos de esta investigación, se realizará una revisión de la literatura que respalda la importancia del cambio climático, del cuidado de los suelos, y la necesidad del agua para el correcto desarrollo de la agricultura. Posteriormente, se describirán los objetivos específicos de la investigación, así como la metodología empleada para abordarlos. Se buscará constatar cómo la ingeniería y la optimización pueden unirse para brindar soluciones concretas y valiosas en el mundo de la agricultura.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Generar un modelo de recepción, almacenamiento y riego de agua mediante esquemas eléctricos, hidráulicos, y bocetos de manejo y distribución de accesorios en el terreno, para mantener las condiciones óptimas de los cultivos de hortalizas en Boyacá durante épocas de sequía y así brindar a los agricultores un avance tecnológico, minimizar sus costos de producción y aportar la seguridad alimentaria del país.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar las temporadas del año con mayor sequía en el departamento de Boyacá para realizar una programación de implementación del proyecto.
- Investigar los avances de los sistemas de atrapanieblas, para conocer su funcionamiento actual y capacidad de recolección de agua.
- Conocer acerca de los sistemas y equipos de automatización para la toma de muestras climáticas, seguimiento de nutrición y limpieza del agua, y capacidad de bombeo de agua en el riego de cultivos de hortalizas en el departamento de Boyacá.
- Recolectar datos de investigaciones y sistemas ya implementados, para realizar comparaciones y plantear un modelo lo más cercanos posible a la realidad de los agricultores.
- Diseñar un modelo del sistema automatizado de riego, enfocado en una finca del departamento de Boyacá, de acuerdo con sus dimensiones, necesidades y características.

## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

### **Definición del problema:**

Desde la época preindustrial, la temperatura media del aire en la superficie ha aumentado globalmente 1 °C debido a las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero procedentes de la quema de combustibles fósiles y los cambios en el uso y la cobertura del suelo (LCC, IPCC 2018).

El Niño Oscilación del Sur (ENOS) cuya fase cálida es El Niño y la fase fría es La Niña, es una alteración del sistema océano-atmósfera en el Pacífico tropical que tiene consecuencias importantes en el clima alrededor del planeta (CIIFEN). La fase cálida del ENOS (El Niño) causa sequías en el margen occidental de Centroamérica, México, la cuenca del Amazonas, el norte de Sudamérica (es decir, Colombia y el noreste de Brasil), mientras que produce un exceso de precipitaciones en la región oriental de Centroamérica y un aumento lluvias de verano en la Cuenca del Paraná y los Andes de Perú, Bolivia y Chile (Capel, 1999). En Colombia, ENOS tiene un fuerte efecto sobre la precipitación, la descarga de los ríos y la humedad del suelo (Puertas & Carvajal, 2008).

Para un desarrollo exitoso de la agricultura del país, la calidad de los suelos es muy importante, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en la descripción del proyecto: 'Integración de riesgos y oportunidades del cambio climático en los procesos nacionales de desarrollo y la programación de país de las Naciones Unidas' mencionó que:

Una buena parte de los agroecosistemas del país son vulnerables al aumento de la aridez, la erosión del suelo, la desertificación y los cambios en el sistema hidrológico. Además, existe un mayor riesgo de inundaciones de cultivos, así como de otros eventos naturales que afectan la producción agrícola (vientos, granizadas, etc.) (PNUD, 2010).

Al no contar con suelos preparados, cuidados y aptos para el desarrollo de la agricultura, la producción de alimentos se pone en riesgo, y la seguridad alimentaria del país, según el DANE:

De acuerdo con los resultados FIES obtenidos de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida de 2022, la prevalencia de inseguridad alimentaria moderada o grave en los hogares del

país fue del 28,1%. Es decir, 28 de cada 100 hogares tuvieron que disminuir la cantidad y calidad de los alimentos consumidos, al menos una vez durante los últimos 12 meses, debido a falta de dinero y otros recursos (Boletín Técnico, DANE, 2023).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, desde hace varios años a causa del cambio climático y fenómenos como el del niño y la niña los suelos de Colombia se pueden ver afectados e ir deteriorándose, se ponen en riesgo las fuentes de agua para los cultivos agrícolas, el desarrollo de las cosechas, y la seguridad alimentaria del país, por eso es que este proyecto busca entender la realidad y problemáticas de los agricultores de hortalizas en el municipio de Boyacá, en aquellas épocas de sequía del año.

**La pregunta de investigación que surge es:** ¿Cómo reducir el deterioro y sequía de los suelos y la escasez de agua durante el fenómeno del niño con ayuda de la automatización para la recolección, almacenamiento y riego de agua, para apoyar y beneficiar a los agricultores de hortalizas del departamento de Boyacá?

## JUSTIFICACIÓN

La implementación de un sistema que optimice la recepción, almacenamiento y riego de hortalizas, reviste una importancia fundamental en la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. En un mundo donde el cambio climático se manifiesta a través de sequías más frecuentes y prolongadas, es esencial garantizar la disponibilidad de alimentos frescos y saludables. La hortaliza es una fuente crucial de nutrientes en la dieta humana, y su producción sostenible en condiciones de sequía es un desafío ineludible.

Al optimizar este sistema, no solo se asegura el suministro constante de hortalizas, sino que también se reducen las pérdidas postcosecha y se conserva el recurso hídrico al utilizar métodos de riego más eficientes. Además, esta optimización puede tener un impacto económico positivo al fomentar la resiliencia de los agricultores y promover la estabilidad en las comunidades rurales. En última instancia, la inversión en la optimización de este sistema es una contribución significativa hacia un futuro más sostenible y equitativo, donde la seguridad alimentaria y la conservación del agua son prioridades cruciales.

Esta investigación y prototipo se centrará en el departamento de Boyacá, una región altamente agrícola en Colombia que se ve afectada de manera significativa por las épocas de sequía. La disminución de las precipitaciones y el cambio climático están poniendo en riesgo la producción de hortalizas, un componente esencial de la dieta local y de la economía agrícola.

Según el boletín agroclimático generado por el IDEAM los excesos de humedad en un cultivo pueden causar la aparición de enfermedades ocasionadas por hongos y bacterias, así mismo como la proliferación de plagas. Es por esta razón que los sistemas tradicionales de riego como por inundación son ineficientes y derrochan grandes cantidades de agua. Un sistema automatizado permite la aplicación precisa de agua, reduciendo el desperdicio y aumentando la eficiencia en la irrigación, lo que a su vez disminuye los costos de producción.

## ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

### **- Intención del producto.**

Muchos cultivos en el departamento de Boyacá necesitan contar con un sistema que permita controlar en épocas de sequía la cantidad de agua, nutrientes y tiempos de riego que se introducen a los cultivos, registrando los datos de un adecuado proceso de plantación y recolección.

El sistema tiene como funcionalidad registrar cualquier operación, anomalía, irregularidad, alteración climática, esto aplica para el ambiente y para el personal que tenga contacto con el mismo. Se inicia el mecanismo con un atrapanieblas para recolectar el agua por medio del rocío, un proceso conocido como condensación, es decir, el vapor de agua atmosférico en el aire se condensa naturalmente en las superficies frías en gotitas de agua líquida, en la naturaleza este fenómeno es más observable en objetos, delgados y planos expuestos como las hojas de las plantas y hojas de hierba.

Después de esta recolección de agua constante, se instala tubería la cual llevará el agua a un tanque de almacenamiento, en este tanque se medirán los índices de nutrientes, calidad del agua, el nivel de ácidos, así como de anomalías; el sistema que tomará todos los datos, dará la información respectiva y activará alarmas, será un tablero eléctrico llamado “HydroSmart” este equipo es una solución práctica, sencilla, compacta y de alta automatización para el manejo de sistemas de presión diferencial, sistemas de aguas negras, lluvias, aguas residuales, eyectores y de elevación, transferencia o impulsión de agua para una o más bombas, reemplazando los tableros tradicionales que se fabrican con protecciones básicas en cajas metálicas.

El tablero en su interior tendrá los respectivos componentes eléctricos para el riego del agua y afuera del mecanismo, los equipos adicionales para la medición climática, medidores de nutrientes y respectivos softwares que recogerán todos los datos, para luego tomar las medidas correspondientes en base a su análisis, dependiendo del cultivo y los datos recopilados por el sistema, este mismo dará las órdenes para el riego, activando su mecanismo para su debida operación.

Adicional se tendrá otro tanque más pequeño que se usará para la mezcla de los minerales y nutrientes líquidos que se le darán al cultivo, este tanque será de materiales específicos, ya que

estos elementos tienen sales que podrían dañar el material y corroerlo, de esta manera cuando se deba hacer la respectiva introducción de los minerales, se mezclará con el agua de riego y llegarán los dos (el agua del almacenamiento y la de los nutrientes) a la respectiva planta.

Los dos tanques, el de almacenaje de agua y el de nutrientes, cada uno llevará una válvula de escape, de esta manera cuando haya cosecha se hará el respectivo lavado de los tanques y se podrá usar para el siguiente cultivo, ya que todos los cultivos no usan los mismos niveles de nutrientes y minerales.

Cuando se activen los sistemas se utilizarán electrobombas, que ayudarán a bombear el agua y hacer el respectivo cultivo, para esta acción se usarían tuberías que, dependiendo del cultivo y el clima al que se esté usando se debe revisar su grosor y material, este transportará el agua hasta la respectiva plantación, se sugiere que el riego se haga en las horas de la tarde o noche, de esta manera la planta abrirá sus poros y se alimentará de forma adecuada.

#### **- Verificación de parámetros de diseño.**

Para la adecuada instalación del producto se tienen que seguir diferentes normativas en cada uno de los materiales que mostraremos a continuación.

**Atrapanieblas:** En la construcción de un atrapanieblas se necesitan diferentes materiales como lo son, dos palos fuertes a ambos lados, una red en medio, un recolector en forma de V debajo, algo inclinado de tal manera que corra el agua y un recipiente para juntar el agua resultante. Las dimensiones de los materiales pueden variar, todo dependerá del tipo de construcción que se realice y la necesidad (Crespo, 2017).

Lo más adecuado es recoger agua colocando una pantalla de tela recogiéndola en la noche; Se sugiere un plástico negro transparente de uso agrícola, con una longitud de dos metros. También se pueden usar de aproximadamente de cuatro a seis pies de largo, dependiendo de la dirección del viento. Es posible que necesite suplementos adicionales en el medio. En este caso, también es necesario hacer canaletas colocadas en el suelo. Esto se puede hacer cortando una sección de tubería de PVC y luego dos ratones. Este se coloca debajo de la tela captadora. Desde el extremo de la cinta también se pueden utilizar tubos de plástico para guiar el agua hacia garrafas vacías o estanques cerrados y refugios que pueden enterrarse (Unam, 2015).

*Fig. 1: Atrapanieblas captadores planos*



*Fig. 2: Atrapanieblas con forma “tienda de campaña”*



*Fig. 3: Atrapanieblas captadores cilíndricos*



*Fig. 4: Atrapanieblas con forma de cometa*



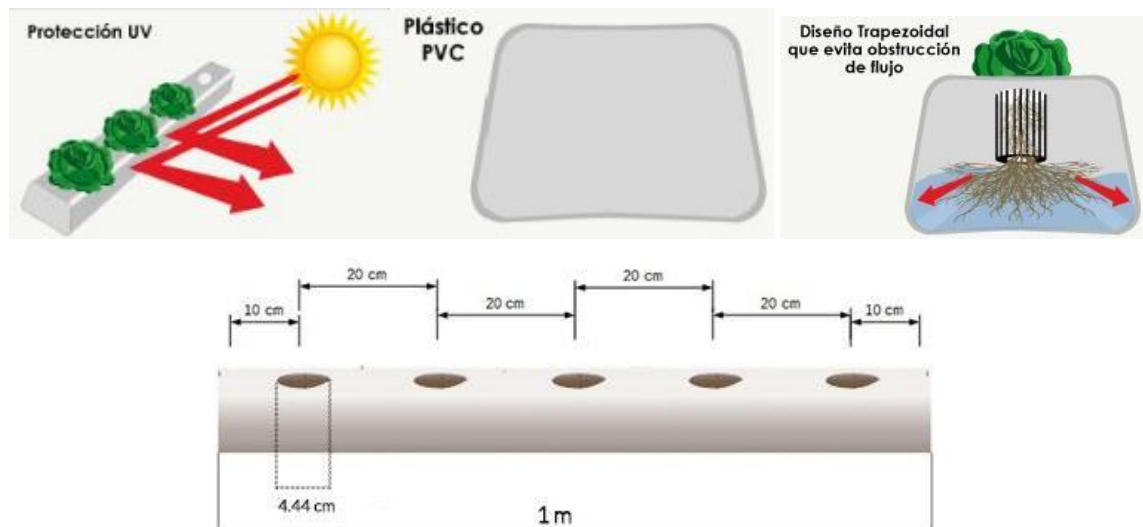
**Tuberías:** Según vemos en el portal Hydro Environment (s.f.), las conducciones empleadas en los cultivos deben ser de PVC (Policloruro de Vinilo) plástico con protección ultravioleta, capaz de resistir por completo la carga de las plantas sin permitir la entrada de radiación UV a las cañerías. Los tubos o conductos hidropónicos se confeccionan con aditivos UV para prevenir la descomposición del material plástico debido a la exposición solar. Su configuración trapezoidal impide que las raíces obstaculicen los conductos de nutrientes, optimizando de esta manera el flujo

de elementos nutritivos. La amplitud de su diseño está concebida para el cultivo de vegetales de tamaño medio, tales como lechuga, espinacas, remolacha, hierbas, entre otros.

Además, nos brinda las siguientes indicaciones:

- i. Las perforaciones de la tubería son de 1 3/4" o a la distancia que se necesite.
- ii. Puede ser tuberías personalizadas, es decir, las perforaciones a la distancia que el cultivo lo necesite.
- iii. Cuenta con perforaciones cada 20 centímetros para mantener una distancia adecuada entre cultivos medianos.

Fig. 5: Representación tubería trapezoidal para cultivos



**Tablero eléctrico:** El agua, como componente esencial de la vida, debe someterse a procesos de tratamiento para garantizar que las personas, los animales, el medio ambiente, los procesos, etc. tengan las cualidades necesarias para mantener el equilibrio entre su uso y su cuidado. Para conseguirlo combina métodos mecánicos, filtración, dosificación, aire, ósmosis inversa y otros métodos para mejorar el tratamiento del agua. Las personas ven necesario almacenar información y gestionarla en cualquier momento, estos procesos resultan ser críticos para la compañía bien sea porque de estos dependen vidas humanas como un hospital; al igual que los bancos, pueden depender de pérdidas en activos productivos, así como las fábricas.

Algunos de estos tableros desarrollan sistemas “Hot & StandBy” para suplir estas necesidades, son tableros que tienen dos CPU de procesamiento de señales que cambian constantemente, actuando

como "espejos" entre sí, si una no cambia, la otra toma el control, evitando así que la información se pierda. Además, un sistema debe monitorear los cambios en la temperatura de un horno, el flujo de la bomba, la potencia del motor, válvulas, presión del sistema hidráulico, niveles de químicos en tanques, etc. y a su vez necesitamos llevarla a centro de control, indicarla en un dispositivo, enviar una alarma, avisar si el equipo requiere intervención o efectuar alguna acción, con estos equipos se desarrollan tableros con la capacidad de recibir estas señales por medio de sensores, procesar dicha información, efectuar una o varias acciones y adicionalmente enviar esta información a diferentes sistemas por medio de la comunicación sin importar la distancia (Automex, 2023a).

