

Sistema de apoyo para el monitoreo de variables ambientales en la prevención de broca en cultivos de café
a través de tecnologías IoT

Lasso Ortiz Angie Paola, aplasso.3223@unicesmag.edu.co

Universidad CESMAG
Facultad de Ingeniería
Ingeniería de sistemas
Pasto – Nariño
2025

Sistema de apoyo para el monitoreo de variables ambientales en la prevención de broca en cultivos de café
a través de tecnologías IoT

Lasso Ortiz Angie Paola, aplasso.3223@unicesmag.edu.co

Proyecto de grado para optar al título de ingeniero de sistemas

Asesor:

Ing. Germán Augusto Mora Ruiz

Universidad CESMAG

Facultad de Ingeniería

Ingeniería de sistemas

Pasto – Nariño

2025

NOTA DE ACEPTACIÓN

NOMBRE JURADO 1

NOMBRE JURADO 2

San Juan de Pasto, 2025

NOTA DE EXCLUSIÓN

El autor de esta obra es el único responsable de las ideas expresadas en ella, y esta no refleja o no compromete la ideología de la Universidad CESMAG.

Dedico este proyecto con el más profundo agradecimiento y admiración a mis padres, mi hermana, y a mi profesor y asesor, Germán Augusto Mora Ruiz. Su apoyo incondicional ha sido el cimiento sólido sobre el cual he construido este logro, brindándome fuerza emocional, claridad mental y guía académica en cada paso del camino.

A mis padres y hermana, gracias por su amor, perseverancia y aliento constante. Sus palabras de ánimo, abrazos reconfortantes y confianza en mis capacidades fueron el motor que me impulsó a superar cada desafío. A mi profesor Germán Augusto Mora Ruiz, su conocimiento, paciencia y dedicación han sido faros de inspiración que marcaron mi desarrollo y crecimiento en este proceso.

Cada lección aprendida, cada instante de perseverancia y cada página de este trabajo refleja el impacto de su apoyo en mi vida. Con todo mi corazón, dedico este logro a ustedes, quienes han sido mi guía, mi inspiración y mi más grande fortaleza. ¡Gracias por estar siempre conmigo!

En primer lugar, agradezco a Dios, quien ha sido mi guía, mi fortaleza y mi luz en este camino. Su presencia constante me llenó de esperanza y me dio la perseverancia necesaria para alcanzar este logro, incluso en los momentos más desafiantes.

A mi amada familia, mis padres y mi hermana, les debo el mayor de los agradecimientos. Su amor incondicional, su apoyo emocional y su fe en mí han sido pilares fundamentales en mi vida. Cada palabra de aliento, cada gesto de comprensión y cada sacrificio realizado por ustedes fue el combustible que me permitió avanzar con determinación.

Extiendo también mi más sincero agradecimiento al profesor y asesor Germán Augusto Mora Ruiz, cuya guía académica, paciencia y conocimiento fueron esenciales en este proceso. Su dedicación y su compromiso con mi desarrollo marcaron profundamente este proyecto y mi crecimiento personal.

A todos ustedes, gracias por ser mi fortaleza, mi inspiración y mi mayor apoyo. Este logro no habría sido posible sin su presencia en mi vida. ¡Gracias de corazón!

Tabla de contenido

Introducción.....	6
I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
A. Objeto o Tema de Investigación.....	8
B. Línea de Investigación.....	8
1) Sub línea de investigación.....	8
C. Planteamiento del Problema.....	9
D. Formulación del Problema.....	9
E. Objetivos	
1) Objetivo General.....	9
2) Objetivos Específicos.....	9
F. Justificación.....	10
H. Delimitación.....	11
II. MARCO TEORICO	
A. Antecedentes	
1) Internacionales.....	14
2) Nacionales.....	15
3) Regionales.....	17
B. Supuestos Teóricos de Investigación	
1) Eficiencia en la Producción.....	18
2) Mejora en la Producción del Café.....	18
3) Sostenibilidad Ambiental.....	18
4) Rentabilidad Económica.....	19
5) Innovación Tecnológica.....	19
6) Producción de café en Colombia.....	19
7) Prevención de Plagas en Cultivos de Café.....	20
8) Sistemas de Monitoreo Ambiental.....	20

C. Variables de Estudio	
1) Variables independientes.....	20
2) Variables dependientes.....	20
D. Definición nominal de las variables	
Monitoreo de variables ambientales.....	20
Condiciones climáticas.....	20
Tecnologías de Sistematización.....	20
E. Definición nominal de las variables	
Identificación de patrones y tendencias.....	21
Comunicación de resultados.....	21
F. Definición Operativa De Variables	
Condiciones climáticas.....	21
Identificación de Patrones y Tendencias.....	21
Tecnologías de Sistematización.....	21
Comunicación de resultados.....	22
G. Formulación de hipótesis	
1) Hipótesis de investigación.....	23
2) Hipótesis nula.....	23
3) Hipótesis alterna.....	23
III. METODOLOGÍA	
A. Paradigma.....	24
B) Enfoque.....	24
B. Método.....	24
C. Tipo de investigación.....	25
D. Diseño de investigación.....	25
E. Población.....	25
F. Muestra.....	26
H. Técnicas de recolección de información	
1) Validez de las técnicas de recolección de información.....	27
2) Confiabilidad de las técnicas de recolección.....	28
3) Instrumentos de recolección de información.....	28

IV. RECURSOS DE LA INVESTIGACIÓN

A. Establecer las variables ambientales usadas en la prevención de la broca en cultivos de café.....	31
2) Manejo Integrado de la Broca (MIB).....	33
Control químico de la broca.....	37
Control cultural de la Broca.....	37
Control Etológico de la Broca.....	37
Parasitoides.....	38
Hongos entomopatógenos.....	38
B. Construir un dispositivo IoT que permita monitorear las variables utilizadas en la prevención de la broca del café y la generación de alertas tempranas.....	38
1) Selección de Hardware.....	43
2) Circuito IoT y componentes.....	43
3) Implementación de protocolo MQTT.....	45
C. Integrar el sistema de información con el dispositivo IoT permitiendo la visualización de los datos recolectados.....	46

IV. ANALISIS DE RESULTADOS

1) Monitoreo en tiempo real.....	49
2) Análisis.....	49
3) Optimización de recursos.....	50
4) Reducción de pérdidas por plagas.....	50
CONCLUSIONES.....	60
RECOMENDACIONES.....	61
BIBLIOGRAFÍA.....	62
ANEXOS.....	70

LISTA DE TABLAS

TABLA I: DEFINICIÓN OPERATIVA DE LAS VARIABLES DEPENDIENTE.....	¡Error! Marcador no definido.
TABLA II: REQUISITO FUNCIONAL 1.....	31
TABLA III: REQUISITO FUNCIONAL 2.....	¡Error! Marcador no definido. 2
TABLA IV: REQUISITO FUNCIONAL 3.....	¡Error! Marcador no definido. 3
TABLA VI: INCIDENCIA DE BROCA CON Y SIN MONITOREO IoT.....	34

LISTA DE FIGURAS

<i>Fig.1: Corregimiento de Santa Martha</i>	22
<i>Fig.2:Producción del café</i>	22
<i>Fig.3: Estadísticas cafeteras</i>	22
<i>Fig.4: Tamaño de la Población</i>	22
<i>Fig.5: Tamaño de la Muestra por estrato</i>	22
<i>Fig.6: Broca del café, el enemigo principal de los cafetales</i>	22
<i>Fig.7: Etapas del Ciclo Biológico de la Broca</i>	22
<i>Fig.8: Control Químico</i>	22
<i>Fig.9: Recolección de frutos de café del suelo</i>	22
<i>Fig.10: Usar las lonas es cosechar de manera Inteligente</i>	22
<i>Fig.11: Control Etiológico de la Broca del Café</i>	22
<i>Fig.12: Análisis de las encuestas a Caficultores</i>	22
<i>Fig.13: Encuesta a Caficultores</i>	22
<i>Fig.14: Gráficos T-H</i>	22
<i>Fig.15: Esquema Circuito IoT</i>	22
<i>Fig.16: Montaje del circuito</i>	22
<i>Fig.17: Módulo de comunicación Mqtt</i>	22
<i>Fig.18: Diagrama de clases UML</i>	22
<i>Fig.19: Diagrama Entidad-Relación</i>	22

<i>Fig.20: Diagrama Relacional</i>	22
<i>Fig.21: Incidencia de broca con y sin monitoreo IoT</i>	22
<i>Fig.22: Datos CIoT</i>	22

LISTA DE ANEXOS

<i>Anexo 1: Encuesta caficultores</i>	<i>1</i>
<i>Anexo 2: Manual de usuario</i>	<i>1</i>
<i>Anexo 3: Certificado tercer encuentro internacional de semilleros.....</i>	<i>1</i>

Arduino IDE

Entorno de desarrollo integrado utilizado para programar microcontroladores como el ESP32. Proporciona una interfaz sencilla y herramientas para compilar y cargar códigos en dispositivos electrónicos.

Broca

Insecto conocido como *Hypothenemus hampei*, considerado una de las principales plagas del café, ya que afecta directamente las cerezas del café al perforarlas para depositar sus huevos.

Café brocado

Fruto del café afectado por la broca, que presenta perforaciones y daños en la calidad del grano.

Cereza del café

Fruto del cafeto que contiene los granos de café en su interior. Es recolectada cuando alcanza su estado de madurez óptimo.

DHT11/DHT22

Sensores de temperatura y humedad ampliamente utilizados en proyectos de electrónica y automatización debido a su facilidad de uso y precisión.