*Fig. 6: Tablero "Hot & StandBy"*



*Fig. 7: Tablero para tratamiento de agua*



Fig. 8: Tablero de adquisición de datos



**Motores:** Los equipos de presión diferencial miden la diferencia entre dos presiones. Es adecuados para monitorear la suciedad en filtros, medir el nivel de líquidos en contenedores cerrados, medir alta presión en salas blancas, medir la presión de gaseosos y líquidos para inspecciones de dispositivos de bombas. Para medir la presión diferencial se utilizan diferentes elementos de presión y formas de tubos (elemento de diafragma, elemento de cápsula, tubo de Bourdon, etc.) mbar hasta 0 ...1.000 bar, con una seguridad de sobrecarga muy alta de una y dos caras y también bidireccional de hasta 400 bar. El manómetro también tiene un diafragma que está en contacto con el agua del tanque y se utiliza para medir la presión hidrostática en el fondo del tanque. También se utiliza para medir la afinidad del agua por la densidad, la masa y el volumen (Bombeo Colombia, 2023).

Fig. 9: Sistemas de presión Barnes



Fig. 10: Electrobomba periférica



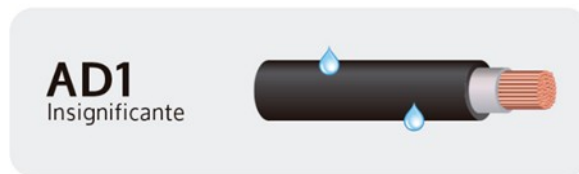
Fig. 11: Equipo hidroneumático



**Cableado:** Este tipo de instalación que requiere resistencia a la intemperie y condiciones adversas como alta humedad o agua, es necesario utilizar cables con protección AD (contra agua) y fabricados según Norma UNE 20460-3:1996, como los suministrados por Top Cables. Este es el estándar para el uso de cables.

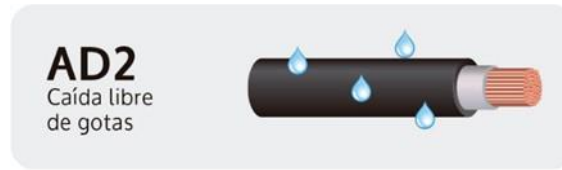
Protección AD1. La probabilidad de presencia en agua es despreciable. Se usan en paredes en las que puede aparecer agua en pequeños periodos, por ejemplo, en forma de vapor, y se seca rápidamente con buena ventilación (Mkt, 2023).

Fig. 12: Cableado protección AD1



Protección AD2: posibilidad de caída vertical de gotas de agua. Se instalan en lugares donde el vapor se condensa ocasionalmente en formas de gotas o cuando hay vapor ocasionalmente.

Fig. 13: Cableado protección AD2



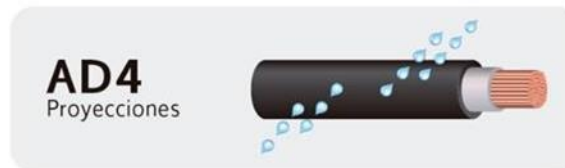
Protección AD3: posibilidad de caída de agua pulverizada en un ángulo superior a 60° con la vertical. Estos cables se usan cuando hay vapor de agua en forma de película continua sobre paredes y suelos.

Fig. 14: Cableado protección AD3



Protección AD4: posibilidad de chorros de agua en todas las direcciones. Se usan en lugares donde el equipo puede estar sujeto a proyecciones de agua, como en algunas luminarias y armarios instalados en el exterior.

Fig. 15: Cableado protección AD4



Protección AD5: posibilidad de chorros de agua en cualquier dirección. Se refiere a localizaciones en las que se usan mangueras regularmente: patios, lavaderos de coches, etc.

Protección AD6: contra el agua en los cables eléctricos – posibilidad de olas de agua. Estos cables son perfectos para instalaciones situadas al borde del mar, como malecones, playas, muelles, etc.

Protección AD7 contra el agua en los cables eléctricos – posibilidad de inundación intermitente, parcial o total por agua. Esta protección se emplea en cables ubicados en instalaciones susceptibles de ser inundadas y/o donde el agua puede alcanzar un máximo de 150 mm sobre el punto más elevado del equipo, la parte más baja del mismo puede estar a más de un metro por debajo del agua.

Protección AD8 contra el agua en los cables eléctricos – posibilidad de inundación de agua de forma permanente y total. Esta es la protección empleada en cables que se instala, por ejemplo, dentro de piscinas, en un lugar completamente cubierto de agua y sometidos a una presión superior a 1 bar.

**Tanques:** Hacen parte de los equipos de riego o distribución de agua y son un sistema de almacenamiento que reserva grandes cantidades de agua para fines específicos. Aunque este dispositivo se utiliza a menudo en diversos campos de la construcción, en la agricultura se utiliza principalmente para almacenar agua potable o agua de lluvia, especialmente en zonas áridas donde el agua no es fácilmente accesible y es difícil encontrar fuentes confiables de agua para el sistema de riego requerida para cada cultivo.

Aunque se han desarrollado diversas tecnologías y herramientas para hacer más eficiente la agricultura, la siembra de semillas se puede hacer en diferentes lugares y en cualquier lugar, el acceso al agua potable es muy importante porque sin ella los cultivos no pueden desarrollarse de manera adecuada. Es necesario hacer los trabajos adecuados o cultivar bajo ciertas condiciones para obtener buenos resultados. La mejor forma de abastecer estos cultivos es utilizar diferentes tanques que tienen diferentes formas dependiendo del tipo de uso que se les dará al estar conectados a la red de suministro de agua. (Agropinos, 2022).

Existen dos tipos de sistemas de almacenamiento de agua: los que aseguran la supervivencia de las fuentes de agua mediante medidas especiales de protección, y los que ayudan a recolectar agua de lluvia o agua de lluvia que puede ser utilizada para otro tipo de plantas (Agrofertas SAS ®, s. f.)

*Fig. 16: Tanque de almacenamiento agua*



Fig. 17: Tanque en fibra de vidrio



**Sistema de riego:** El riego es uno de los procedimientos que permite la distribución eficiente del agua. Hoy en día existen diferentes tipos de riego y, con el avance de las nuevas tecnologías, han hecho que aparezcan nuevas opciones y cada vez más sofisticadas.

Se trata de crear un sistema que sea inclusivo y que respete tanto a la sociedad y a los colectivos como al ecosistema natural en el que se implanta. Son estos los valores y principios que propugna la filosofía de la permacultura, sistema que se ha utilizado también para otras áreas como el diseño ambiental, construcción o ingeniería ecológica, entre otros. A continuación, se explica cuáles son los tipos de sistema riego más usados en la agricultura, las características que tienen y cuáles se deben escoger para cada caso o situación. (Fundación Aquae, 2022)

**Aspersión:** La función de un aspersor es lanzar el agua desde un punto hasta otro, logrando así humedecer una zona. Se suele estudiar el área que se necesita regar y, mediante la combinación de varios aspersores, se consigue regar evitando zonas muertas. La fuerza con la que este tipo de riego expulsa el agua se mide en presión por centímetro cuadrado (Fundación Aquae, 2022).

**Goteo:** También se le denomina riego gota a gota. Esta clase de riego es utilizada en zonas en las que el agua escasea y optimiza ese recurso de una manera considerable. La idea de funcionamiento es distribuir el agua a través de goteros, que humedecerán la zona de las raíces de cada una de las plantas (Fundación Aquae, 2022b).

**Exudación:** Para esta forma de riego se utiliza una manguera porosa de la que sale continuamente una pequeña cantidad de agua, que se reparte uniformemente y que es capaz también de esponjar la tierra. El agua sale por toda la longitud de la manguera y esta se suele enterrar más o menos a unos 10 centímetros del suelo. De este modo queda oculta y además libera el agua más cerca de

las raíces de las plantas, que es donde más hace falta. Esto significa que habrá que usar menos agua, puesto que ya se humedece la zona necesaria (Fundación Aquae, 2022b).

*Fig. 18: Riego por aspersión*



*Fig. 19: Riego por goteo*



*Fig. 20: Riego por exudación*



## MARCO DE REFERENCIA

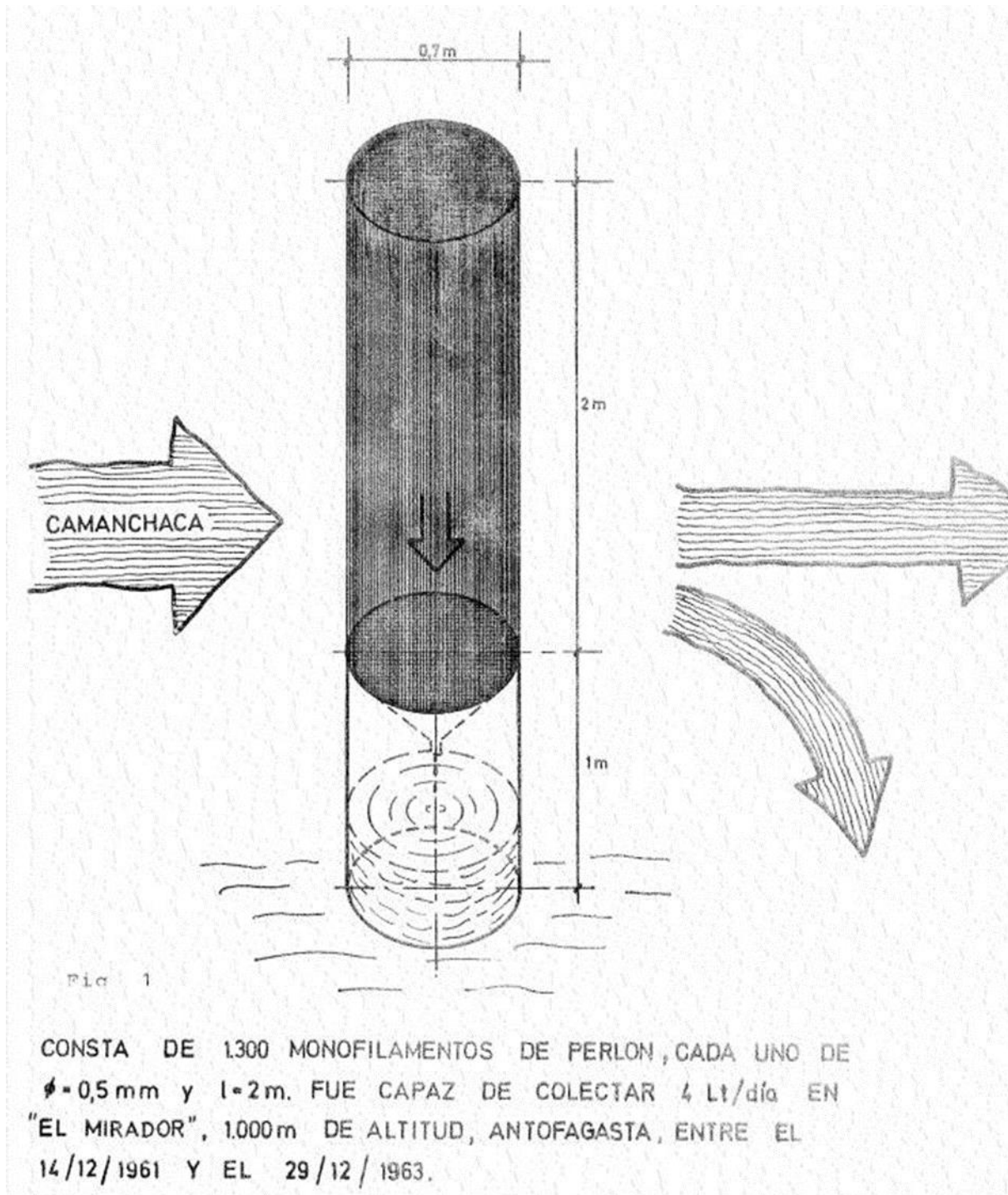
### Atrapanieblas

1.1 Historia: Uno de los registros más antiguos sobre esta tecnología define el atrapanieblas como “un artefacto ideado para captar agua de la niebla mediante hilos verticales de perlón” (Espinosa, C., 1977), el cual fue sometido a pruebas en el Desierto de Atacama, en Chile. En sus apuntes, Carlos nos indica que, desde antes de la colonización española, los indígenas aborígenes ya aprovechaban de alguna manera el agua de las nieblas para proveer los huertos (o Chácara, como les llamaban nativamente), esto bajo raíces etimológicas como Chaca lo cual se asociaba al riego y que pudo continuar para el nombre de varios de sus pueblos, como Pampa Chaca, o Chacalluta, aludiendo a la cercanía que tenía la zona con el río Lluta.

Por la década de los 60 se venía trabajando en la idea de desalinización de agua marina por algo que llamaban Camanchaca, cuyo proceso era por destilación solar, y fue bajo la intención de atrapar estas aguas destiladas que se germinan las ideas iniciales de un atrapanieblas, haciendo uso de materiales que recién incursionaban en el mercado como el nylon o el perlón. Una de las primeras patentes lo describía como “un aparato destinado a captar agua contenida en las nieblas o camanchacas” y cuyos derechos fueron cedidos a la Universidad del Norte en el año 1963 (Espinosa, C., 1977).

1.2 Modelos: La geometría para el primero de los atrapanieblas indicados contaba de 1300 monofilamentos en posición vertical, de 2 m de longitud y 0.5 mm de diámetro, y separados entre ellos por una distancia de alrededor 1.5 cm.

Fig. 21: Atrapanieblas propuesto por Carlos Espinosa



Vemos que los hilos se formaban en espacio cilíndrico y la estructura se posaba a 1 m del suelo descansando sobre un tambor receptor de 220 L. Este tambor tenía una tapa cónica metálica

para evitar la entrada de luz solar y así evitar la proliferación de algas, lo mismo puede evitar la evaporación de la misma agua acumulada.

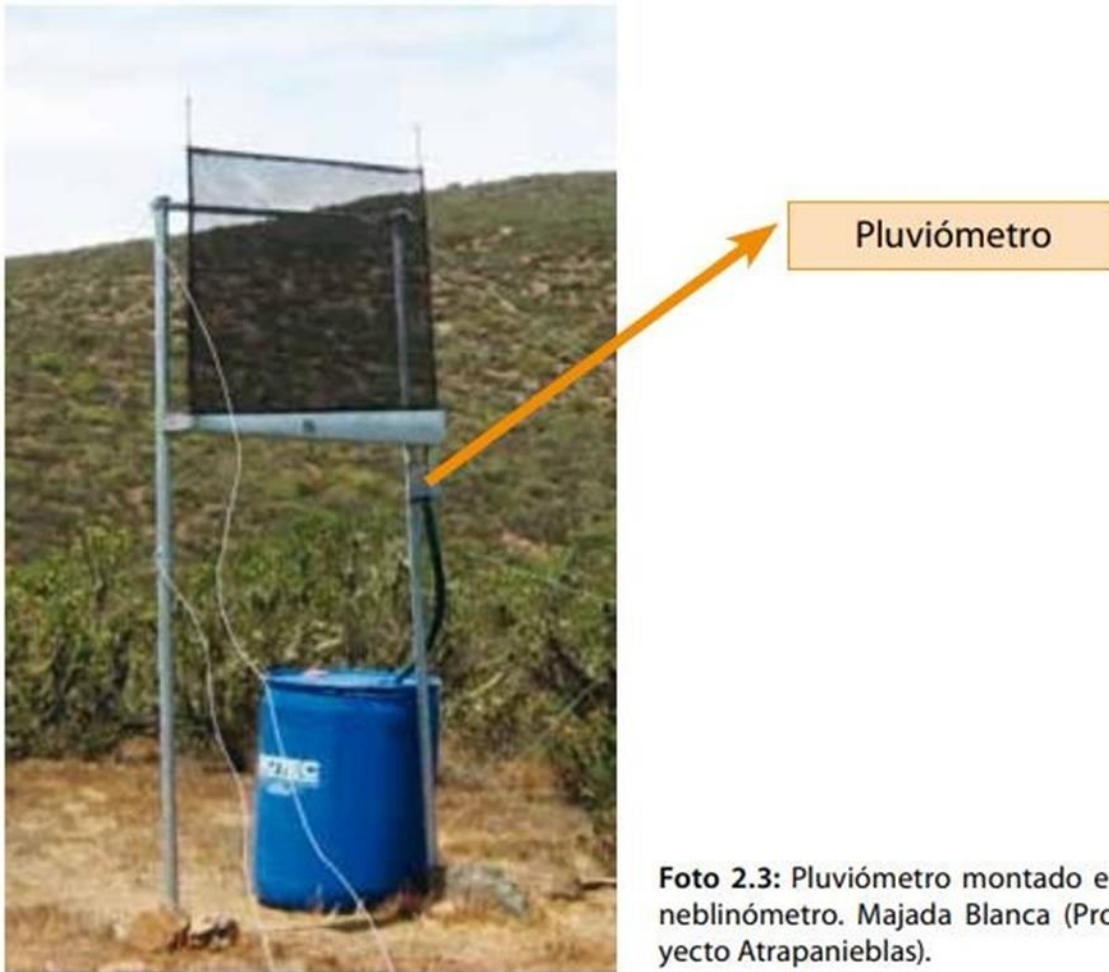
Esta es la estructura fundamental sobre la cual se desarrollarían mejoras en las décadas siguientes. En este siguiente modelo, vemos una estructura cuadrada en la cual se usa malla alrededor para que el agua quede atrapada entre sus aberturas y destile ayudada por la gravedad hacia el contenedor (Cruz et. Coral, s.f.).

*Fig. 22: Atrapaniebla rústico cúbico*



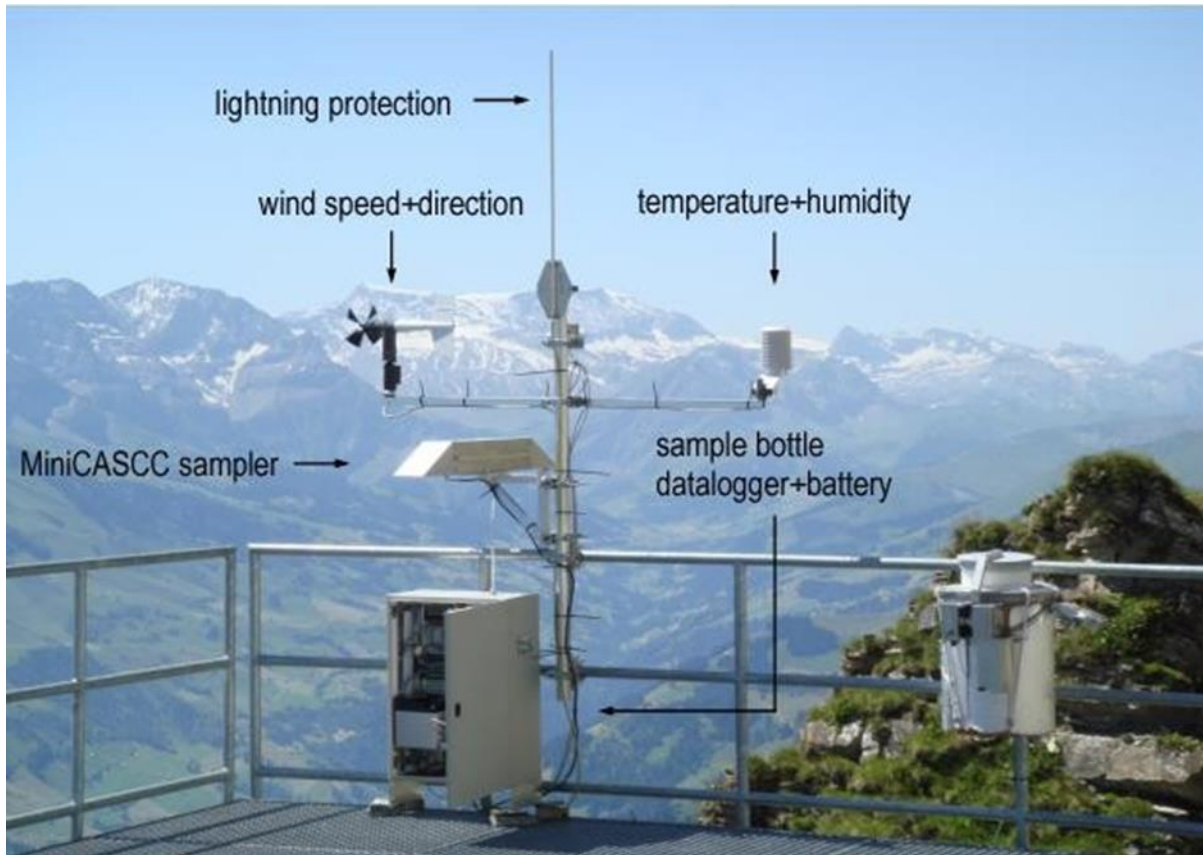
Luego bien, con el advenimiento de chips, microprocesadores y sensores, tenemos manera de medir con precisión y adaptar a los distintos cambios en terrenos, clima, temperatura que puedan ocurrir. Están, por ejemplo, los anemómetros, una especie de veleta que sirve para medir la velocidad del viento (y en consecuencia, de la niebla); los neblinómetros que sirven para comparar el rendimiento de las distintas mallas (De Dios Rivera, J., s.f.) según sus características como material, disposición, o distancia interna del entre mallado; de igual manera, podemos hacer uso del pluviómetro, los cuales verifican el volumen de agua capturado en el bidón, así como también son usados para la medición de la lluvia.

Fig. 23: Atrapanieblas con pluviómetro y neblinómetro



Entre otros modelos podemos encontrar los *Caltech Active Strand Cloudwater Collectors*, o CASCC. Construidos por Daube et al., y modificado después por Munger (Umaña, G., 2015). En la siguiente imagen vemos un modelo MiniCASCC montado en Niesen Kulm, a 2330 m sobre el nivel del mar, el cual cuenta con anemómetro, termómetro, barra de protección contra rayos, y la unidad colectora de agua.

Fig. 24: Atrapaniebla MiniCASCC



## Afectación climática en Colombia

El cambio climático está afectando de manera alarmante la agricultura a nivel mundial, causando pérdida de campos y desestabilizando la seguridad alimentaria (Belmin et al., 2023). Colombia particularmente por su geografía es vulnerable a algunos fenómenos climáticos, contra los cuales es necesario tomar medidas para evitar estragos en términos de conservación de cosechas.

En 2014, Minagricultura en esfuerzo conjunto con el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, trabajaron para hacerle frente al cambio climático, con el objetivo de “generar herramientas para apoyar la gestión del riesgo agroclimático, cerrar brechas productivas, probar nuevos materiales genéticos y buscar mecanismos para el uso eficiente de los recursos naturales” (Minagricultura destaca trabajo conjunto con el CIAT para hacerle frente al cambio climático, s. f.).

2.1 El Niño: “Es un fenómeno natural de variabilidad climática, que se desarrolla en el océano Pacífico tropical e influye en el clima del país, está asociado con una disminución de las lluvias en

relación con el promedio histórico mensual y aumento de las temperaturas del aire, especialmente en las regiones Caribe y Andina.” (Fenómeno de El Niño en Colombia, s. f.).

Este fenómeno repercute en temas agropecuarios afectando varios sectores agropecuarios, por ejemplo, disminuyendo el caudal de los ríos (que conlleva a racionamientos de agua tanto para riego de cultivos, como para consumo humano o animal), aumentando el riesgo de incendios forestales, y alterando el nivel de producción de cultivos. Por parte del Ministerio de Agricultura colombiano, se ha establecido un plan de contingencia para la temporada en que los campesinos puedan verse perjudicados por este fenómeno, brindando información pertinente y ofreciendo incentivos económicos para cada una de las tres etapas del antes, durante y después, las cuales denominan “Prevención, Atención, y Recuperación”. Por ejemplo, para el caso de las hortalizas y aromáticas, las recomendaciones que nos brinda son las siguientes:

- Realice labores de riego y cosecha temprano en la mañana o en horas de la tarde, evitando exponer el producto a la alta radiación solar.
- Establezca huertas caseras por cuanto permite un mejor manejo de los semilleros y un mejor aprovechamiento del agua.
- Haga programación del riego y realícelo en las primeras horas de la mañana o en las últimas horas de la tarde.

Tomado de <https://www.minagricultura.gov.co/atentos-clima/Paginas/default.asp>

2.2 La Niña: Fenómeno perteneciente por igual a los eventos ENOS, es la fase opuesta a la anterior nombrada. Es decir, se demarca por temperaturas más frías de lo normal a nivel del mar en las zonas centrales y del este pacífico, estos cambios llevan a constantes lluvias, inundaciones, y ciclones tropicales en ciertas áreas de la región.

Lopes et al. (2022) realizaron estudios sobre las afectaciones del fenómeno La Niña en América del Sur durante periodos de dos años consecutivos, entre 1901 y 2012. Observaron que los patrones de precipitación en América del Sur durante estos periodos se ven influenciados por diferentes condiciones oceánicas tropicales, dentro de lo que destacan diferencias en las temperaturas de la superficie del mar en el océano Índico y el Atlántico tropical, lo que provoca variaciones en las

precipitaciones en la región. Además, señalan que las condiciones de sequía o lluvia intensa en el sur de Brasil y Colombia durante el segundo año consecutivo pueden tener efectos más severos en el ciclo hidrológico regional que en el primero. Aseveran que predecir la duración precisa de La Niña es fundamental para la situación de monitoreo climático.

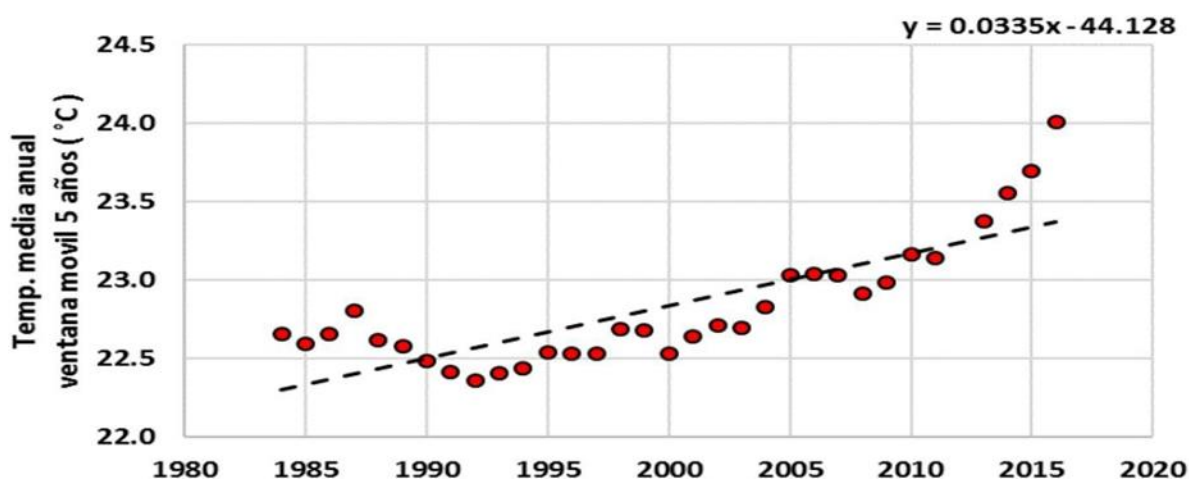
### Repercusiones a la agricultura en Colombia

Bernal et al. (2023), hacen énfasis en que la vulnerabilidad al cambio climático varía según las condiciones locales, y que los países en desarrollo —en particular aquellos que dependen de la agricultura—, son los más vulnerables, causando impactos negativos como daños a la propiedad, pérdida de cultivos, costos de seguridad social, desempleo y más.

La agricultura es especialmente sensible a las cambiantes condiciones climáticas, incluyendo el aumento de las temperaturas, patrones de lluvia alterados e incremento de sequías e inundaciones, que amenazan los rendimientos de los cultivos. En Colombia, donde la agricultura es una parte significativa de la economía, el cambio climático representa un riesgo para la productividad agrícola. Más del 39.9% de la población rural de Colombia vive en pobreza multidimensional (Bernal et al., 2023), lo que aumenta aún más su vulnerabilidad a la variabilidad climática. Aunado a esto, las áreas rurales a menudo tienen un limitado apoyo estatal, lo que dificulta que los pequeños agricultores mejoren sus medios de vida y se adapten al cambio climático.

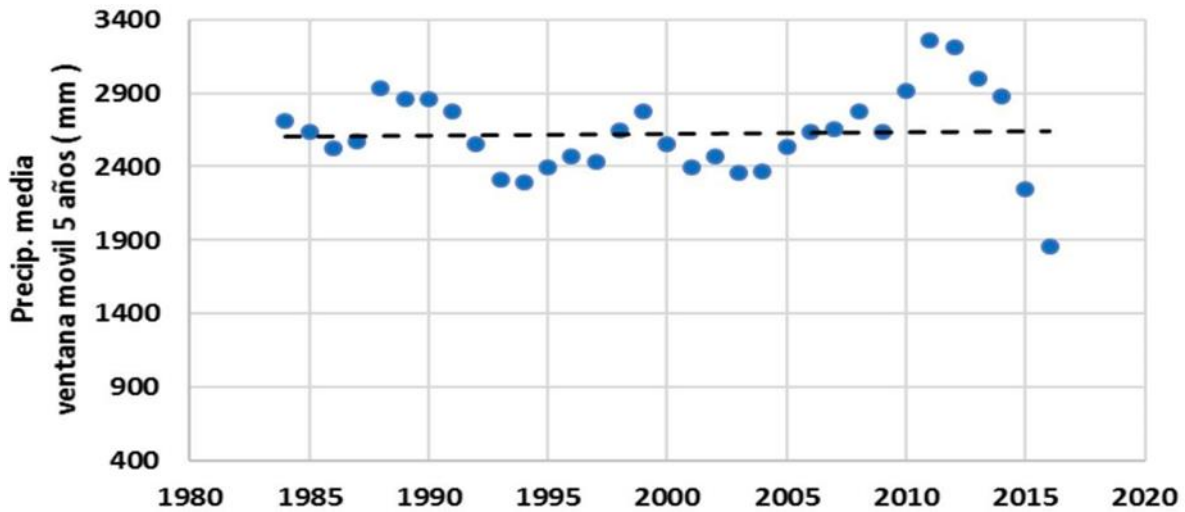
3.1 Estadísticas: Entre 1982 y 2018, la temperatura promedio en Colombia creció en 0.0335°C de manera anual (De Jesús Núñez Rodríguez et al., 2021), como se dibuja en la siguiente gráfica:

Fig. 25: Tendencia de temperatura promedio anual



Complementando lo anterior, tenemos las cantidades promedio de lluvia:

Fig. 26: Tendencia de lluvia promedio anual



El primer gráfico de dispersión muestra una tendencia directa o positiva de las variables de tiempo y temperatura, con aumentos significativos en la temperatura promedio a lo largo de los 36 años de registro. Por otro lado, el segundo gráfico de dispersión y la línea de tendencia punteada no muestran tendencias de asociación entre el clima y la lluvia, es decir, no hay cambios significativos en la cantidad de lluvia durante el mismo periodo.