ESP32

Microcontrolador versátil y de alto rendimiento con capacidad WiFi y Bluetooth, utilizado en proyectos de IoT y automatización.

IoT (Internet of Things)

Red de dispositivos conectados a internet que recopilan, procesan y comparten datos en tiempo real para mejorar procesos y la toma de decisiones.

Modulo

Componente electrónico que amplía las funcionalidades de un sistema, como sensores, transmisores o interfaces de comunicación.

Mosquitto Eclipse

Servidor MQTT de código abierto utilizado para establecer comunicación entre dispositivos IoT mediante el protocolo MQTT.

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

Protocolo de comunicación ligero diseñado para dispositivos de baja potencia y redes con ancho de banda limitado, ideal para aplicaciones IoT.

Protocolo

Conjunto de reglas y estándares que definen cómo los dispositivos se comunican e intercambian datos en una red.

Sensor

Dispositivo que detecta y mide cambios físicos o químicos en su entorno, como temperatura, humedad o luz, y los convierte en señales eléctricas.

Servidor

Equipo o software que proporciona servicios o recursos a otros dispositivos (clientes) en una red.

Software

Conjunto de programas y aplicaciones que permiten operar y gestionar sistemas computacionales o dispositivos electrónicos.

RESUMEN ANALÍTICO DE ESTUDIO RAE

Facultad: Ingeniería.

Programa: Ingeniería de Sistemas.

Fecha de elaboración: 21 de 11 del 2024.

Autores de la investigación:

Angie Paola Lasso Ortiz.

Asesor: Ing. German Augusto Mora Ruiz.

Título de la investigación: Sistema de apoyo para el monitoreo de variables ambientales en la prevención de broca en cultivos de café a través de tecnologías IoT.

PALABRAS CLAVE: IoT, Café, Broca, Esp-32, humedad y temperatura, Nariño, Sensor.

DESCRIPCIÓN: Este proyecto propone la implementación de un sistema IoT para monitorear en tiempo real variables ambientales como temperatura y humedad en cultivos de café. El objetivo principal es prevenir la infestación por broca, una plaga que afecta significativamente la producción cafetera. Al proporcionar datos precisos y alertas tempranas, se busca optimizar la toma de decisiones en el campo, reducir pérdidas y contribuir a la sostenibilidad de los cultivos.

CONTENIDO

Capítulo 1: Problema de Investigación

Este capítulo introduce la línea de investigación elegida, describe el problema identificado y proporciona la justificación para realizar la investigación. También se establecen los objetivos generales y específicos que guiarán el desarrollo del estudio, así como la justificación y delimitación del proyecto.

Capítulo 2: Marco Teórico

En este capítulo se examinan los antecedentes y conceptos fundamentales necesarios para comprender el proyecto. Se presentan los principios teóricos que respaldan la investigación, ofreciendo el contexto necesario para su comprensión.

Capítulo 3: Metodología

Este capítulo describe los aspectos clave de la metodología empleada en la investigación. Se detallan el paradigma y el método científico utilizados, el tipo de investigación, la población y muestra seleccionadas, así como las técnicas de recolección de datos y su validez. También se especifican los instrumentos utilizados para la recolección de información.

Capítulo 4: Resultados de la investigación

Se hace la descripción de los resultados de la investigación sobre el desarrollo del sistema CIoT.

Capítulo 5: Análisis de los resultados

Se hace el análisis de los resultados obtenidos en la investigación correspondiente al desarrollo del sistema CIoT.

Conclusiones: Se presentan las conclusiones obtenidas en este proyecto.

Recomendaciones: Se presentan las recomendaciones pertinentes para abordar este proyecto.

METODOLOGÍA

El proyecto se basa en el paradigma positivista y utiliza un enfoque cuantitativo para analizar la relación entre variables ambientales, como temperatura y humedad, y la aparición de la broca del café. A través del método científico, se obtendrán datos válidos y confiables mediante la manipulación experimental de variables en condiciones controladas. El estudio, realizado en la Finca Cafetera Buena Vista, en Nariño, con 4.100 plantíos de café arábigo, utiliza un diseño cuasi-experimental y un muestreo aleatorio estratificado proporcional para representar los microclimas de la región. La recolección de información se llevará a cabo mediante encuestas estructuradas a caficultores, complementadas con datos secundarios provenientes de fuentes oficiales y científicas. Se garantizará la validez y confiabilidad de los datos mediante el uso de tecnología adecuada, documentación transparente y validación de la información recopilada. Este proyecto busca desarrollar estrategias sostenibles de monitoreo para prevenir la broca del café y mejorar la gestión de los cultivos mediante la integración de tecnología y conocimientos locales.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Gestión, desarrollo e innovación en las Tecnologías de la Información y la Comunicación.

SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: ingeniería del software con metodologías ágiles.

INTRODUCCIÓN

El café se cultiva en más de 80 países de América Latina y es uno de los productos agrícolas más valiosos del mundo, sustenta a alrededor de 25 millones de familias de agricultores e involucra a más de 100 millones de personas en su producción y procesamiento [1].

En los últimos años, la caficultura ha enfrentado ciertas dificultades que amenazan su producción y sostenibilidad. Uno de los problemas al cual se enfrentan los caficultores es el calentamiento global pues este afecta el crecimiento y desarrollo del café [2], sin embargo, muchos de los procesos de producción son manejados de forma manual y con criterios personales, es decir que no se hacen bajo el uso de tecnologías que les ayude a tomar decisiones a tiempo para evitar que sus cultivos se vean afectados por plagas tales como la broca, comunes en las plantaciones de café.

El Internet de las cosas (IoT) ha surgido como una poderosa tecnología que ha transformado muchas industrias, incluida la agricultura [3]. Los agricultores enfrentan desafíos como los fenómenos climáticos, la gestión de recursos, la optimización de la producción y la sostenibilidad. A través del IoT y la agricultura de precisión es posible dar soluciones innovadoras para abordar estos desafíos, al proporcionar a los agricultores una red de dispositivos y sensores conectados que recopilan datos en tiempo real y pueden ser monitoreados de tal forma que ayuden a tomar decisiones a tiempo para evitar que sus cultivos se vean afectados. El objetivo principal de este proyecto es desarrollar una solución tecnológica basada en IoT que no solo facilite el seguimiento de variables ambientales, sino que también permita a los caficultores sistematizar sus procesos de cultivo. Esto incluye un sistema de información que registre datos clave y ofrezca conocimientos agrícolas sobre la broca del café, contribuyendo así a la sostenibilidad del sector y al empoderamiento de los agricultores. El proyecto busca fomentar la participación del caficultor en el sector terciario de la economía, permitiéndoles trascender más allá del sector primario. Esto se logra al capacitarlos en el uso de tecnologías de información, promoviendo un enfoque empresarial que les permita agregar valor a sus productos y servicios. De esta manera, no solo se mejora su productividad y sostenibilidad, sino también su calidad de vida y estabilidad económica.

La sistematización de los cultivos de café y el apoyo al caficultor son dos pilares fundamentales para garantizar la sostenibilidad de esta industria [4]. La sistematización de cultivos de café permite una mayor calidad y cantidad de producción de café, lo que a su vez beneficia a los agricultores, no solo les ofrece mejores condiciones de vida sino también estabilidad económica. Es responsabilidad del gobierno, las organizaciones internacionales y las empresas cafeteras trabajar en conjunto para asegurar que esta cadena de apoyo sea sólida, preservando así no solo una bebida apreciada, sino también las vidas y los medios de subsistencia de aquellos que la cultivan.

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

A. Objeto o Tema de Investigación

La agricultura actualmente se encuentra en un proceso de mitigación de problemas. Hoy en día los avances tecnológicos permiten generar soluciones que no solo benefician a entes educativos, sino que también benefician al campesino. La broca es una plaga que afecta directamente los cultivos de café, esto conlleva a que exista una baja producción y se generen pérdidas significativas para el caficultor, por esto una solución a través del IoT consiste en encontrar arquitecturas, protocolos de comunicación e interfaces que permitan la comunicación entre dispositivos y sensores y por medio de ellos generar alertas tempranas para que el caficultor pueda tener una mejor visión de como mitigar los riesgos a los que puede estar expuesto el cultivo de café.

B. Línea de Investigación

Gestión, desarrollo e innovación en las Tecnologías de la Información y la Comunicación:

Este proyecto representa una oportunidad única para incursionar en la gestión, desarrollo e innovación en las Tecnologías de la Información y la Comunicación, en la industria del café a través. La implementación de un sistema de monitoreo ambiental basado en IoT permitirá optimizar la producción de café, reducir las pérdidas por plagas y mejorar la calidad del producto final, generando un impacto positivo en toda la cadena de valor del café y contribuyendo al bienestar de los caficultores y consumidores.

1) Sub línea de investigación

La ingeniería del software con metodologías ágiles permite una adaptación rápida a los cambios, la entrega continua de valor y la mejora del Monitoreo de Variables Ambientales en la Prevención de la Broca de Cultivos de Café Mediante Tecnologías IoT.