A pesar de esto, los granjeros y campesinos tienen una percepción fuerte de que las temporadas de lluvia sí han experimentado grandes cambios (De Jesús Núñez Rodríguez et al., 2021) lo que, sumado con el incremento de temperatura y tiempos de sequías, ha impactado su producción agrícola, recursos hídricos, preservación del suelo, y responsabilidades frente al trabajo y frente a sus familias. El aumento de temperatura coincide con los escenarios de cambio climático proyectados para Colombia hasta el 20100, analizados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2012), y el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (2014), los cuales estiman que habrá un aumento promedio en temperatura de 2.1°C y una caída de entre el 10% y el 30% de las lluvias promedio anual para finales de este siglo.

El fenómeno de El Niño en su fase cálida provoca sequías recurrentes con aumentos de temperatura, olas de calor y disminución de la lluvia, lo que afecta negativamente a los cultivos. Las variaciones climáticas tienen efectos negativos en la agricultura, incluyendo la disminución de la fertilidad y la cobertura del suelo, así como la infestación de plagas y enfermedades.

Aumentos de temperatura de 1°C tienen impactos perjudiciales en los cultivos, especialmente en la producción de café. El fenómeno de La Niña ha contribuido a la pérdida de fertilidad del suelo, deslizamientos de tierra y anegamiento de tierras planas. La vulnerabilidad de los suelos a eventos extremos, como sequías y lluvias intensas, afecta la cobertura vegetal, la fertilidad natural, la erosión y la calidad de las tierras fértiles.

*Tabla 1: Implicaciones del cambio climático en la agricultura colombiana*

<b>Impactos</b>	<b>Representaciones de los agricultores</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Efectos en la producción de cultivos	Disminución en la producción	51.4
Efectos en la producción ganadera	Disminución en el pastizal	51.0
	Disminución en la producción animal	42.0
Efectos de las sequías	Pérdida de fertilidad del suelo	67.4
	Erosión del suelo	36.1
	Incendios de vegetación	7.4
Efectos de las inundaciones	Deslizamiento de tierra	51.4
	Encharcamiento de los suelos	30.6
	Lavado de la fertilidad del suelo	20.8
Ataque de plagas y enfermedades	Alta incidencia del gorgojo del grano de café	80.0
	Daño causado por la roya del café	40.0
Efectos en la calidad de los cultivos	Disminución en la calidad del producto	70.1

En la anterior tabla, De Jesús Núñez Rodríguez et al., (2021) nos comparte que la repetición de sequías prolongadas, vinculadas al fenómeno de El Niño, ha provocado una disminución significativa en la fertilidad del suelo (67.4%) y la erosión del suelo (36.1%). Esto respalda la hipótesis de que existe una diferencia en los promedios en lugar de la hipótesis nula. Además, el estudio revela una reducción en la cantidad de días de lluvia y un aumento en la intensidad de la precipitación en la región, lo que confirma las preocupaciones de los agricultores.

El aumento en la infestación y agresividad de plagas y enfermedades en los cultivos, especialmente en el café a bajas altitudes, se atribuye a condiciones climáticas que favorecen la reproducción de estas plagas. Esto ha resultado en una disminución tanto en la calidad como en la cantidad de la producción agrícola. Se ha encontrado una relación directa entre el aumento de la temperatura y la proliferación de plagas. Los agricultores informan que el 70.1% de sus productos cosechados han empeorado debido al cambio climático, en contraste con el 5.6% que ha experimentado mejoras y el 24.3% que ha mantenido la calidad de sus cultivos. Esto confirma la significativa relación entre la pérdida de calidad de los productos agrícolas y el cambio climático.

*Tabla 2: Impactos medioambientales del cambio climático*

<b>Impactos</b>	<b>Representaciones de los agricultores</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Reducción de los recursos hídricos	Disminución en los flujos de fuentes de agua	80.6
	Disminución en la cantidad de agua que llega a la finca	61.0
	Mejora en la calidad del agua potable	50.0
Cambios en los patrones de lluvia	Variaciones en la intensidad de las precipitaciones	82.0
	Variaciones en el régimen de lluvias bimodales	79.0
Efectos en la biodiversidad local	Extinción de especies de flora y fauna silvestres	65.3
	Migración de nuevas especies de flora y fauna	47.0

Los agricultores en las comunidades estudiadas muestran una creciente preocupación por la disminución de los recursos hídricos y la biodiversidad. Según las encuestas realizadas (De Jesús Núñez Rodríguez et al., 2021), el 81% de los agricultores informa una disminución en el caudal de las fuentes de agua, y muchas de ellas se han secado. Esto ha llevado a una disminución en la cantidad de agua disponible para sus cultivos (61%) y a un deterioro en la calidad del agua para consumo humano (50%), especialmente en épocas de sequías y lluvias intensas. La disminución en el suministro de agua se relaciona con patrones de lluvia en las comunidades rurales. La

intensidad de las lluvias ha variado a lo largo del tiempo, con episodios de alta precipitación en cortos periodos que causan daños a los cultivos y la infraestructura de apoyo. Esto ha afectado la planificación y el desarrollo histórico de las actividades agrícolas.

Asimismo, estudios relacionados indican que la disponibilidad reducida de agua en la agricultura afecta más al crecimiento de los cultivos que las olas de calor, causando sequías fisiológicas en las plantas y afectando los sistemas ecológicos debido a cambios en la precipitación y en las pérdidas de agua. Los recursos hídricos son un factor limitante en la producción agrícola en escenarios de cambio climático.

En épocas de sequías severas, las reservas y la disponibilidad de agua dulce disminuyen, lo que afecta a los cultivos de secano (tierra de labor que no tiene riego, y solo participa del agua llovediza) de manera significativa debido a su dependencia exclusiva de la temporada de lluvias. Por otro lado, durante el fenómeno La Niña, las lluvias intensas causan daños a los cultivos debido al encharcamiento del suelo, la presencia de plagas, enfermedades y malezas, lo que obstaculiza las prácticas agronómicas. Por lo tanto, los extremos de sequía y lluvia provocan grandes pérdidas en la agricultura en países vulnerables a la variabilidad climática.

*Tabla 3: Efectos del cambio climático en el entorno familiar social*

<b>Impactos</b>	<b>Representaciones de los agricultores</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Seguridad alimentaria	Disminución en el suministro de alimentos	59
	Baja calidad de los alimentos	78
Comodidad familiar	Calor, plagas y escasez de agua	88
	Incidencia de enfermedades	81

Por último, resaltamos la tabla de afectaciones directas a las comunidades y familias. La provisión segura y de calidad de alimentos para las familias agrícolas se vuelve evidente durante períodos de sequía prolongada o lluvias intensas, ya que las existencias de productos cosechados se reducen, y los mercados locales se vuelven más costosos debido a la disminución en la oferta de productos frescos o procesados. En este sentido, el 59% de los agricultores considera que la cantidad de alimentos que llega a sus mesas ha disminuido o tiene una calidad inferior (79%) debido a tamaños pequeños, quemaduras solares, menor peso, daños causados por plagas y enfermedades, o pérdida

de las características organolépticas de los productos, especialmente aquellas relacionadas con el color y el sabor.

En la agricultura dependiente de las condiciones ambientales, el suministro de alimentos está sujeto a la variabilidad climática, por lo que una drástica disminución en las lluvias aumentaría los indicadores de pobreza alimentaria de la población, afectando la cadena de suministro de alimentos suficientes, saludables y nutritivos. En consecuencia, la seguridad alimentaria está sujeta a la exposición de las personas y los procesos de producción a problemas ambientales, haciéndolos vulnerables a la oferta y la demanda del mercado, con mayores implicaciones en regiones pobres del mundo.

Además, el bienestar de las familias agrícolas en sus hogares se ha visto afectado en tiempos recientes por olas de calor, la presencia de plagas, la escasez de agua potable y la incidencia de enfermedades. Entre estos factores, el 67.4% de los encuestados mencionaron la presencia de muchas plagas, el 41% indicó que el calor se ha intensificado y es una molestia para dormir, y el 16% dijo que no hay suficiente agua para bañarse.

Otro factor en el confort familiar asociado a los efectos del cambio climático es la incidencia de enfermedades que afectan a los miembros de la familia, resultado de condiciones de temperatura propicias para la reproducción de vectores, la escasez de agua o la acumulación. Entre las enfermedades destacadas por los agricultores se encuentran altas tasas de diarrea (66.7%), dengue (43.1%), zika (34%), chikunguña (40.3%) y alergias en general (27.1%). Otras enfermedades tienen una baja incidencia, pero generan incomodidad en los miembros del grupo familiar, como ataques de piojos (23.7%), garrapatas (13.2%) y sarna (16.7%).

La salud humana es una de las dimensiones más vulnerables al cambio climático. La ocurrencia de alteraciones en la temperatura, la humedad, la lluvia y la estacionalidad son factores determinantes en la reproducción de plagas y la transmisión de enfermedades infecciosas (Waits et al., 2018; Tjaden et al., 2017, como se ve en De Jesús Núñez Rodríguez et al., 2021), aumentando su reproducción y, por lo tanto, la incidencia de enfermedades virales y multiplicando exponencialmente los problemas de salud en poblaciones vulnerables.

### **Cultivo de hortalizas en Boyacá**

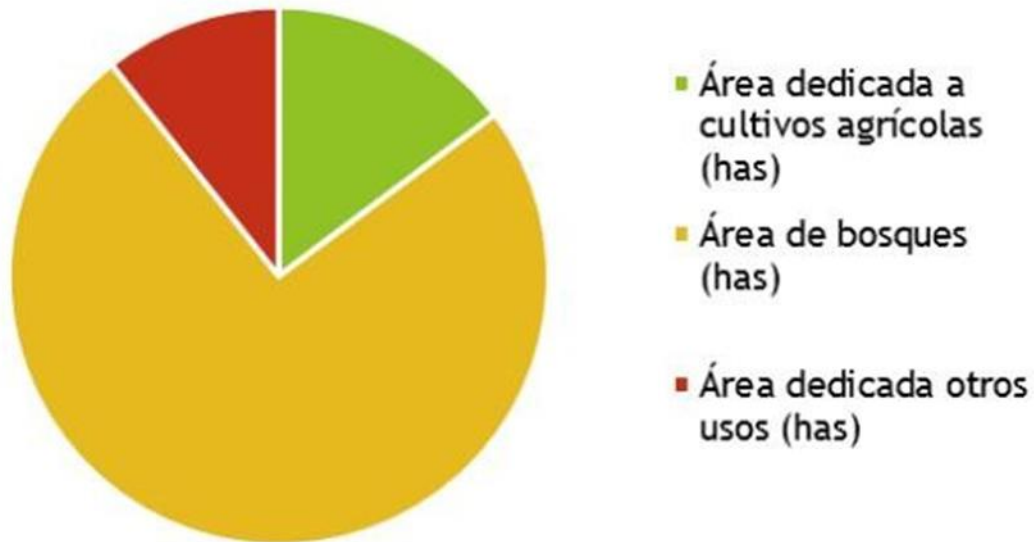
4.1 Generalidades: El departamento de Boyacá está ubicado en la zona centro-oriental de Colombia, y es atravesado por la Cordillera Oriental de sur a norte, lo cual le otorga una variabilidad de pisos térmicos. Cerca del 48.7% de su población vive en territorio rural (DANE, 2016, según se ve en Plan Departamental de Extensión Agropecuaria – PDEA para la Gobernación de Boyacá, 2019), y se caracteriza por contar con dos periodos pluviales, el primero abarcando los meses de abril a junio, mientras que el segundo va de octubre a noviembre; el resto del año se considera periodo seco, aunque pueda tener una que otra lluvia ocasional.

De las 2.277.667 hectáreas de suelo rural en todo su territorio, el 67% (1.542.268 ha) está habilitado para uso agropecuario. De allí se desprenden 307.793 ha para área agrícola, y de este último, el 82%, es decir, 265.469 ha, están dedicados a cultivos. Respecto a fuerza laboral, Boyacá tiene el 5.4% del total nacional (DANE, 2016) con 371.992 productores censados en el área rural dispersa.

Un recurso fundamental para el desarrollo del departamento han sido sus fuentes hídricas, ya que cuenta con 297.465 ha de cuencas hidrográficas, lo que lo posiciona en un bajo índice de vulnerabilidad hídrica en mayor parte de su territorio (63%). Sin embargo, para las zonas cuya vulnerabilidad es catalogada como media (27%) o alta (10%), es fundamental implementar y acatar medidas políticas sobre el buen manejo y uso apropiado de este recurso.