La colaboración multidisciplinaria y la retroalimentación constante son fundamentales para el éxito de este proyecto, en la medida de optimización de costos y tiempo [5]

C. Planteamiento del Problema

En Nariño, las zonas cafeteras se encuentran en 41 de los 65 municipios del departamento, donde la mayoría de las fincas no cuentan con apoyo técnico. La recolección y secado del café se realiza de manera rudimentaria, la mayoría de caficultores carece de infraestructura, equipos y maquinaria necesarios para potencializar la producción del café. A pesar de los desafíos técnicos y de comercialización, la cosecha y producción es parte del día a día de muchos caficultores nariñenses, quienes lo sustentan con técnicas aprendidas a lo largo de varias generaciones. [6]. Uno de los principales problemas son los cambios climáticos los cuales afectan el crecimiento del café. En algunos casos, los caficultores pueden experimentar sequías e inundaciones, factores influyentes en la propagación de la broca, esto puede dañar las cosechas y alterar las estaciones de floración, dichos cambios perturban directamente la calidad y cantidad de la producción del café, lo cual afecta directamente al caficultor. De acuerdo con la Federación de Cafeteros de Colombia (FNC), los fenómenos climáticos siguen afectando las cosechas, pues la producción registrada de café de Colombia, el mayor productor mundial de café arábigo lavado suave, En los últimos 12 meses, ha caído un 13% pasando de 12,3 millones de sacos a 10,7 millones y en el mes de junio aumentó 1% pasando de 951.000 sacos de 60 kg en 2022 a los 956.000 sacos registrados en el mismo mes de 2023 tal y como se muestra en las figuras 1 y 2. La baja producción de la cosecha se manifiesta por el incremento de las lluvias en la zona cafetera, después de haber sido víctimas del fenómeno de la niña durante tres años, a lo que se le suma, la escasez de fertilización debido al incremento en los precios de los insumos [7]. Por otro lado, los caficultores en muchos de los casos emplean técnicas inapropiadas para la producción del café debido a que enfrentan dificultades para acceder a capacitaciones, pues el soporte gubernamental no es suficiente, afirman los campesinos. A través de su experiencia y conocimiento ancestral, logran influir en aspectos como la elección de las variedades de café, prácticas agrícolas y métodos de procesamiento [8]. Sin embargo, no cuentan con las herramientas necesarias para prevenir que sus cultivos se estanquen. A partir de esta investigación se logró determinar que muchos de los caficultores no miden o determinan correctamente variables ambientales tales como la temperatura o la humedad, con instrumentos tecnológicos que les den precisión y confianza, sino que lo hacen de manera empírica, si bien no conocen ningún tipo de dispositivo electrónico que les pueda ayudar pues tampoco han tenido apoyo por parte de entidades educativas o gubernamentales que promuevan el uso de herramientas

tecnológicas que ayuden a solucionar muchos problemas relacionados con la producción de café. Desde una nueva perspectiva, se identifica que muchos caficultores no llevan un registro de producción o de los métodos que ejecutan al momento de realizar sus plantaciones. Esto significa que hay poca información disponible para evaluar la calidad y cantidad del producto obtenido, lo cual es fundamental para asegurar el éxito comercial y garantizar la sostenibilidad del negocio, los campesinos modernos enfrentan una serie de desafíos al tratar de mejorar sus procesos agrícolas. Uno de los principales problemas es la falta de control sobre estos procesos, en vista de que no existe un sistema en el que sea posible registrar las actividades realizadas. Ahora bien, muchas veces hay temor entre los campesinos hacia el uso tecnológico, pues suelen tener limitado el acceso a Internet u otros medios digitales en áreas rurales remotas [9] [10]. La falta de infraestructuras adecuadas, como acceso a Internet o redes móviles, dificulta la adopción de tecnología moderna, y el elevado precio que suelen tener estos productos limitan a los caficultores en la lucha por mejorar su producción.

D. Formulación del Problema

¿Cómo desarrollar un sistema de apoyo para el monitoreo de variables ambientales en la prevención de broca en cultivos de café a través de tecnologías IoT?

E. Objetivos

1) Objetivo General:

Optimizar los procesos de producción de café minimizando la pérdida que puede tener el caficultor por causa de la broca mediante un sistema IoT de monitoreo y alertas tempranas.

2) Objetivos Específicos:

- Establecer las variables ambientales usadas en la prevención de la broca en cultivos de café.
- Construir un dispositivo IoT que permita monitorear las variables utilizadas en la prevención de la broca del café y la generación de alertas tempranas
- Integrar el sistema de información con el dispositivo IoT permitiendo la visualización de los datos recolectados.

F. Justificación

El cultivo de café en Nariño un elemento clave para desarrollo sostenible de la región. Como motor de la economía, empresario y embajador de la calidad y la sostenibilidad en los mercados internacionales [11]. En el departamento de Nariño, el 63 por ciento de los municipios son productores de café, la mayor representación se da en la zona norte, que tiene aproximadamente el 66,63 por ciento de propiedades dedicadas al cultivo de café, mientras que el suroeste tiene el 33,37 por ciento restante [6]. Este producto ha trascendido fronteras y ha dejado una huella significativa en la economía, el medio ambiente y la cultura de la región.

La ingeniería de sistemas y el internet de las cosas (IoT) desempeñan un papel fundamental en la sistematización de cultivos de café, proporcionan herramientas y enfoques para optimizar y mejorar la cantidad y calidad en la producción [12]. A partir de la agricultura de precisión es posible obtener sistemas más competitivos y aumentar la eficiencia agronómica del sector caficultor, con esto se incorporan nuevas técnicas que permiten incrementar, mantener la productividad de los cultivos y al mismo tiempo reducir los costos de producción. El internet de las cosas o el IoT puede facilitar en gran medida el proceso de producción del café, y a su vez los caficultores pueden optimizar la calidad y eficiencia de su producción integrando la tecnología IoT en sus procesos. Por medio de sensores es posible recopilar información sobre la temperatura y la humedad de la tierra y otros factores ambientales que pueden influir en la plantación [13]. Esto permite a los caficultores inspeccionar las condiciones de las plantas en tiempo real y de esta manera tomar decisiones tempranas para optimizar la salud, productividad y el crecimiento del café.

En este contexto, se propone una solución fundada en IoT, que permita la optimización y mejora de la producción de café, la gestión y la eficiencia de las operaciones agrícolas como el monitoreo de variables ambientales, a partir de esto se pueden implementar sistemas de monitoreo basados en sensores para supervisar el estado de los cultivos en tiempo real. Esto permite una toma de decisiones más precisa y la identificación temprana de plagas como la broca. Por otro lado, se busca desarrollar un sistema de información que permita a los caficultores llevar a cabo un registro detallado de sus operaciones como, información sobre el cultivo, registros de cosecha y condiciones climáticas. Estos datos pueden utilizarse para tomar decisiones informadas y optimizar las operaciones.

apoyar a las comunidades campesinas a través de este proyecto, directamente desde la ingeniería de sistemas es una estrategia para promover el desarrollo agrícola sostenible y aportar al mejoramiento de la calidad de vida de los agricultores. Al proporcionar acceso a tecnologías y conocimientos avanzados, se les da la oportunidad de enfrentar los desafíos que se presentan y de esta manera adaptarse a un entorno cada vez más tecnológico.

H. Delimitación

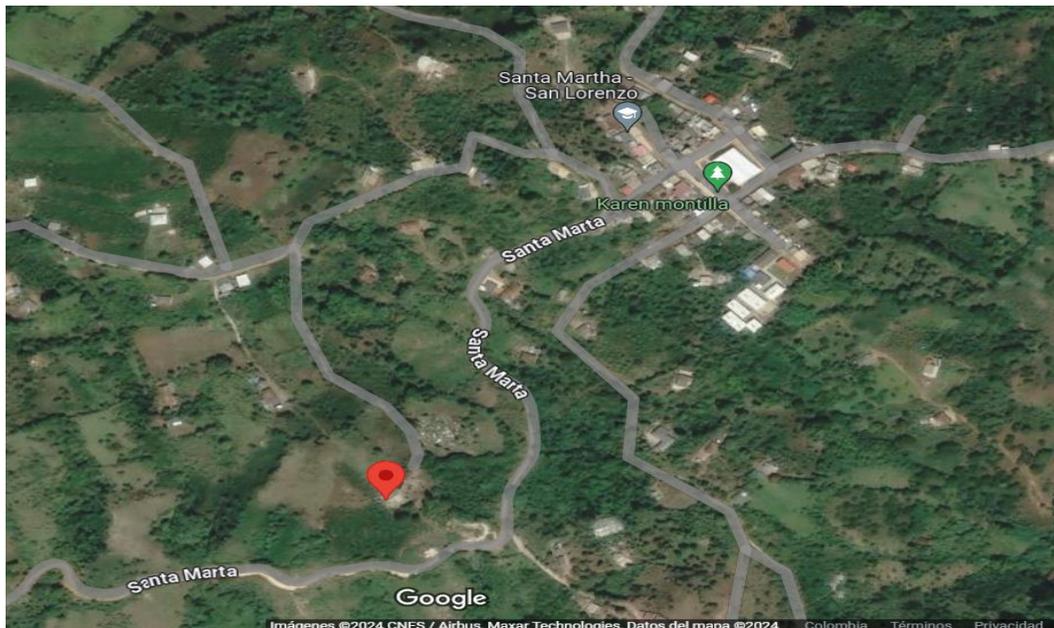


Fig.1. Corregimiento de Santa Martha

Fuente: Google Maps. [En línea].

Esta investigación se llevará a cabo al norte de Nariño en un municipio llamado San Lorenzo, específicamente en el Corregimiento de Santa Martha - finca Buena Vista (1.4736339, -77.1801275), cuyo representante legal es el señor: Segundo Floresmiro Lasso Lasso

El período de investigación abarca un año académico completo, desde septiembre de 2023 hasta agosto de 2024.

La población objetivo de esta investigación está compuesta por los caficultores del corregimiento de Santa Martha. Dada la limitación de recursos y tiempo, se trabaja con una familia del corregimiento, representada por el señor: Segundo Floresmiro Lasso. Para llevar a cabo esta

investigación, se utilizarán fuentes de información, como testimonios de expertos en el campo de la caficultura, campesinos y se recopilarán datos cualitativos para obtener una visión completa del tema.