Fig. 27: Vocación del territorio de Boyacá

Gráfica 2. Vocación del territorio en Boyacá



Fuente: (IGAC – SIGOT, 2014)

Tomado de

<https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Documents/PDEA%20Aprobados/PDEA%20Boyac%C3%A1.pdf>

Actualmente, en el departamento se han consolidado 15 cadenas productivas, de las cuales 9 son agrícolas, 5 pecuarias y 1 forestal. Entre las agrícolas, y enfocada al objeto de este estudio, encontramos para las hortalizas:

Tabla 4: Generalidades cadena productiva de hortalizas

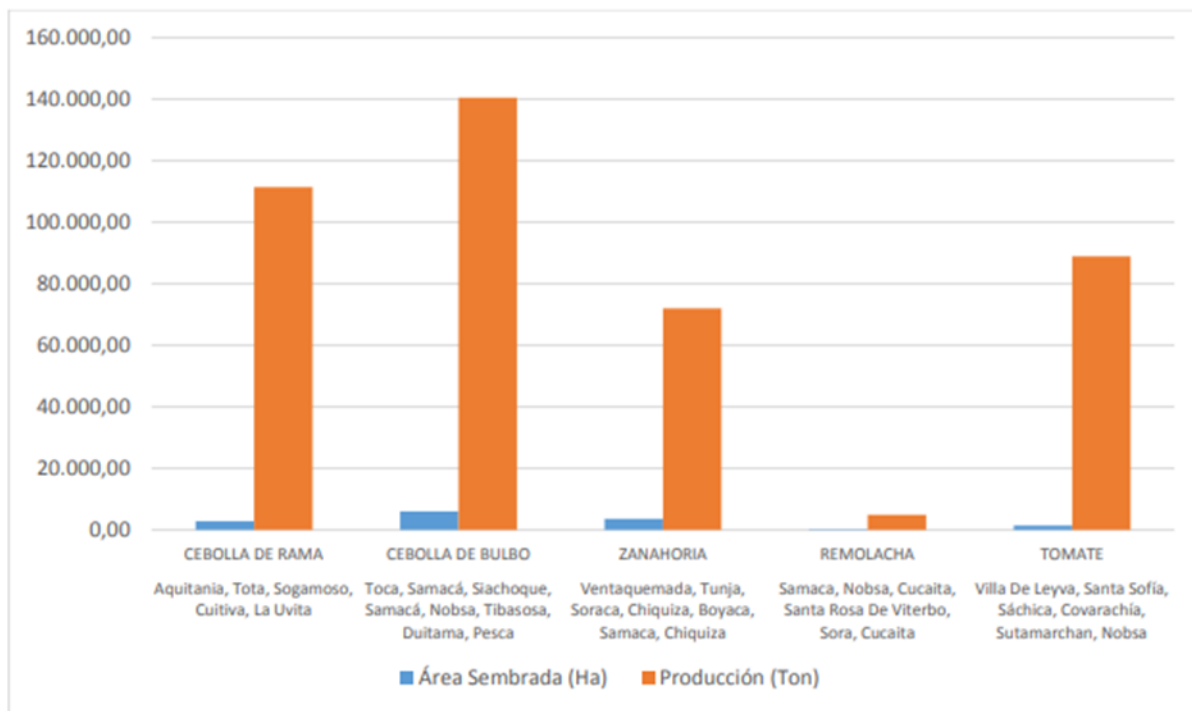
Cadenas Productivas	Principales municipios productores	Área sembrada (ha)	Producción (t)	# asociaciones
Cadena productiva de hortalizas	Aquitania, Ventaquemada, Toca, Samacá, Siachoque, Tunja, Nobsa, Tibasosa, Duitama	14.908,17	431.696,314	27

En Colombia, se cultivan alrededor de 30 productos hortícolas para el mercado interno, con la oferta siendo influenciada por decisiones a corto plazo de agricultores relacionadas con precios, abastecimiento y salud de los cultivos. La producción se realiza en pequeñas extensiones de 1 a 2

hectáreas y se centra en unas 42 especies que se adaptan a diferentes climas del país. En 2004, se sembraron 119,500 hectáreas y se obtuvieron 1,350,000 toneladas de producción (Vallejo, 2007, según se ve en Plan Departamental de Extensión Agropecuaria [Gobernación de Boyacá], 2019). Los productores son en su mayoría minifundistas con bajos insumos y alta mano de obra familiar, y los sistemas productivos son poco tecnológicos. En 2009, las principales hortalizas producidas fueron el tomate, la cebolla cabezona, la zanahoria, la cebolla larga y el repollo, que representaron el 77% de la producción total. En 2016, se sembraron 220,773 hectáreas de hortalizas, verduras y legumbres, con la arveja siendo un cultivo destacado. Los departamentos de Boyacá, Norte de Santander y Santander son los principales productores a nivel nacional, con Boyacá destacando en remolacha y calabacín, y ocupando el tercer y cuarto lugar en zanahorias y tomates a campo abierto e invernadero. Estos datos se basan en cifras reportadas en Agronet, 2017.

Fig. 28: Producción de hortalizas en Boyacá 2018

Gráfica 8. Producción-Hortaliza-Boyacá-2018



Fuente: EVAS 2018

Tomado de

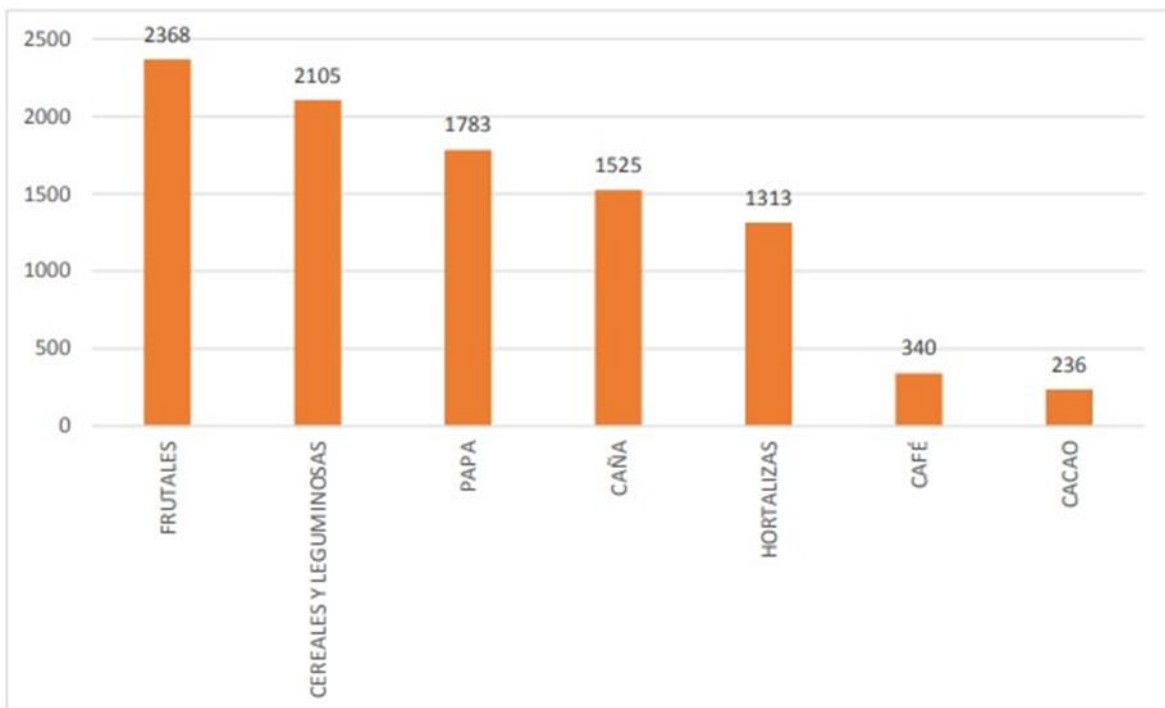
<https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Documents/PDEA's%20Aprobados/PDEA%20Boyac%C3%A1.pdf>

Vemos que la cadena de hortalizas ocupa un total de 14.908 ha, siendo la cebolla de bulbo (o cabezona) la que más se siembra, seguida por la cebolla de rama, zanahoria, tomate y remolacha. Aunque no se vean representadas en la gráfica, son de igual importancia para el departamento la cosecha de habichuela, calabacín, lechuga, entre otras.

Para 2019, hubo 1313 usuarios registrados cuya principal cadena agrícola era la siembra de hortalizas, en los municipios de Chitaraque, Villa de Leiva, Sutamarchán, Sáchica, Moniquirá, Tinjacá, Ráquira, Santa Sofía y Samacá.

Fig. 29: Líneas productivas priorizadas en la cadena agrícola

**Gráfica 22. Líneas productivas priorizadas en la cadena agrícola y número de usuarios registrados**



Elaboración propia  
Fuente: RUEA, 2019

Tomado de

<https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Documents/PDEA's%20Aprobados/PDEA%20Boyac%C3%A1.pdf>

## ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

La ingeniería desempeña un papel fundamental en la optimización de procesos de cultivo de hortalizas, ya que puede aplicar principios y técnicas para mejorar la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad de la agricultura.

En primera medida se implementará un sistema de riego por microaspersión. Estos sistemas son más precisos y eficientes en el uso del agua, reduciendo el desperdicio y maximizando la absorción de agua por las plantas. Para obtener un buen desarrollo del proyecto se aplicarán los siguientes factores:

Se utilizarán sensores de humedad del suelo y climáticos que permitan monitorear las condiciones en tiempo real, esto permite ajustar el riego de manera automática y precisa según las necesidades de las plantas, evitando el exceso o la falta de agua en el cultivo. Luego se procederá a diseñar un sistema de recolección de agua lluvia para utilizarla en el riego, para esto se utilizarán techos inclinados junto con canalones que permitan recoger y dirigir el agua lluvia a los tanques de almacenamiento. En el marco de un proyecto centrado en todo el proceso que lleva el cultivo de las hortalizas, es crucial identificar los posibles obstáculos o limitaciones que podrían afectar el éxito de estas actividades en la región.

### **Restricciones económicas:**

- La inversión inicial requerida para mejorar el almacenamiento y el sistema de riego puede ser alta. Esto puede ser una restricción, especialmente para agricultores o empresas con recursos financieros limitados.
- Fluctuaciones en los precios de los productos agrícolas pueden influir en la rentabilidad y la viabilidad económica de las prácticas de almacenamiento.
- Puede causar incremento de su valor en el mercado.

### **Restricciones ambientales:**

- En épocas de sequía, la escasez de agua puede ser un desafío significativo. Dependiendo de la fuente de agua utilizada para el riego, puede haber restricciones en la cantidad de agua disponible para el proyecto.

- La calidad del agua utilizada para el riego es crítica; la presencia de contaminantes podría afectar tanto el crecimiento de las hortalizas como la eficacia del almacenamiento.
- Las variaciones climáticas pueden aumentar la frecuencia y severidad de las sequías, lo que afecta la planificación a largo plazo del proyecto.

#### **Restricciones legales:**

- Las actividades agrícolas, incluido el riego, pueden estar sujetas a regulaciones ambientales que limitan ciertas prácticas como, por ejemplo: Resolución 000132 de 2021 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Para el uso y aprovechamiento del recurso hídrico, todo usuario requiere tramitar un permiso de concesión ante la autoridad ambiental competente. Las disposiciones para el Uso y Aprovechamiento del Agua están establecidas en el Decreto 1076 de 2015 del Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

#### **Restricciones socioculturales:**

- La aceptación de nuevas tecnologías y prácticas agrícolas por parte de la comunidad. La falta de conciencia o resistencia a los cambios puede ser una restricción.
- La distribución desigual de recursos y acceso a servicios puede limitar la capacidad de algunos agricultores para participar en el proyecto.

## SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En el proyecto se creará un caso hipotético y simulado de un cultivo implementando el sistema automatizado; se usará un terreno ubicado en el departamento de Boyacá, Municipio de Nuevo Colon, finca “Santa clara”. El terreno del predio es arcilloso, con zonas aledañas como Ventaquemada, turmequé y Jenesano, entre otros, que se encuentran en un piso térmico frío, un piso bioclimático de páramo, y posee precipitaciones que se van ampliando a lo largo de toda la primera parte del año hasta alcanzar su mayor intensidad en los meses de mayo, junio y julio que pueden ir hasta los 128 mm y disminuyendo paulatinamente en la otra parte del año. Mostrando que los meses con los niveles más bajos de precipitación corresponden a los meses de diciembre, enero y febrero con valores que pueden llegar a los 20 mm, los cuales no alcanzan a satisfacer las necesidades para las actividades agropecuarias (ESAP, s. f.).

*Fig. 30: Mapa Colombia*

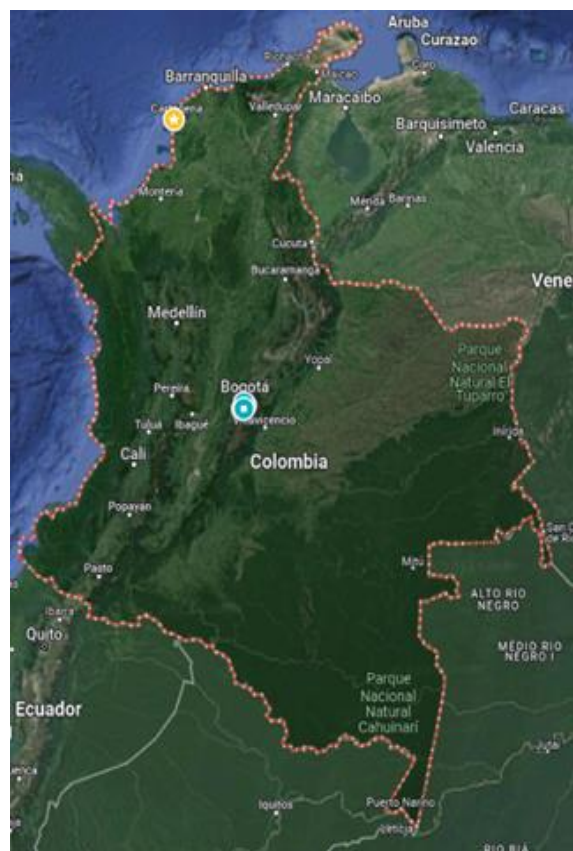


Fig. 31: Ubicación dpto. Boyacá



Fig. 32: Ubicación Municipio Nuevo Colón

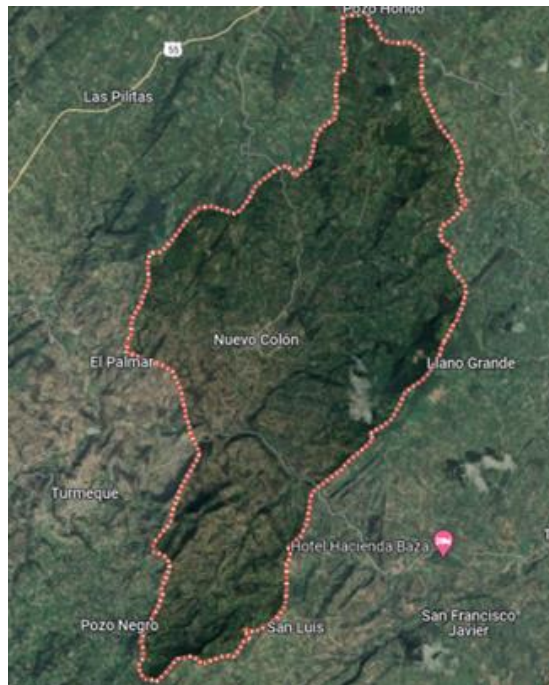


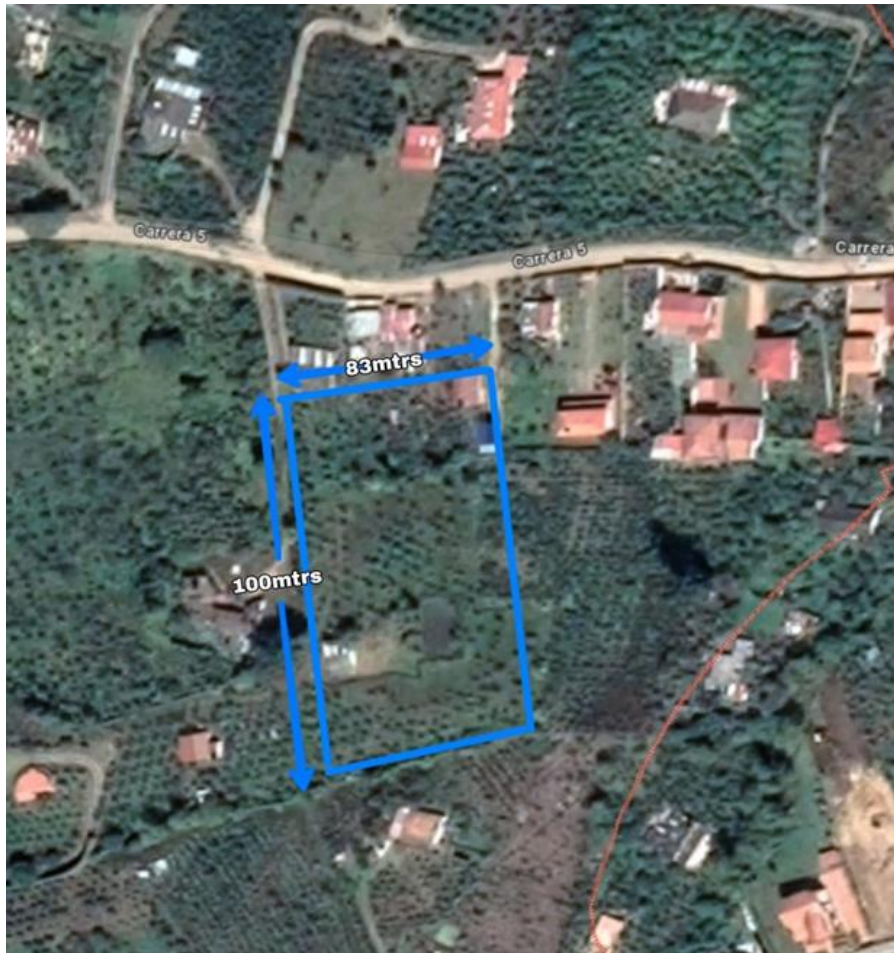
Fig. 33: Ubicación terreno finca Santa Clara



Tomado de Google Maps

El terreno trabajado tiene una distancia promedio de 100 metros de largo por 83 metros de ancho, lo que equivale a 8.300 metros cuadrados, cuatro quintos de una hectárea, adicionalmente el predio presenta una inclinación desigual - clase 4 - de 13 a 25% desde su punto más alto hasta su parte más baja, con un desfase de 5 metros aproximadamente, estos datos son importantes para poder tener la información equivalente del agua en el cultivo y presiones de la maquinaria a necesitar, la plantación será de tomate inicialmente con posibles adaptaciones para otras hortalizas como cebolla.