El enfoque de la investigación tiene un impacto socio económico en el área de la agricultura específicamente enfocado hacia los caficultores, de esta manera será posible minimizar los impactos negativos y maximizar los beneficios para las comunidades locales y el medio ambiente.

II. MARCO TEORICO

A. Antecedentes

1) Internacionales

En el proyecto de [14] quien propone el diseño e implementación de un sistema de teledetección y monitoreo, basado especialmente en la operación e instalación de una estación meteorológica automática, para el monitoreo de las condiciones ambientales en el crecimiento de cafetales (temperatura y humedad del suelo en 3 niveles diferentes) y parámetros de las plantas como la humedad del suelo. Para [15] el monitoreo remoto de estos parámetros permite comprender las condiciones ambientales en las que crecen las plantaciones y relacionarlas con su salud y productividad.

Del mismo modo, en el ámbito de la agricultura de precisión una investigación internacional realizada por [16] plantea que la tecnología no solo se extiende en campos científicos, económicos de innovación en áreas educativas, sino también en el área de la agricultura. Por esta razón se plantea un estudio fundado en variaciones ambientales como, la humedad del suelo, los vientos y la altitud en la que se encuentra ubicado el plantío. A partir de esto propone el desarrollo de un prototipo de monitoreo con tecnología IoT para medir las condiciones de la planta en huertos de café. Para [17] el paradigma de internet e las cosas IoT evalúa conceptos de arquitectura y tecnología inteligentes que dan paso a la comunicación entre objeto a objeto, o persona a objeto, capaces de responder a casos de uso en la agricultura de precisión.

La agricultura de precisión es una técnica agrícola que utiliza tecnología electrónica y aplicaciones digitales para obtener un control periódico y preciso de las variables en el campo y el rendimiento de los cultivos, [18] propone una metodología de desarrollo de sistema IoT con LoRaWAN LPWAN (LowPower Wide Area Network). Esto permitirá al lector proponer una solución al agricultor para conseguir una gestión eficiente de su cultivo y mejorar no solo su calidad de vida sino que también la del medio ambiente.

2) Nacionales

Estudios realizados en Colombia [19] presenta una revisión actualizada de las diferentes aplicaciones enmarcadas en tecnologías en el Internet de las Cosas en la agricultura. Por otro lado, se ha puesto énfasis en los desarrollos de investigación aplicados en América Latina, para establecer la influencia de este tipo de tecnologías en la región. A través de este estudio se proporciona información sobre el futuro, estableciendo los dispositivos y tecnologías de IoT actuales aplicados en la agricultura. Según [20] La introducción de nuevas tecnologías puede permitir el monitoreo en tiempo real de las condiciones del cultivo de café, de manera que el caficultor cuente con una herramienta para la apropiada toma de decisiones. Esto puede impactar positivamente, a la producción del café.

La agricultura de precisión ha transformado la industria agrícola al utilizar tecnologías avanzadas para optimizar la producción, mejorar la eficiencia y reducir los impactos ambientales. En este contexto, el Internet de las cosas (IoT) ha surgido como una herramienta crucial Según [21] la agricultura de precisión soportada en IoT es impulsado por una combinación de procesos y métodos que abarcan el uso de sensores, una red y un dispositivo final, su objetivo principal es proporcionar al usuario final una representación de los datos de una manera visual y práctica. Cuando se habla del internet de las cosas IoT enfocado en la agricultura no sólo se hace referencia a dispositivos móviles como tabletas o drones, pues este concepto implica una interconexión de sistemas agrícolas de comunicaciones compatibles y colaborativos que comparten información en tiempo real, facilita la toma de decisiones informadas y mejorar la eficiencia y la productividad, sino que también contribuye a prácticas agrícolas más sostenibles. Para [22] el monitoreo de las variables ambientales es fundamental para evaluar el estado de los recursos naturales, situaciones concretas y apoyar las estrategias de gestión en la toma de decisiones mediante la lectura de parámetros físicos tales como humedad, temperatura o la presión. Para [23] mediante el monitoreo de variables ambientales a través de dispositivos IoT es posible observar datos en tiempo real sobre el ambiente en el que se encuentra el cultivo, lo que permitirá tomar decisiones informadas y precisas.

El cambio climático es un fenómeno que afecta a la agricultura de diversas maneras. El aumento o disminución de las precipitaciones, el deshielo o las olas de calor son algunos de los fenómenos

que inciden notablemente en la evolución de la agricultura, teniendo como principal consecuencia la disminución de la productividad agrícola es por esto que [24]

3) Regionales

Nariño, ha sido reconocido por la calidad excepcional de su café. La sistematización de plantas de café es esencial para mejorar la producción, la calidad y la sostenibilidad del café, en estudios realizados en la región [25] La principal problemática en el sector agrario nariñense se sostiene en tres aspectos concluyentes. La ruptura del entorno económico, el relevo generacional, considerado como un causante fundamental, para el desabastecimiento laboral; y, por último, el deterioro de la capa fértil del suelo, cuyo factor es el más alarmante para la agricultura, debido a que disminuye la probabilidad de aumentar la productividad y calidad de los suelos agrícolas. Por ello se brinda una alternativa para que el agricultor tenga la posibilidad de medir las diferentes variables ambientales como lo son la temperatura y la humedad del suelo.

Por otro lado para [26] Las variables físicas que afectan las plantas son aquellas que cumplen una condición directa sobre los cultivos y su entorno, por lo que es necesario realizar una medición de estas como son la temperatura y humedad, para que de esta manera se le pueda dar una interpretación adecuada de acuerdo al uso que se tiene establecido, por lo que propone el desarrollo de un sistema de análisis que apoye la detección de broca en sistemas de producción tradicional de cultivo de café a partir del seguimiento a variables climáticas a través de protocolos de comunicaciones para IOT.

El cambio climático es una realidad innegable que afecta a diversos sectores económicos en todo el mundo, Según un estudio [27] realizado en el municipio de Buesaco, Las fincas cafeteras son vulnerables a los cambios en los patrones climáticos. El aumento de eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones, afecta directamente la calidad y cantidad de la producción de café. Es por esto que la tipificación de fincas cafeteras emerge como una herramienta esencial en la lucha contra los efectos del cambio climático en la industria cafetalera. Al entender las características únicas de cada finca, los agricultores pueden tomar decisiones informadas que fortalezcan la resiliencia de sus cultivos. La importancia de los antecedentes regionales en un proyecto de sistematización de plantas de café en Nariño es innegable. Comprender las particularidades locales,

preservar la biodiversidad, colaborar con la comunidad y adoptar enfoques sostenibles son elementos clave para el éxito del proyecto.

El desarrollo de soluciones basadas en Internet de las Cosas (IoT) ha transformado diversos sectores, incluyendo la seguridad vial. En este contexto, el presente proyecto propone una arquitectura IoT que permite monitorear en tiempo real las condiciones de conducción de motociclistas en la ciudad de Pasto. A través de sensores estratégicamente integrados en las motocicletas, se recopilan datos como velocidad, ángulo de inclinación en curvas y distancia entre vehículos, que son enviados a una plataforma central para su análisis y visualización.

El sistema está diseñado para identificar patrones de conducción riesgosa y generar alertas tempranas, contribuyendo a la prevención de accidentes de tránsito. La información recopilada es procesada y presentada en un Dashboard web, ofreciendo herramientas visuales como gráficos dinámicos, mapas de georreferenciación y reportes personalizables que facilitan la toma de decisiones tanto para los motociclistas como para las autoridades viales [28].

B. Supuestos Teóricos de Investigación

Este estudio se basa en una serie de supuestos que subyacen al título "Sistema de Apoyo al Monitoreo de Variables Ambientales en la Prevención de Broca en Cultivos de Café mediante Tecnologías IoT". Estos supuestos teóricos son fundamentales para la comprensión y la ejecución de la investigación.

1) Eficiencia en la Producción

La sistematización de cultivos de café mejorará la eficiencia de producción en el momento de prevenir plagas como la broca. La investigación podría centrarse en medir la eficiencia antes y después de la implementación de sistemas de monitoreo y automatización, comparando el rendimiento con métodos tradicionales.

2) Mejora en la Producción del Café

La sistematización permitirá a los productores de café mantener estándares de calidad más consistentes, lo que resultará en una mejor calidad del producto final. La investigación podría analizar la cantidad del café producido haciendo uso de la sistematización de cultivos de café en comparación con métodos tradicionales, mediante la comparativa de café producido antes y después.

3) Sostenibilidad Ambiental

La sistematización de cultivos de café puede reducir el impacto ambiental, permitir una gestión más precisa de los recursos y una toma de decisiones más sostenible. Los estudios podrían evaluar el uso de recursos, como el agua y los productos químicos, y medir los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida del café.

4) Rentabilidad Económica

La implementación de tecnologías de sistematización será rentable para los productores de café debido a la mejora en la productividad y la calidad. La investigación podría realizar análisis económicos, comparar los costos y beneficios de la sistematización en relación con los métodos convencionales de cultivo de café.

5) Innovación Tecnológica

La investigación y desarrollo en el ámbito de la sistematización de cultivos de café impulsará la innovación en otras áreas, como la agricultura de precisión y la automatización. Es posible investigar cómo las tecnologías y soluciones desarrolladas para el café se pueden aplicar a otros cultivos y sectores agrícolas.