Fig. 34: Diámetro terreno finca Santa Clara



Tomado de Google Maps

En el terreno serán plantadas 17.500 matas de tomate, con 3 riegos diarios, cada uno de los riegos con 15 litros de agua que serán distribuidos por un riego de aspersores que serán instalados a lo largo del cultivo, por lo que se necesitarán aproximadamente 670 aspersores con una distancia de 6 metros entre cada uno, la cantidad de aspersores seleccionados equivalen a que cada aspersor logre rociar 12 metros cuadrados de agua. Esta equivalencia genera una necesidad, la manguera —que alimenta los mismos aspersores— tendrá uniones, son aproximadamente 8 royos de manguera cada uno con 200 metros, distribuidos de la siguiente manera: de la conexión de la bomba, hasta el primer surco horizontal serán 8 metros, por otro lado, el primer surco horizontal tendrá una longitud aproximada de 77 metros que será puesto a lo ancho del terreno, haremos las respectivas uniones y distribuiremos 14 surcos verticales que recorrerán loma abajo el restante del terreno, y cada 6 metros de distancia colocaremos los aspersores.

Fig. 35: Distribución de manguera para aspersores

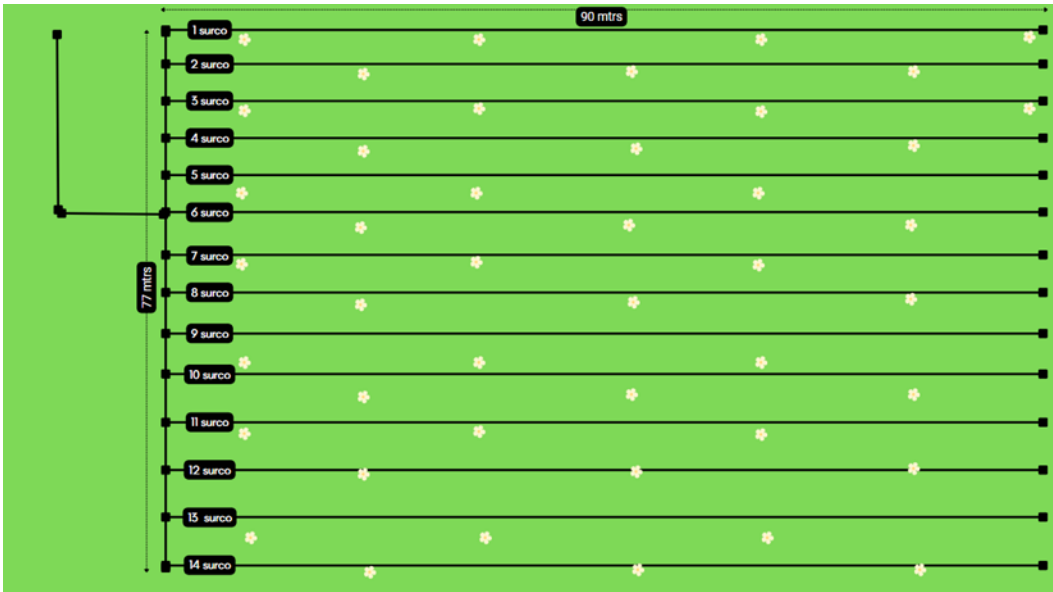
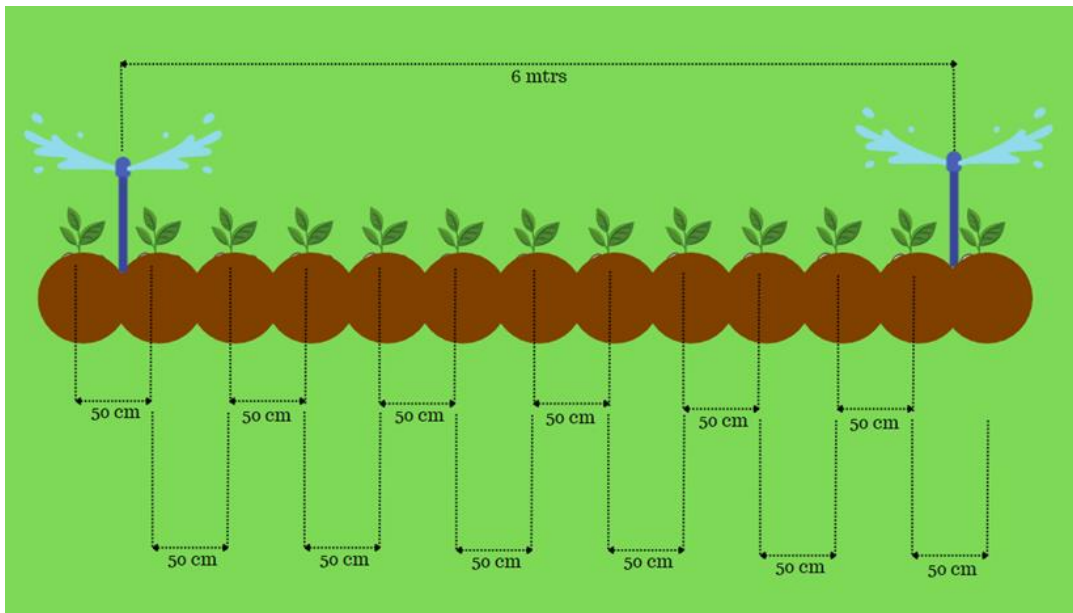


Fig. 36: Distribución de surcos, aspersores y plantas



Fuente: Elaboración propia

Lo más recomendable es que cada mata de tomate esté separada de 40 a 60 cm de distancia, en este caso se usará 50 cm de separación en cada planta para de esta manera determinar que los tomates a plantar sean 17.500, en el terreno comprendido de 8.300 metros cuadrados, con sus respectivos surcos. El equipo que dará la fuerza para llevar el agua por la manguera y posteriormente a los aspersores es una bomba hidráulica cuya función varía: principalmente es

aspirar el agua de los tanques de almacenamiento, y segundo lanzar con fuerza el agua para que llegue al último aspersor de la última fila. Es importante tener en cuenta que para seleccionar esta bomba se hicieron varias verificaciones, como el caudal del agua, la fuerza solicitada, altitud del terreno, distancia a recorrer, cantidad de aspersores que se usarán, cantidad de agua a succionar, entre otros datos. Todo esto llevó a adquirir una bomba hidráulica que lleve como mínimo 25Hp, la bomba seleccionada es la BOMBA AE 6250 que cumple con las características, elementos y componentes necesarios para generar un óptimo inicio de torque sin que se dañen sus componentes ni materiales, como mangueras y conexiones a los tanques.

Fig. 37: Plano mecánico BOMBA AE 6250

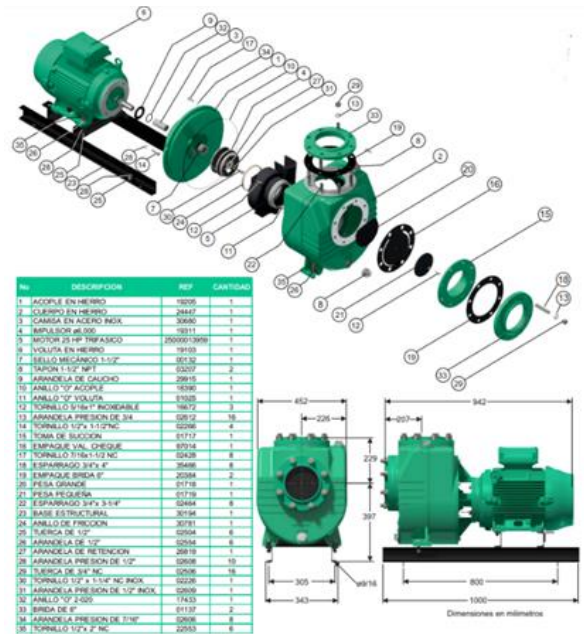
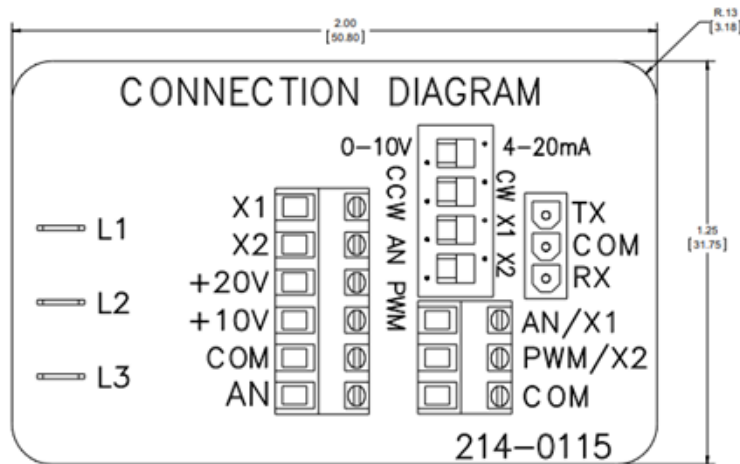


Fig. 38: Plano de conexión de Bomba



Fuente: Barnes de Colombia S.A., 2022

Esta bomba llevará dos conexiones: una al tablero de alimentación y otra a los tanques de almacenamiento. El tablero eléctrico será el cerebro de todo el sistema, cuenta con un variador de velocidad INOMAX, una pantalla de manejo sistemático y componentes adicionales para su óptimo uso, la pantalla ayudará a programar las horas en las que se quiera hacer el adecuado riego, alertará sobre problemas en el sistema en alguna de las conexiones y posibles mejoras, la cantidad de litros de agua almacenados, la cantidad de agua rociada diaria, entre otras funciones. El sistema

está programado para hacer un uso casi mínimo de energía mientras que no está en uso, cuando el sistema se enciende enviará la información a las bombas para que ellas comiencen a hacer succión de los tanques y continuar enviando el agua por medio de las mangueras. Este tablero fue seleccionado por la información de la bomba, la bomba se mueve a 25Hp, el tablero tiene la capacidad de mover esos 25Hp (fuerza en torque), enviándole la energía necesaria para que tenga un arranque suave; por el contrario, si llegase a tener un arranque espontaneo, la presión que ejerce el motor sobre la manguera haría que esta salga expulsada y estalle, por ello es importante hacer una adecuada conexión de los equipos y tener los materiales adecuados para cada sistema que logran soportar las presiones de entrada y salida. Por otro lado, si se minimizan los costos del tablero haciendo un equipo más liviano y sin tanta dificultad, podrían instalarse algunos interruptores, pero estos dañarían el motor, el sistema de mangueras instalados hasta los aspersores y, por último, los conectores del tablero (de la bomba al tanque y de la bomba a las mangueras de rocío). Se eligió el variador de velocidad INOMAX AST700-S4-045 ya que genera un encendido suave y gradual a la bomba para que agarre fuerza, no se canse y tenga el adecuado inicio. El equipo será instalado en un pequeño cuarto de máquinas al lado de los tanques de almacenamiento, y el tablero contará con sus respectivos ventiladores de lado y lado evitando sobrecalentamiento. Este tablero debe tener visto bueno de RETIE, es decir, cumplir con especificaciones técnicas detalladas, como láminas de acero *cold-rolled* calibre 20 para caja, y calibre 18 para el chasis interior; la lámina del tablero será sometida a tratamiento específico que consta de una limpieza química y de protección, esto se hará por medio de aplicación de fosfato de zinc que evitará la corrosión y permitirá la máxima adherencia de la pintura; adicional, el acabado de pintura del tablero será en pintura de polvo horneable de aplicación electrostática color beige duna (RAL 7032), el tablero tendrá una conexión interna especial que se muestra a continuación:

Fig. 39: Diagrama de potencia

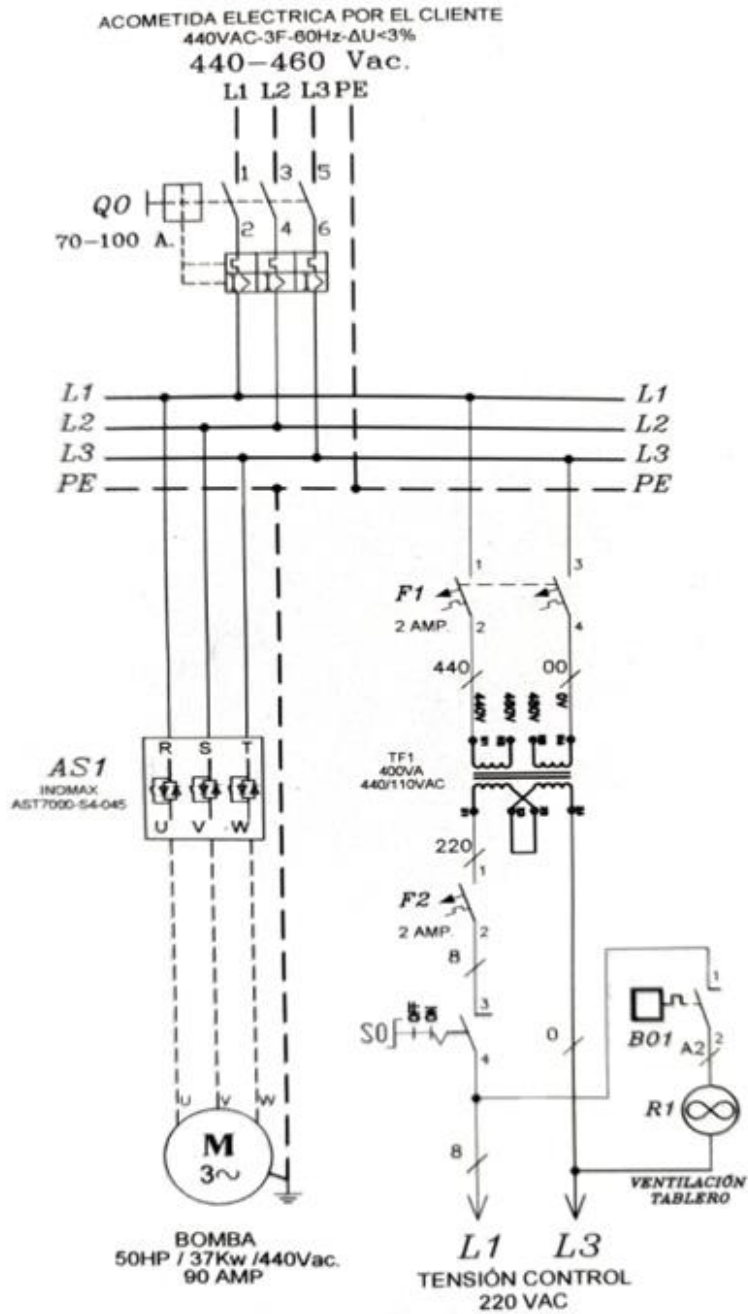




Fig. 42: Tablero a utilizar



Por otro lado, la conexión de la bomba con el tanque de almacenamiento se hará por un tubo de 3 pulgadas aproximadamente porque la entrada de agua de la bomba es de ese tamaño. Cada tanque de almacenamiento podrá almacenar 2000 litros de agua aproximadamente, y será adquirido a la empresa AQUALITY PLAST, su material será CFR 100% virgen, incluyendo su tapa que será reforzada para evitar filtraciones. También tendrá un refuerzo circular en el fondo del tanque lo que previene deformaciones por humedad y evita filtraciones. Los tanques tendrán una elevación de no más de 1 metro del suelo, evitando daños por acción de animales o corrosión del suelo, y de igual manera, estarán a una distancia de 5 metros de la bomba para evitar que la bomba se esfuerce de más y genere costos adicionales por conexión de tuberías. Al lado de los tanques irá el cuarto de máquinas donde está el tablero eléctrico y herramientas generales de agricultura. Cada tanque estará a una distancia de 5 m cada uno, serán llenado diariamente por el atrapanieblas que recolectará agua las 24 horas del día, después de cada cultivo se debe hacer un vaciado de los tanques verificando el estado del mismo, ya que los tanques se encuentran a un sobre nivel del piso, esto ayudará a que se logre vaciar el tanque de nutrientes cada vez que se vaya hacer un cambio de cultivo, evitando que químicos agregados o vencidos se disuelvan con el líquido de la nueva plantación. Se harán revisiones periódicas estipuladas con el agricultor para verificar el estado del tanque, las dos bombas serán usadas para funciones específicas, una de ellas almacenará agua únicamente y la otra almacenará nutrientes que se necesiten emplear en el cultivo. Es

importante aclarar que, al momento del riego, el agua de los dos tanques se mezcla y entregarán la misma cantidad de agua/nutrientes; cuando sea necesario, los dos tanques pueden ser llenados de agua únicamente, no sin antes hacer una limpieza de los nutrientes pasados ni mezclarlo con otros líquidos. Los dos tanques deben proporcionar la cantidad adecuada de agua y, al tiempo, se alimentan del agua proporcionada del atrapanieblas.

*Fig. 43: Tanque de almacenamiento*



El atrapanieblas estará a 5 metros de distancia de los tanques loma arriba, evitando que los tanques u otro elemento interrumpa el paso de la nube por medio de la malla que será la que capte las gotas de agua, cada atrapa nube está compuesto por una estructura que posee una superficie de captación de agua de niebla de 40 m<sup>2</sup> por día, formada por una doble capa de malla Raschel con (35% de sombra). Los atrapanieblas estarán una distancia de poste a poste de 2 metros cada una y el diámetro de la tela será de 6 m de ancho por 4 m de alto, de esta manera se tiene pensado instalar 10 atrapanieblas que cada 12 horas lograrán como mínimo recoger 400 litros de agua que serán distribuidos en los dos tanques. La funcionalidad del sistema será, cuando pase una nube por la tela, las micro gotas quedarán atrapadas en la malla, cuando las micro gotas se vuelva más pesadas y grandes, bajarán al fondo de la malla donde abra una canaleta que recibirá el agua que estará goteando, esta canaleta llevará el agua directamente a los tanques de almacenamiento donde serán distribuidos de manera heterogénea, el punto central de usar el atrapanieblas es no tener que conectarse a ninguna fuente hídrica, sino ser auto sostenible. Recordemos que el atrapanieblas

estará en su máximo uso las 24 horas del día y todo el tiempo estará enviando agua a los tanques, en algún momento tendrán un nivel de agua baja con lo cual se verificarán parámetros para poder hacer un llenado artificial.

*Fig. 44: Atrapanieblas captadoras planos*



*Fig. 45: Diseño de perfil disposición de atrapanieblas*

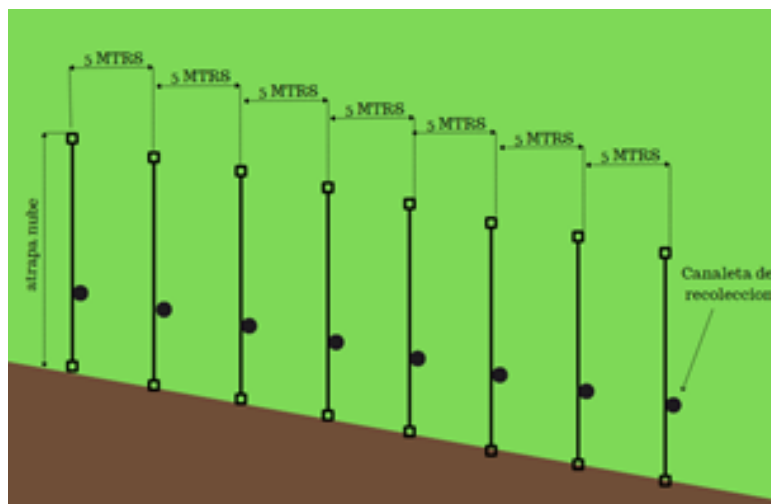
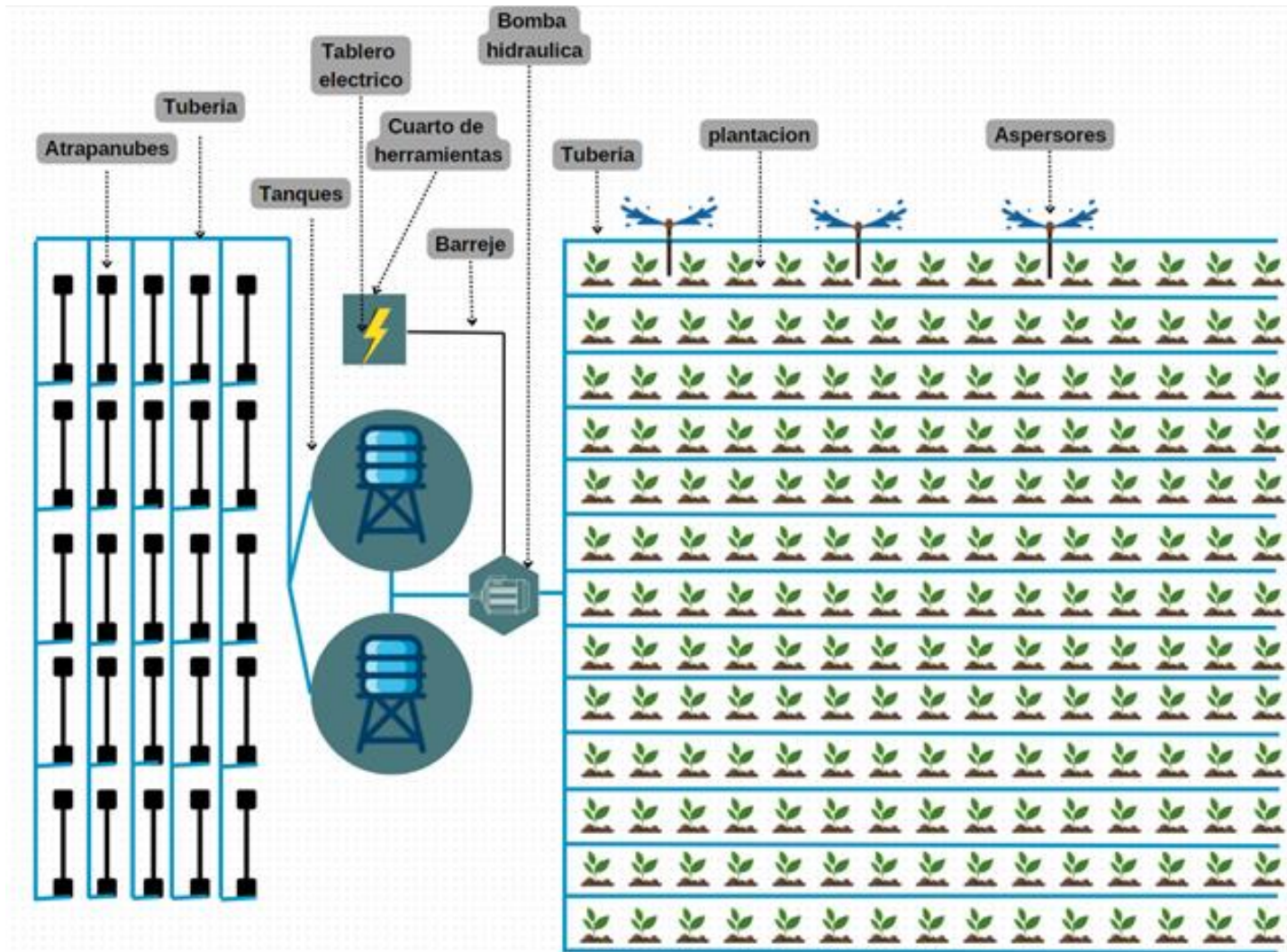


Fig. 46: Plano aéreo de sistema de recolección, almacenamiento y riego



Fuente: Elaboración propia

## METODOLOGÍA

**Enfoque:** Para el desarrollo de esta investigación se adopta un enfoque cuantitativo. La ruta cuantitativa es apropiada cuando queremos estimar las magnitudes u ocurrencia de los fenómenos y probar hipótesis (Hernández, R. y Mendoza, P., 2018). De acuerdo con lo anterior, esta investigación buscará estimar el ahorro de agua de los agricultores en épocas de sequías y el aumento de las ganancias después de la implementación del sistema de recepción, almacenamiento y riego automatizado.

**Alcance:** Existen 4 tipos de alcances dentro de la ruta cuantitativa, exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo, Hernández, R. y Mendoza, P.2018 mencionan que los cuatro alcances del proceso de la investigación cuantitativa son igualmente válidos e importantes y han contribuido al avance de las diferentes ciencias. En esta oportunidad se establecerá un alcance descriptivo:

Los estudios descriptivos pretenden especificar las propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, miden o recolectan datos y reportan información sobre diversos conceptos, variables, aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o problema a investigar (Hernández, R. y Mendoza, P.2018).

Para poder implementar un proyecto nuevo es importante conocer sobre el espacio y personas a las que va a ser dirigido, el desarrollo de este proyecto va dirigido a los agricultores de hortalizas del departamento de Boyacá, es por eso que se considera necesario realizar un estudio descriptivo para conocer a cerca de su población, su manejo de procesos en la agricultura, su forma de enfrentar las adversidades climáticas en sus cultivos, y así lograr tener una percepción de la población a contribuir lo más amplia posible.

**Hipótesis:** Se espera que los agricultores de hortalizas actualmente cuenten con algún proceso para mitigar las sequías o conozcan sobre avances tecnológicos, y así poder plantear esta investigación con facilidad.

**Diseño de la investigación:** En el diseño de investigación cuantitativo se pueden encontrar dos tipos: los diseños experimentales y los diseños no experimentales. Para el desarrollo de este proyecto se decide realizar un diseño de investigación no experimental. Mertens (2015) señala que

la investigación no experimental es apropiada para variables que no pueden o deben ser manipuladas o resulta complicado hacerlo. Las condiciones climatológicas son una variable que no puede ser manipulada, y este es un factor influyente dentro de la implementación del proyecto.

Ahora bien, dentro del diseño investigativo no experimental, se encuentra la investigación longitudinal, Hernández, R. y Mendoza, P.2018 mencionan que, en la investigación no experimental longitudinal se recolectan datos en diferentes momentos o periodos para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias. De acuerdo con lo anterior, durante esta investigación, se recopilan datos históricos de aquellas pérdidas de cultivos en la región de Boyacá, para analizar los cambios y afectación en los cultivos de hortalizas a lo largo de los años a causa de sequías en esta región.

## POBLACIÓN Y MUESTRA

Se considerará una muestra no probabilística, Hernández, R. y Mendoza, P.2018 definen que:

En las muestras no probabilísticas, la elección de las unidades no depende de la probabilidad, sino de razones relacionadas con las características y contexto de la investigación. Aquí el procedimiento no es mecánico o electrónico, ni con base en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios.

Se determina este tipo de muestra ya que se necesita que las características de las muestras estén relacionadas a la investigación, es decir, se necesita que la población estudiada trabaje o desarrolle sus actividades de agricultura en el departamento de Boyacá.

Ahora, Hernández, R. y Mendoza, P.2018, definen que el tamaño de la muestra mínima en enfoques cuantitativos para estudios descriptivos se considera de 30 casos por grupo o segmento del universo, de acuerdo con lo anterior, se buscará llegar a este mínimo de participación por parte de la población objetivo. La información suministrada se considera información de calidad, ya que son las personas con experiencia en los procesos de estudio.

## MÉTODO E INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La metodología de recolección de datos se llevó a cabo mediante una encuesta virtual a través de Microsoft Forms donde se plantearon las siguientes preguntas:

Tabla 5: Encuesta general a agricultores

Encuesta para agricultores de hortalizas en el departamento de Boyacá
1. ¿Cuántos años lleva dedicándose a la agricultura de hortalizas? <ul style="list-style-type: none"><li>• Menos de 1 año</li><li>• Entre 1 año y 3 años</li><li>• Entre 3 años y 5 años</li><li>• Mas de 5 años</li></ul>
2. ¿Cuántas veces al día riega sus cultivos de hortalizas? <ul style="list-style-type: none"><li>• 1 vez</li><li>• Entre 2 y 3 veces</li><li>• Mas de 3 veces</li></ul>
3. ¿Cuánta agua necesita para regar una hectárea de cultivo a diario? <ul style="list-style-type: none"><li>• Menos de 100 m<sup>3</sup></li><li>• Entre 100 y 200 m<sup>3</sup></li><li>• Entre 200 y 300 m<sup>3</sup></li><li>• Mas de 300 m<sup>3</sup></li></ul>
4. ¿Ha visto impactado sus cultivos por el fenómeno del niño (fuertes sequías) a causa del cambio climático en los últimos años? <ul style="list-style-type: none"><li>• Si</li><li>• No</li></ul>
5. ¿Cuántos meses del año experimenta sequía en sus cultivos a causa de este fenómeno?
6. En una escala del 1 al 5 (siendo 1 poco impacto y 5 alto impacto) ¿Cómo calificaría el impacto de la sequía en sus cultivos de hortalizas?

7. ¿Utiliza actualmente alguna tecnología/método para mitigar los efectos de la sequía en sus cultivos?

- Si
- No

8. ¿Tiene alguna información sobre los atrapanieblas (Sistema para atrapar las gotas de agua mediante una malla que se opone al curso normal de las nubes que son llevadas por el viento)?