6) Producción de café en Colombia:

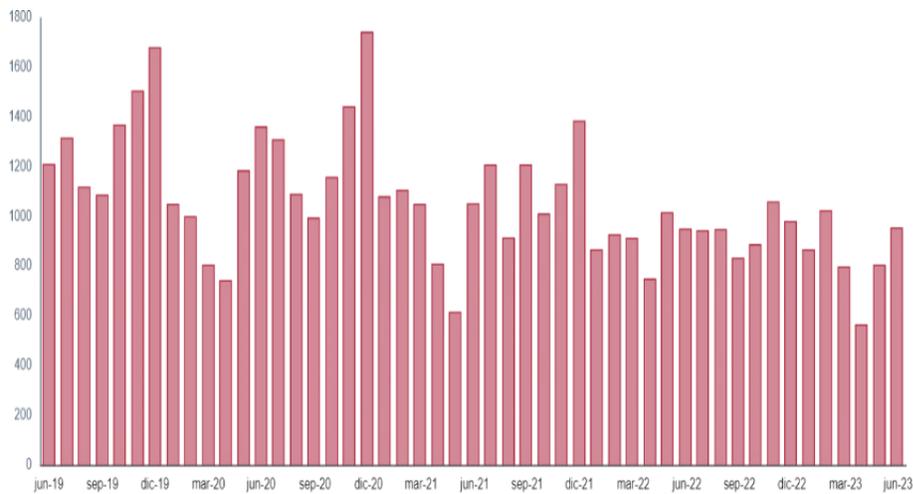


Fig.2. Producción de café de Colombia cae 6% en lo que va del año - Federación Nacional de Cafeteros”.

Fuente <https://federaciondecafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-de-cafe-de-colombia-cae-6-en-lo-que-va-del-ano/>

Abril	2023	2022	Variación
Mes	566.000	750.000	-25%
Año corrido	3.258.000	3.460.00	-6%
12 meses	10.882.000	11.989.000	-9%
Año cafetero (2022/23 vs. 2021/22)	6.188.000	6.988.000	-11%

Fig.3.Estadísticas Cafeteras - Federación Nacional de Cafeteros”.

Fuente <https://federaciondecafeteros.org/wp/estadisticas-cafeteras/>

7) Prevención de Plagas en Cultivos de Café

La investigación se centrará en identificar las plagas más comunes que afectan los cultivos de café, analizará los métodos de prevención existentes y propondrá nuevas técnicas y enfoques innovadores para combatir la broca.

8) Sistemas de Monitoreo Ambiental

Estos sistemas permitirán a los productores tomar decisiones informadas para optimizar sus prácticas agrícolas, Se asume que los sistemas de monitoreo ambiental, en particular los basados en IoT, son herramientas efectivas para recopilar datos precisos sobre cierto tipo de variables ambientales, como por ejemplo la humedad de la tierra y la temperatura.

C. Variables de Estudio

Las variables de estudio se dividen en variables dependiente y variables independientes.

1) Variables independientes

Monitoreo de variables ambientales.

2) Variables dependientes

Estas variables se componen por:

Condiciones climáticas.

Identificación patrones y tendencias.

Tecnologías de Sistematización.

Comunicación resultados.

D. Definición nominal de las variables

Monitoreo de variables ambientales

El monitoreo ambiental tiene como objetivo principal identificar y prevenir la aparición de la broca del café en las plantaciones, minimizando su impacto en la producción y la calidad del grano. [29]

Condiciones climáticas

El clima se define como las condiciones meteorológicas medias que caracterizan a un lugar determinado [30]. Es una síntesis del tiempo atmosférico, obtenida a partir de estadísticas a largo plazo. Algunos elementos relacionados son la temperatura y la humedad.

Tecnologías de Sistematización

Las Tecnologías de Sistematización de cultivos de café implica el uso de técnicas y herramientas que se utilizan para mejorar la productividad, calidad y sostenibilidad del cultivo de café. Estas tecnologías incluyen prácticas agronómicas, como la gestión integrada de plagas. [31] [32]

E. Definición nominal de las variables

Identificación de patrones y tendencias:

Proceso de análisis de datos para encontrar patrones recurrentes (existentes o no existentes) o tendencias que sugieren comportamientos o relaciones subyacentes. [33]

Comunicación de resultados:

Proceso de transmitir información de manera clara, concisa y efectiva a un público objetivo.

F. Definición Operativa De Variables

Condiciones climáticas:

La temperatura óptima para el correcto desarrollo del café, se encuentra entre 20°C y 25°C. Una humedad relativa alrededor del 90% y 93,5% se considera ideal para el cultivo de café, ya que proporciona un ambiente húmedo sin ser excesivamente propenso a enfermedades [34]

Identificación de Patrones y Tendencias:

El análisis de datos históricos y actuales de las variables ambientales y de infestación por broca del café permite identificar patrones repetitivos en el comportamiento de la plaga. Esta información es fundamental para predecir su aparición y tomar medidas preventivas oportunas [35].

Tecnologías de Sistematización:

Se implementa la utilización de sensores para medir parámetros como la humedad del suelo y la temperatura, para el correcto monitoreo del cultivo de café.

Comunicación de resultados:

Identificar el público objetivo a quien se dirigen los resultados del monitoreo ambiental es crucial para adaptar el lenguaje, la presentación y el nivel de detalle de la información. Esto garantiza que los resultados sean comprensibles y útiles para los diferentes actores involucrados en el manejo del cultivo.

VARIABLES DEPENDIENTES	INDICADOR	MÉTRICO	FRECUENCIA	RESPONSABILIDAD
Condiciones climáticas	Temperatura	Grados Celsius (°C)	Cada hora	Sensor de temperatura
Condiciones climáticas	Humedad relativa	Porcentaje (%)	Cada hora	Sensor de humedad
Identificación patrones y tendencias	Patrones	Análisis de datos históricos y actuales	Semanalmente	Investigador

Identificación patrones y tendencias	Tendencias	Análisis de datos históricos y actuales	Mensual	Investigador
Tecnologías de Sistematización	Tipo de tecnología	Sensores, software, plataformas	Anual	Investigador
Tecnologías de Sistematización	Nivel de complejidad	Evaluación de la complejidad	Anual	Investigador
Tecnologías de Sistematización	Eficiencia	Análisis de eficiencia	Trimestral	Investigador
Comunicación resultados	Canal de comunicación	Reuniones, sistema CIoT	Mensual y según necesidad	Investigador
Comunicación resultados	Audiencia objetiva	Caficultores, U CESMAG	Según el canal de comunicación	Investigador

Tabla 1: definición operativa de las variables dependientes

Fuente: Esta investigación

G. Formulación de hipótesis

1) Hipótesis de investigación

La implementación de tecnologías de sistematización en cultivos de café está positivamente correlacionada con un aumento significativo en la eficiencia operativa y la productividad de las plantaciones cafetaleras. Se espera que la implementación de un sistema de monitoreo continuo de variables ambientales mediante dispositivos IoT reduzca significativamente la incidencia de brotes de broca.

2) Hipótesis nula

La implementación de tecnologías de sistematización en cultivos de café está positivamente correlacionada con un aumento significativo en la eficiencia operativa y la productividad de las plantaciones cafetaleras. Se espera que la implementación de un sistema de monitoreo continuo de variables ambientales mediante dispositivos IoT no reduzca de manera significativa la incidencia de brotes de broca.

3) *Hipótesis alterna*

Se plantea que la sistematización de cultivos de café contribuirá significativamente a la educación del caficultor, proporcionando conocimientos avanzados y prácticos que mejorarán sus técnicas agrícolas y gestión en sus cultivos.

III. METODOLOGÍA

A. Paradigma

El paradigma de esta investigación es positivista, en la sistematización de cultivos de café, el estudio positivista se enfoca en la investigación de aspectos específicos y medibles, como la relación entre la implementación de tecnologías de sistematización y el aumento cuantitativo de la productividad y la calidad del café, o la relación entre la medición de variables ambientales, como la humedad y la temperatura y la aparición de plagas como la broca en los cultivos de café. En este enfoque se buscarán resultados objetivos y medibles, como porcentajes de aumento en la producción, reducción en las pérdidas por plagas como la broca y mejoras en la calidad del grano.

B) Enfoque

La presente investigación se desarrollará por medio del enfoque cuantitativo, Este enfoque hace uso de la recolección de datos para probar hipótesis, La investigación cuantitativa se basa en la medición numérica y el análisis estadístico, de esta manera determina patrones de comportamiento y prueba teorías [36]. En este contexto la investigación cuantitativa implica la recolección y el análisis de datos numéricos para responder preguntas específicas como ¿Cuál es la producción de café por hectárea? de esa forma probar hipótesis relacionadas con las prácticas de sistematización y su impacto en los cultivos de café.

B. Método

El método científico se ajusta a esta investigación porque es un método sistemático y organizado [37], el monitoreo de variables ambientales, la precisión es esencial para entender los cambios en el entorno, y el método científico proporciona un marco para organizar y estructurar el trabajo [38]. También es una herramienta valiosa para el monitoreo de variables ambientales como la temperatura y la humedad. Al seguir este método, es posible obtener resultados válidos y mucho

más confiables que pueden ser utilizados para tomar decisiones informadas sobre cómo gestionar los cultivos de café de manera sostenible y como prevenir plagas como la broca

C. Tipo de investigación

Este tipo de investigación es experimental, ya que se busca manipular y controlar las variables ambientales del entorno donde se cultiva el café, como la temperatura y la humedad, para evaluar su impacto en la aparición y comportamiento de la broca del café. Mediante la experimentación, se someterán los cultivos a condiciones controladas que simulen escenarios favorables y desfavorables para la plaga, permitiendo observar directamente su ciclo de vida, comportamiento, nivel de infestación y los daños causados al cultivo. Esto proporcionará información clave para diseñar un sistema de monitoreo efectivo que permita tomar decisiones informadas en la prevención de la broca.

D. Diseño de investigación

El diseño de investigación seleccionado para este proyecto es el cuasi experimental, pues La metodología de este tipo de investigación se caracteriza por ser descriptiva debido a que hay más hipótesis alternativas que pueden ajustarse a los datos, consiste en observar el comportamiento de los individuos, de las diferentes variables y registrar datos cuantitativos [39].

E. Población

El estudio se enfocará en los cultivos de café de la región norte del departamento de Nariño, específicamente en la Finca Cafetera Buena Vista. Esta finca, ubicada en el corregimiento de Santa Martha del municipio de San Lorenzo, cuenta con aproximadamente 4.100 plantíos de café arábigo cultivados a una distancia de 1.50 metros entre sí.

F. Muestra

Para la correspondiente investigación se utilizará el tipo de muestreo aleatorio estratificado proporcional, lo cual indica que, el tamaño de la muestra para cada estrato es proporcional al tamaño del estrato en la población. La población objetivo, compuesta por 4.100 plantíos de café, presenta una alta probabilidad de heterogeneidad en cuanto a variables ambientales como la temperatura y la humedad, es decir que la población definida en la Finca Cafetera Buena Vista no es homogénea; está dividida en diferentes estratos (Norte, Sur, Este, Oeste). Cada estrato puede tener características de microclimas particulares que afectan la infestación de la broca del café.

El muestreo estratificado garantiza que cada estrato de la población esté representado proporcionalmente en la muestra. Esto es crucial para obtener conclusiones precisas y generalizables sobre toda la finca. [40].

Fórmula para calcular el Tamaño Total de la Muestra (n)

$$n = \frac{N \cdot z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2 \cdot (N - 1) + z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

```

N = 4100 # Tamaño de la población
Z = 1.96 # Valor Z para un nivel de confianza del 95%
p = 0.5 # Proporción esperada
e = 0.05 # Margen de error

# Calcular el tamaño total de la muestra (n)
n = (N * (Z**2) * p * (1 - p)) / ((e**2 * (N - 1)) + (Z**2 * p * (1 - p)))

# Redondear el tamaño de la muestra
n = round(n)

print(n)

```

351

Fig.4. Tamaño de la Población

Fórmula para calcular el Tamaño de la Muestra para Cada Estrato

$$n_h = n \cdot \frac{N_h}{N}$$

```
# Estratos y tamaño de población por estrato
estratos = ['Norte', 'Sur', 'Este', 'Oeste']
tamaño_población_estrato = [1025, 1025, 1025, 1025]

# Calcular el tamaño de la muestra para cada estrato
tamaño_muestra_estrato = [round(n * (N_h / N)) for N_h in tamaño_población_estrato]

# Mostrar los resultados
for estrato, tamaño_población, tamaño_muestra in zip(estratos, tamaño_población_estrato, tamaño_muestra_estrato):
    print(f'Estrato: {estrato}, Tamaño de la Población: {tamaño_población}, Tamaño de la Muestra: {tamaño_muestra}')
```

Estrato: Norte, Tamaño de la Población: 1025, Tamaño de la Muestra: 88
 Estrato: Sur, Tamaño de la Población: 1025, Tamaño de la Muestra: 88
 Estrato: Este, Tamaño de la Población: 1025, Tamaño de la Muestra: 88
 Estrato: Oeste, Tamaño de la Población: 1025, Tamaño de la Muestra: 88

Fig.5. Tamaño de la Muestra por estrato

H. Técnicas de recolección de información

Para llevar a cabo esta investigación, se tomará como punto referencia el sector cafetero del departamento de Nariño en el municipio de San Lorenzo. Se visitarán las fincas cafeteras que se encuentran dentro de la zona de influencia con el fin de conocer de los diferentes métodos empleados por los caficultores en la prevención de la broca y entender su impacto en los cultivos de café. El estudio se llevará a cabo mediante la técnica de recolección estructurada [41], donde se establecerá un plan de observación basado en técnicas definidas para evaluar las prácticas de los caficultores en la prevención de la broca. Este enfoque garantiza una recopilación de datos sistemática y cuantificable.

Adicionalmente, se realizará una encuesta sobre el manejo integrado de la broca del café durante las visitas a las fincas. Esto permitirá obtener información detallada y práctica directamente de los caficultores, complementando así la recolección estructurada con datos cualitativos. Para obtener una visión completa del tema, se recurrirá a fuentes oficiales como la Federación Nacional de Cafeteros [42], aprovechando su experiencia y conocimientos consolidados en el campo. Por otro lado, se incorporará la extracción de datos secundarios provenientes de diversas fuentes, como

revistas especializadas, artículos científicos y libros. Esta diversidad de fuentes secundarias enriquecerá la investigación al proporcionar perspectivas adicionales con información respaldada por la comunidad científica.

1) Validez de las técnicas de recolección de información

Abordar aspectos, como el uso de tecnología adecuada, páginas web verificadas como la federación de cafeteros [2] o la participación comunitaria adecuada, son factores que dejan una mejor posición para garantizar la validez de las técnicas de recolección de información para que el proyecto de monitoreo de variables ambientales en la prevención de la broca sea viable.

La validación se refuerza mediante el contraste de datos obtenidos directamente de las encuestas aplicadas a los caficultores locales con información primaria proporcionada por representantes institucionales, tales como la Federación Nacional de Cafeteros [7], el Comité de Cafeteros de Caldas y expertos internacionales en caficultura. Este enfoque asegura que las percepciones y prácticas de los caficultores sean respaldadas por entidades reconocidas y con autoridad en el sector.

También, se realizarán comparaciones con datos secundarios extraídos de revistas especializadas, informes de proyectos destacados como los reportados por mundo cafeto [43], y publicaciones científicas internacionales. La triangulación de estas diversas fuentes refuerza la validez al asegurar que las conclusiones estén basadas en un panorama integral y multidimensional.

2) Confiabilidad de las técnicas de recolección

La transparencia en los métodos y la documentación adecuada son fundamentales para respaldar la credibilidad de los datos, es por esto que se tienen en cuenta la validación de los datos recopilados,

provenientes de páginas web, libros, o datos históricos para identificar posibles inconsistencias y corregirlas.

En este proyecto, cada encuesta y observación estructurada será registrada en un formato estandarizado, asegurando que las respuestas sean consistentes y reproducibles. Los datos recolectados serán revisados y comparados con los de representantes primarios como la Federación Nacional de Cafeteros, boletines y comités regionales, lo cual permite identificar y corregir inconsistencias antes de realizar análisis definitivos.

Por otra parte, las fuentes secundarias utilizadas, como artículos científicos, fueron cuidadosamente seleccionadas para garantizar que solo información de alta calidad y relevancia sea incluida. La confiabilidad también se ve fortalecida mediante la implementación de metodologías reconocidas en estudios previos, aplicadas a contextos similares.

3) Instrumentos de recolección de información

La encuesta, uno de los medios más importantes en la recolección de información del proyecto de monitoreo de variables ambientales. Esta metodología involucra la interacción directa entre el investigador y los participantes con el propósito de obtener información, opiniones o experiencias específicas sobre el tema en cuestión. Dentro de este marco, la encuesta emerge como una herramienta invaluable para recopilar datos cualitativos y obtener perspectivas minuciosas de los diversos actores involucrados en la actividad de cultivo del café [43].

A partir de la implementación de encuesta, es posible realizar la investigación de las experiencias y conocimientos de los agricultores expertos en el cultivo de café. Además, esta metodología facilita la identificación detallada de las prácticas empleadas por los caficultores en relación con la prevención de la broca, brindando así una comprensión más profunda de las estrategias utilizadas en este contexto específico. Asimismo, a través de las encuestas, los agricultores tienen la oportunidad de compartir los desafíos y obstáculos que enfrentan en sus cultivos de café, proporcionando información esencial para delinear áreas específicas que podrían beneficiarse de

intervenciones y mejoras en las prácticas agrícolas. Este proceso de obtención de datos cualitativos se presenta como un componente crucial en la consecución de los objetivos del proyecto.

IV. RECURSOS DE LA INVESTIGACIÓN

A. Establecer las variables ambientales usadas en la prevención de la broca en cultivos de café

1) La broca del café

Para abordar el primer objetivo de la investigación, que consiste en caracterizar las variables ambientales que influyen en la aparición y desarrollo de la broca del café, se realizó un estudio exhaustivo sobre la relación entre estas variables y esta plaga. La broca del café, denominada científicamente como *Hypothenemus hampei* (Ferrari), se reconoce como la plaga más devastadora para los cultivos de café y es originaria de África, esta especie de escarabajo se ha logrado propagar alrededor de todo el mundo. Su impacto perjudicial se fundamenta en su habilidad para alimentarse y reproducirse dentro de los frutos del café [44]. En situaciones de infestación severa, las consecuencias pueden ser significativas, con la posibilidad de que las pérdidas de rendimiento alcancen hasta un 35%, llegando incluso a afectar la totalidad de los frutos [45].