- Si
- No

9. Si el sistema de recolección, almacenamiento y riego de agua automatizado le ayudará para la producción de sus hortalizas durante períodos de sequía. ¿Estaría dispuesto a implementar el proyecto en su finca?

- Si
- No

10. ¿Usted invertiría económicamente en un proyecto de automatización de plantación para sus cultivos?

- Si
- No

## ANÁLISIS DE DATOS

Luego de aplicar la encuesta a los agricultores, se obtuvo información importante para el desarrollo de la investigación, datos que permite adquirir ideas, opiniones y conocimientos desde distintas perspectivas, y centrar la atención como investigadores en los puntajes más altos de cada pregunta, para hacer un proyecto como mayor cercanía a las necesidades según la realidad y experiencia de la población objetivo.

Ver anexo “1-Datos” para el análisis estadístico.

## ANÁLISIS DE COSTOS

Se puede ver en el anexo "Centro de costo" que, la producción del atrapanieblas proyecta un costo total cercano a los 38 millones de pesos. La oferta de este tipo de equipos para la agricultura no está masificada en Colombia, lo cual genera que su oferta al público tenga un costo considerable fuera de alcance de muchos, teniendo en cuenta que el salario mínimo para el año 2023 se encuentra en \$1.160.000.

Ahora bien, debido a estos costos se plantea un margen de ganancia del 10% sobre el punto de equilibrio para sostener la operación y que sea atractiva la oferta a los potenciales inversores. Tomando el valor final indicado en el desglose y añadiendo el margen de ganancia, resulta en un valor de venta precio al público por \$41.797.876. Se busca tener ofertas competitivas por parte de los proveedores —tanto a nivel nacional como internacional—, que pueda conseguir descuento de los costos a través de adquisición por grandes cantidades de partes, materiales, y repuestos.

La vida útil productiva de este equipo es de 15 años, haciendo la proyección de costo-beneficio se encuentra que de manera anual el margen de ganancia que se obtenga por parte del atrapanieblas debe ser mayor a \$2.786.525, o equivalente a \$232.210 mensual. Teniendo en este último valor, se determina que el mercado objetivo como agricultores cuyo margen de gasto entre la cantidad o nivel de agua en el que incurren por la cosecha y cuidado de sus hortalizas, así como de los periodos en el año en los cuales no tiene producción debido a los cambios climáticos que ocurren, como el fenómeno del niño y otras temporadas de sequía, les genere gastos superiores a \$232.210 como mínimo mensualmente. Los beneficios a largo plazo para los agricultores apelarán a la satisfacción y tranquilidad, teniendo en cuenta que este atrapanieblas estará en funcionamiento todos los días del año acumulando la mayor cantidad de agua y distribuyéndola de manera apropiada.

Ver anexo "2-Centro de costos" para desglose de los valores.

## CONCLUSIONES

El sistema de recepción, almacenamiento y riego para cultivos subraya la importancia fundamental de la tecnología en la optimización de los procesos agropecuarios. La integración de nuevas tecnologías avanzadas, como sistemas automatizados de riego y gestión de datos digitalizados, no solo mejora la eficiencia en el uso del agua, sino que también facilita un control más preciso y una toma de decisiones más informada en la gestión de los cultivos, evitando pérdidas y daños ambientales. Estas innovaciones tecnológicas entre otras cosas representan avances significativos en la eficiencia operativa, y también ofrecen un camino hacia la sostenibilidad y la mejora continua en la producción agrícola. Las innovaciones contribuyen a la sostenibilidad y productividad en la agricultura, respaldando la necesidad de seguir explorando soluciones tecnológicas en el sector agropecuario.

La investigación sobre el cultivo de hortalizas en Boyacá y su impacto durante las temporadas de sequía revela los desafíos enfrentados por los agricultores en la región. Este proyecto pretende ofrecer una respuesta a los desafíos específicos de la agricultura en Boyacá, abordando tanto las implicaciones del cambio climático como los aspectos económicos y sociales de la seguridad alimentaria. La combinación de tecnología, análisis y enfoque en la realidad local respalda la relevancia del proyecto.

La implementación incorpora operaciones autosustentables no solo optimiza el uso de recursos, como el agua, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental. Además, la integración de tecnología en la gestión agrícola mejora la eficiencia operativa y permite una toma de decisiones más ágil y precisa. Este enfoque no solo potencia la productividad, sino que también destaca el papel crucial de la innovación tecnológica en la evolución positiva de la agricultura hacia prácticas más eficientes y sostenibles.

## REFERENCIAS

- Accesorios para riego - SISTEMAS e IRRIGACIONES.* (2023, 22 noviembre). Sistemas e Irrigaciones. [https://www.sistemaseirrigaciones.co/?gclid=EAIaIQobChMI-q24s5r5gQMVSpxaBR2STw\\_vEAAAYASAAEgKr3fD\\_BwE](https://www.sistemaseirrigaciones.co/?gclid=EAIaIQobChMI-q24s5r5gQMVSpxaBR2STw_vEAAAYASAAEgKr3fD_BwE)
- Admin. (2018, 14 noviembre). *Tanques de almacenamiento - Distriambiente S.A.S.* Distriambiente S.A.S. <https://distriambiente.com/tanques-de-almacenamiento/>
- Admin. (s. f.). *Línea Aqua.* <https://aqualityplast.com/linea-aqua/>
- Agrofertas SAS ®. (s. f.). *Home: AGRICULTURAL AND FORESTRY MACHINERY: INSTALACIONES: Motobombas: Tanques para almacenamiento de agua.* <https://agrofertas.co/sistemas-de-riego-tanques-para-agua/>
- Agropinos. (2022, 21 diciembre). *La importancia de los tanques de agua en su sistema de riego.* Agropinos.com. <https://www.agropinos.com/blog/la-importancia-de-los-tanques-de-almacenamiento>
- ANÁLISIS DE SITUACIÓN DE SALUD CON EL MODELO DE LOS DETERMINANTES SOCIALES DE SALUD, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.* (2019). [https://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/asis2019/asis\\_dep\\_boyaca\\_2019.pdf](https://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/asis2019/asis_dep_boyaca_2019.pdf)
- Automex. (2023, 21 junio). *Celdas de automatización para aplicaciones industriales - Automex.* Automex - Ingeniería Creativa. <https://automex.com.co/celdas-de-automatizacion-para-aplicaciones-industriales/>
- Barnes de Colombia S.A. (2022, 27 agosto). *Barnes de Colombia S.A.* <https://www.barnes.com.co/>

*Boletín Agroclimático Regional. Edición 13. (2021, julio).*

<http://ideam.gov.co/documents/21021/117122142/Boletin+Agroclimatico+Boyaca+Julio+2021.pdf>

*Boletín técnico Inseguridad alimentaria. Encuesta Nacional de Calidad de Vida – ECV 2022. (2023, 4 julio).* <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/FIES/bol-FIES-2022.pdf>

*Cadena de las Hortalizas. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. I Trimestre 2020. (2020).*

<https://sioc.minagricultura.gov.co/Hortalizas/Documentos/20200330%20Cifras%20sectoriales.pdf>

Capel, J.J. *El Niño y el sistema climático terrestre. Editorial Ariel S.A., Barcelona (1999)*

*Con Agro 4.0 se implementaron 10 planes piloto de tecnologías en cultivos. (s. f.).*

MINTIC Colombia. <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/198945:Con-Agro-4-0-se-implementaron-10-planes-piloto-de-tecnologias-en-cultivos>

Crespo, C. (2017, 5 noviembre). *Cómo hacer atrapanieblas para mejorar la humedad de las plantas - PortalFruticola.com. PortalFruticola.com.*

<https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/10/11/construccion-operacion-y-mantenimiento-de-pantallas-de-captacion-de-aguas-nieblas-tipos-de-atrapanieblas/>

Cruz, M. F. R., Coral, J. S. P., & ESP, T. I. F. A. M. **PROTOTIPOS DE PRUEBA ATRAPANIEBLAS.**

- De Dios Rivera, J., & Holmes, R. Diseño y eficiencia de atrapanieblas. *Agua de Niebla* 3, 49.
- De Jesús Núñez Rodríguez, J., Rodríguez, J. C. C., Carrero, D. M., Novoa, L. L. R., & Frank, J. V. S. (2021). Representations of Colombian AndEAN farmers on climate change and mitigation and adaptation strategies. *Revista De Economía E Sociología Rural*, 59(2). <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.220439>
- Delmotte V. et al. *Calentamiento global de 1,5 °C. Un informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global.*
- Distrisoluciones MC S.A.S. (2019, 27 julio). *TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA 120.000 LITROS - DistrisolucionesMC S.A.S.* DistrisolucionesMC S.A.S. <https://distrisolucionesmc.com/product/tanque-de-almacenamiento-de-agua-120-000-litros/>
- El Niño Oscilación del Sur* | CIIFEN. (s. f.). <https://ciifen.org/el-nino-oscilacion-del-sur/#>
- Eléctrico, A. D. (2021, 4 agosto). *Cables eléctricos resistentes al agua y la humedad - Auna distribución.* Auna Distribución. <https://www.aunadistribucion.com/blog/cables-electricos-resistentes-al-agua-y-la-humedad/>
- ESAP. (s. f.). *Esquema de ordenamiento territorial municipio de Nuevo Colon- Boyacá sistema físico biótico. Sistema Biofísico Nuevo Colon.* (s. f.). <https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/10398/4332-13.pdf>
- Espinosa, C. (1977). *El atrapanieblas 611115.* *Boletín Universidad Católica del Norte.* Antofagasta, Chile.

Expok. (2018, 16 agosto). *¿Qué es un atrapanieblas?* ExpokNews.

<https://www.expoknews.com/que-es-un-atrapanieblas/>

Fenómeno de El Niño en Colombia. (s. f.). [https://www.minagricultura.gov.co/atentos-](https://www.minagricultura.gov.co/atentos-clima/Paginas/default.aspx)

[clima/Paginas/default.aspx](https://www.minagricultura.gov.co/atentos-clima/Paginas/default.aspx)

Fundación Aquae. (2022, 18 marzo). *Tipos de sistemas de riego: características -*

*Fundación AQUAE.* <https://www.fundacionaquae.org/wiki/tipos-de-riego/>

Gabriel, U. G. (2015). *Aproximación a un balance hídrico del bosque de niebla.*

*Construcción e implementación de un CASCC\_2 para recolección y*

*cuantificación de la precipitación horizontal en Guasca, Colombia.* Repositorio

Institucional Séneca. <http://hdl.handle.net/1992/17643>

Google Maps. (s. f.).

[https://www.google.com/maps/place/Nuevo+Col%C3%B3n,+Boyac%C3%A1/@](https://www.google.com/maps/place/Nuevo+Col%C3%B3n,+Boyac%C3%A1/@5.3548704,-)  
[5.3548704,-](https://www.google.com/maps/place/Nuevo+Col%C3%B3n,+Boyac%C3%A1/@5.3548704,-)

[73.4599564,17z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x8e6a8298eed94d21:0x1ac8cf557](https://www.google.com/maps/place/Nuevo+Col%C3%B3n,+Boyac%C3%A1/@5.3548704,-73.4599564,17z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x8e6a8298eed94d21:0x1ac8cf5571d77a18!8m2!3d5.3542247!4d-73.457413!16s%2Fm%2F02qmbjh?entry=ttu)  
[1d77a18!8m2!3d5.3542247!4d-73.457413!16s%2Fm%2F02qmbjh?entry=ttu](https://www.google.com/maps/place/Nuevo+Col%C3%B3n,+Boyac%C3%A1/@5.3548704,-73.4599564,17z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x8e6a8298eed94d21:0x1ac8cf5571d77a18!8m2!3d5.3542247!4d-73.457413!16s%2Fm%2F02qmbjh?entry=ttu)

Guía de sistemas de riego para jardín: tipos que existen, ventajas y desventajas de cada

uno - Viveros González la mayor exposición de plantas y flores en la Costa del

Sol, envíos a domicilio. (s. f.). [https://viverosgonzalez.es/es/blog/sistemas-de-](https://viverosgonzalez.es/es/blog/sistemas-de-riego-jardin-b68.html)

[riego-jardin-b68.html](https://viverosgonzalez.es/es/blog/sistemas-de-riego-jardin-b68.html)

Hernández, R. y Mendoza, P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas*

*cuantitativa, cualitativa y mixta.* McGraw-Hill.

Instrumentos WIKA S.A.U. (s. f.). *Manómetro diferencial - WIKA.*

[https://www.wika.com/es-es/lp\\_manometro\\_diferencial.WIKA](https://www.wika.com/es-es/lp_manometro_diferencial.WIKA)

Lopes, A. C., Andreoli, R. V., De Souza, R. A. F., Cerón, W. L., Kayano, M. T., Canchala, T., & De Moraes, D. S. (2022). Multiyear La Niña effects on the precipitation in South America. *International Journal of Climatology*, 42(16), 9567-9582. <https://doi.org/10.1002/joc.7847>

*Mainstreaming climate change in Colombia.* (s. f.). UNDP.

<https://www.undp.org/publications/mainstreaming-climate-change-colombia>

Mendez, K. (2023, 21 noviembre). *Equipo Hidroneumático EkOPres Pearl | 1,0 hp | con bomba centrífuga | 110/220 V | 100 lts | tanque horizontal | 105 lpm | 20/40 PSI | CEP 10F16S – 100H - Bombeo Colombia.* Bombeo Colombia - Just another WordPress site. <https://bombeo.co/producto/equipo-hidroneumatico-ekopres-pearl-10-hp-con-bomba-centrifuga-110-220-v-100-lts-tanque-horizontal-105-lpm-20-40-psi-hd10c112100lhpr/>

Hydro Environment (s.f.). *Metro de largo de tubería para hidroponía con perforaciones.*

Recuperado 16 de octubre de 2023, de

[https://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=56&products\\_id=575](https://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=product_info&cPath=56&products_id=575)

*Minagricultura destaca trabajo conjunto con el CIAT para hacerle frente al cambio climático.* (s. f.). <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Trabajo-conjunto-con-el-CIAT.aspx>

Mkt, T. (2023, 24 julio). *Tipos de cables eléctricos según la exposición al agua | Top Cable.* Cables y consejos eléctricos. By Top Cable.

<https://www.topcable.com/blog-electric-cable/exposicion-al-agua-de-los-cables-electricos/>

*Riego por aspersión.* (2023, 17 marzo). <https://www.motoaspersiondenayarit.com/riego-por-aspersion>

Rural, M. d. (2021). Manual de normas técnicas para sistema de riego y drenaje a nivel predial.

*Sistema de riego por goteo - Agrocasanare.* (2022, 28 marzo). Agrocasanare. <https://www.agrocasanare.com/portfolio/sistema-de-riego-por-goteo/>

Superadmin. (2012, 21 junio). *Aspectos geográficos.* Gobernación de Boyacá. <https://www.boyaca.gov.co/aspectos-geograficos/>

Umaña Gómez, G. (2015). Aproximación a un balance hídrico del bosque de niebla.

Unam. (2015, 12 junio). La instalación de "Atrapanubes" podría evitar que cientos de personas caminen kilómetros al día para abastecerse de agua. *iAgua.*

<https://www.iagua.es/noticias/mexico/14/02/06/la-instalacion-de-atrapanubes-podria-evitar-que-cientos-de-personas-caminen-kilometros-al-dia-para-a-44>