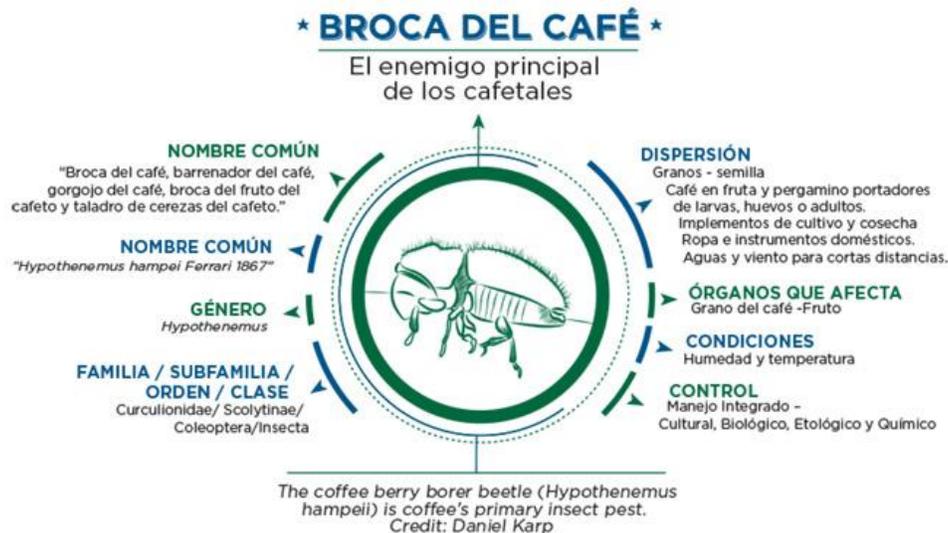


Fig.6. Broca del café, el enemigo principal de los cafetales.

Fuente <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/broca-del-cafe>

La broca del café, en su ciclo biológico, pasa por las fases de, huevo, larva, pupa y adulto, tal como se muestra en la fig.2 y fig.3 llevando a cabo todo su desarrollo internamente, es decir en el fruto del café.

La hembra deposita entre 30 y 100 huevos fertilizados en un periodo de 20 a 40 días. Se observa una preferencia reproductiva hacia las hembras, con una relación estimada de alrededor de 10 hembras por cada macho [45] [46].

Al eclosionar, las larvas comienzan a alimentarse del tejido del fruto, causando daños considerables. Las hembras se aparean con machos de su propia descendencia, para después emprender vuelo en busca de nuevos frutos para colonizar. Es importante destacar que la hembra que ha colonizado inicialmente permanece en el fruto del café hasta que este termina con su ciclo de vida, la presencia de la broca del café impacta directamente en la calidad del grano, afectando su sabor, aroma y valor comercial. Las perforaciones en los granos abren la puerta a la entrada de hongos y bacterias, comprometiendo aún más la calidad del café. Además, los granos infestados suelen ser de menor tamaño y calidad, lo que afecta negativamente la rentabilidad de las plantaciones y reduce los ingresos de los caficultores.

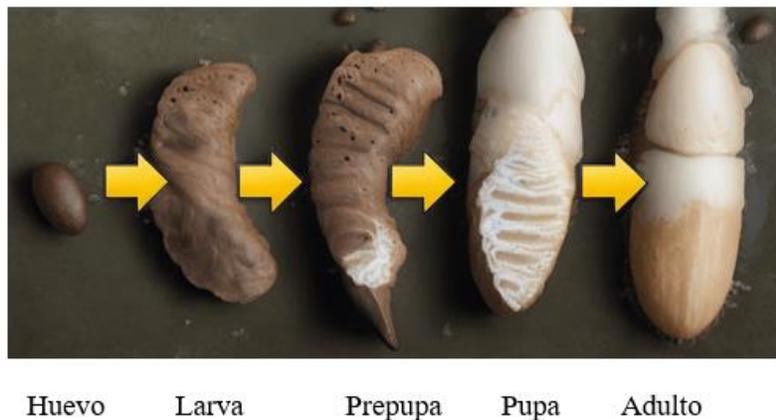


Fig.7. Etapas el ciclo biológico de la broca.

Una pregunta frecuente entre los caficultores es ¿cómo aparece la broca? Pues la aparición de ésta se ve directamente relacionada con las condiciones ambientales las cuales ejercen una influencia crucial en el desarrollo de la broca del café, siendo la temperatura y la humedad factores determinantes. El tiempo de maduración del fruto, así como la duración del ciclo de vida de la broca y sus complejas interacciones, están estrechamente ligadas a las condiciones de temperaturas promedio, ya sean altas o bajas, presentes en cada zona cafetalera. El periodo propicio para que la broca se instale en el fruto y sirva de fuente alimenticia para su desarrollo ocurre aproximadamente a los 119 días después de la floración, a una altitud de 1.400 metros sobre el nivel del mar.

La vulnerabilidad de los frutos de café al ataque de la broca inicia cuando su peso seco alcanza o supera el 20%, que se logra entre los 100 y 150 días de desarrollo posterior a la floración, dependiendo de la latitud de la región [47]. La humedad desempeña un papel crucial en la mortalidad y el potencial reproductivo de la broca. En condiciones de baja humedad, se registra una tasa significativa de mortalidad, y dado que el barrenador es altamente sensible a la humedad, selecciona el momento oportuno después de las lluvias para emerger, evitando de esta manera la desecación. Estos factores ambientales subrayan la complejidad del ciclo de vida de la broca del café y sus adaptaciones a las condiciones específicas de cada entorno cafetalero.

Este escarabajo prefiere regiones caracterizadas por altos niveles de humedad y temperaturas cálidas. Las condiciones óptimas para su desarrollo abarcan un rango de humedad que oscila entre el 90% y el 93,5%, acompañado de temperaturas situadas entre 20°C y 25°C. La humedad es esencial para la broca del café [45]. Niveles elevados, típicos de las regiones tropicales, favorecen su actividad y reproducción. La humedad es especialmente importante durante las etapas de pupa y emergencia de los adultos. Estas regiones propicias comprenden tanto áreas de tierras altas como zonas tropicales. En este entorno específico, la broca encuentra condiciones ideales para su reproducción y desarrollo, destacando la importancia de la humedad y la temperatura en su elección de hábitat.

En resumen, la broca del café está estrechamente vinculada a las condiciones ambientales, y su presencia y actividad se ven fuertemente influenciadas por factores como temperatura, humedad y altitud. La comprensión de esta relación es esencial para desarrollar estrategias de manejo y control.

2) Manejo Integrado de la Broca (MIB)

Control químico de la broca

La broca del café, es uno de los desafíos que enfrentan los productores de café a nivel global, esta plaga representa una para los cultivos. Los daños causados por esta pueden tener consecuencias significativas y se manifiestan en una disminución tanto en la calidad como en la cantidad de la cosecha [48]. Para identificar la posible presencia de la broca, el primer paso consiste en mantener un registro preciso del proceso de floración en la plantación de café, para ello es necesario tener en cuenta las fechas en que se produce la floración [49]. Este historial se convierte en una herramienta valiosa para determinar el mejor momento para realizar la inspección de la broca, esta puede aparecer entre los 120 días después de la floración, dependiendo de la altitud y las condiciones climáticas específicas de la región [50]. A partir de estos datos, cada cultivador debe determinar cuándo su plantación alcanza ese período crítico propicio para la infestación [51].

La implementación de un control eficaz de la broca del café es una necesidad ineludible para salvaguardar la salud de las plantas y a su vez preservar la rentabilidad de la industria cafetalera. El Manejo Integrado de la Broca del Café (MIBC) es un enfoque generalizado y sostenible para realizar un control preciso y eficaz, entre las practicas presentes se encuentra el control químico que comúnmente se utiliza para combatir la plaga [52]. Este enfoque implica el uso de insecticidas como, pirimiphos methyl, fenitrothion, fenthion que actúan tal y como se muestra en la fig2 [49]. Estos agentes químicos se encuentran en el mercado con diversas formulaciones y denominaciones que varían dependiendo de la región donde se encuentre. Además, cabe la posibilidad de que algunos de estos insecticidas pueden estar restringidos o prohibidos debido a su elevada toxicidad. La utilidad de estos venenos se manifiesta con mayor eficacia durante el vuelo de la broca cuando busca los frutos y ha iniciado la perforación y son menos efectivos una vez que la broca ha penetrado el endospermo del fruto y ha depositado sus huevos.

Es fundamental comprender que, para los cultivadores de café, lo preferible es evitar la necesidad de recurrir a este tipo de control, debido a que su implementación conlleva desventajas significativas, por ejemplo, las repercusiones en la biodiversidad de la plantación y los riesgos que representa para la salud de sí mismos. Por otro lado, un aspecto adicional a considerar es que en ocasiones los periodos críticos de infestación de la broca coinciden con la época de recolección del café. Lo más recomendable en estos casos, es evitar la aplicación de controles químicos, pues aplicarlos durante la cosecha conlleva riesgos como obtener granos de café con residuos o trazas de productos agroquímicos, lo cual representaría una seria amenaza para la calidad del café.



Fig.8: Control químico

Fuente: <https://www.artguru.ai/es/>

Es importante reconocer que la simple aplicación de medidas de control como el uso químico es insuficiente para resolver la problemática asociada con la broca del café. Es por esto, que se da mayor al control integral de los factores que inciden en esta plaga y otras enfermedades que afectan los cultivos de café. Desde esta perspectiva el manejo integrado de la broca, es más que un

enfoque que implica el manejo de químicos, sino que también es la implementación de una diversidad de procedimientos y técnicas destinadas al manejo de esta plaga. Algunas de las prácticas más comunes son las siguientes

Control Manual de la Broca

El control manual implica la intervención directa y física para recolectar o eliminar la broca y sus larvas de las plantas. Este control se lleva a cabo después de completar la cosecha principal. Este proceso implica la recolección de todos los frutos restantes en las plantas y aquellos que han caído al suelo, es muy importante hacer énfasis en la recolección de los frutos caídos, debido a que con esta práctica asegura una notable disminución en los ataques de esta plaga. El objetivo es prevenir que la broca encuentre frutos disponibles para albergarse, alimentarse y reproducirse durante el periodo de espera hasta el próximo ciclo productivo del cultivo.

Cuando los cultivos son demasiado grandes, llevar a cabo este tipo de control mecánico puede ser complicado. Por lo tanto, se puede explorar la opción de emplear mallas plásticas colocadas debajo de las plantas. Esta medida evita que los granos perforados o secos caigan directamente al suelo, de esta manera se facilita el proceso de recolección. Otro medio es incluir el uso de herramientas como canastillas o aspiradoras, que se pueden adaptar a la recolección de los frutos del café, tal como se muestra en la fig3 y fig4.



Fig.9: Recolección de frutos de café del suelo.

Fuente: [\(PDF\) Recolección de frutos de café del suelo con canastilla: herramienta para el manejo integrado de la broca \(researchgate.net\)](#)



Fig.10: Usar las lonas es cosechar de manera inteligente.

Fuente: <https://caldas.federaciondecafeteros.org/listado-noticias/usar-las-lonas-es-cosechar-de-manera-inteligente/>

Control cultural de la Broca

El control cultural implica la implementación de prácticas agrícolas específicas para reducir la población de broca y minimizar sus impactos en los cultivos [52]. A menudo se suele confundir el control manual sin embargo el control cultural desarrolla una estrategia a largo plazo que busca crear un ambiente menos favorable para la broca en el entorno agrícola [53]. Algunas prácticas culturales están disponibles, como cambiar los cultivos en rotación, optar por variedades de café resistentes a la broca como Oro Azteca y Talismán [54], sembrar de manera escalonada para evitar grandes concentraciones de frutas maduras y llevar a cabo una poda precisa de las plantas.

Control Etológico de la Broca

Este tipo de control consiste en la utilización de feromonas o una mezcla de alcoholes etílico y metílico, para atraer a los machos de la broca y de esta manera impedir apareamiento con las hembras, así logrando disminuir la población de la broca del café y prevenir la infestación de los cultivos [55]. Se sugiere una densidad de 12 trampas por 7000m². Cada dos semanas, es necesario recolectar los insectos de las trampas y renovar el líquido de captura, recargando simultáneamente los difusores con las feromonas.

MATERIALES

- ✓ Botellas PET de 2 litros
- ✓ Frascos de medicamento inyectable vacíos de 10 o 13 ml
- ✓ Navaja
- ✓ Tijeras
- ✓ Aguja capotera
- ✓ Mechero/encendedor
- ✓ Etanol (alcohol etílico)
- ✓ Metanol (alcohol metílico)
- ✓ Café tostado y molido
- ✓ Cuchara soperera (15 ml)
- ✓ Filtro para café o tela de malla fina
- ✓ Alambre galvanizado delgado y flexible



Se deben colocar 20 trampas artesanales, distribuidas uniformemente, por cada hectárea del

Fig.11: Control etológico de la broca del café.

Fuente: [Control etológico de la broca del café - blog.cambiagro.com](http://blog.cambiagro.com)

Control Biológico de la Broca

El control biológico de la broca del café es una práctica amigable con el medio ambiente, esta consiste en emplear organismos vivos para reducir o controlar las poblaciones de la broca en los cultivos café, a continuación, se mostrarán algunas prácticas control biológico:

Parasitoides

Los parasitoides *Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea* son altamente efectivos en el control de la broca del café. Una vez que los huevos de estos parasitoides eclosionan, sus larvas se alimentan de la broca y parasitan sus huevos, larvas, pre pupas y pupas, ocasionando la muerte del insecto en el proceso. Además, es factible criar estas especies de manera artesanal utilizando brocas recolectadas del mismo lote. Dado que se alimentan exclusivamente de brocas, no afectan demás plantas y tampoco otros insectos [56] [52].

Hongos entomopatógenos

Uno de los métodos más utilizado para controlar la broca, es el hongo *Beauveria bassiana*, para la aplicación de este se prepara una solución del hongo, es necesario mezclarlo con agua y jabón en una fumigadora. Se recomienda aplicarlo preferiblemente durante las mañanas o en la tarde cuando el clima este fresco. El *Beauveria bassiana* [57]. Una vez que localiza a la broca, los nematodos buscan orificios naturales o puntos débiles en su cutícula externa para ingresar a su cuerpo, utilizando enzimas para debilitar la cutícula y facilitar la entrada. Al penetrar, los nematodos transportan consigo bacterias, las cuales son liberadas en el cuerpo de la broca y resultan patógenas para ella. Estas bacterias proliferan en el interior de la broca, provocando infecciones graves y eventualmente conduciendo a la muerte del insecto. Asimismo, las bacterias liberan toxinas que contribuyen al proceso de eliminación. Una vez que elimina a la broca, los nematodos se alimentan

de las bacterias y de los restos del insecto con el objetivo de buscar de nuevas brocas para alargar su ciclo de vida [58].

El manejo integrado de la broca es una estrategia efectiva que fusiona diversos métodos para controlar esta plaga de manera sostenible. La colaboración activa de los agricultores, la utilización responsable de productos químicos y la promoción de prácticas estas agrícolas son elementos cruciales para el logro exitoso de este enfoque. Igualmente, la persistencia en la investigación y la capacidad de adaptación a las condiciones locales son fundamentales para asegurar la eficacia a largo plazo del manejo integrado de la broca.

3) *Análisis de las encuestas a caficultores*

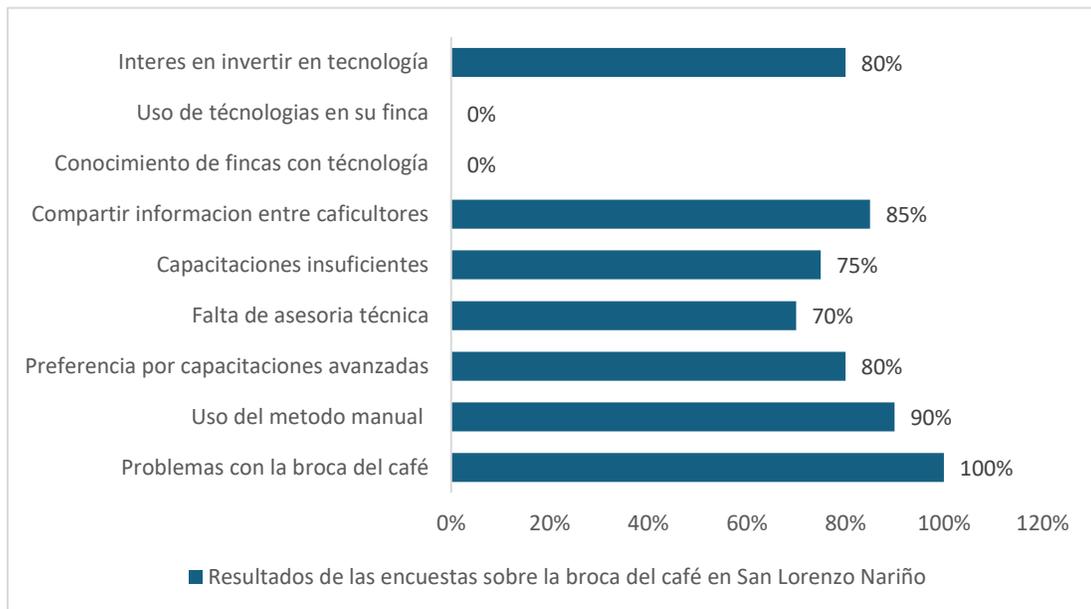


Fig.12: Analisis de las encuestas a caficultores

El presente informe recopila respuestas proporcionadas por los diferentes caficultores entrevistados en el municipio de San Lorenzo Nariño, corregimiento de Santa Martha, en relación con la problemática asociada a la broca del café en su finca. La encuesta aborda varios aspectos, desde la identificación de problemas hasta la disposición del agricultor para adoptar nuevas tecnologías.

En los últimos años, el 100% de los encuestados ha enfrentado dificultades relacionadas con la broca del café en sus fincas, siendo la disminución en la producción el problema principal. Actualmente, el 90% de los caficultores se enfoca en el método manual de control, específicamente el método RE-RE, que implica la recolección manual o mecánica de frutos de la planta y el suelo.

Se observa una preferencia por recibir capacitaciones avanzadas para mejorar las habilidades de control, ya que el 70% carece de asesoría técnica en el manejo integrado de plagas. Aunque el 75% ha participado en capacitaciones sobre la broca del café, consideran insuficiente dicha participación y buscan aprender nuevos métodos más eficaces.

De igual manera, se destaca que el 85% de los caficultores practica informalmente el compartir información y experiencias sobre el manejo de la broca entre la comunidad. Se sugiere mejorar la colaboración mediante la creación de agrupaciones o comités para controlar las infestaciones en fincas contiguas. Dicen los campesinos que el 0% tiene conocimiento de fincas que utilicen dispositivos electrónicos para el control de la broca. Relacionado con esto, ninguno de los encuestados (0%) utiliza tecnologías, sensores o sistemas de monitoreo para el control de la broca, aunque el 80% muestra interés en invertir en tecnologías accesibles pero efectivas.

Los caficultores muestran una clara disposición para mejorar sus métodos de control, enfatizando la necesidad de capacitaciones y expresando interés en adoptar tecnologías asequibles. La formación de grupos colaborativos entre caficultores se plantea como una estrategia efectiva para abordar la problemática de manera conjunta. La introducción de tecnologías accesibles podría contribuir significativamente a mejorar la eficacia en el control de la broca del café y, por ende, a la producción cafetalera en la región.



Fig.13: Encuesta a caficultores

4) *Caracterización de variables ambientales*

Este informe tiene como objetivo caracterizar las variables ambientales, principalmente la temperatura y la humedad, en relación a la broca del café (*Hypothenemus hampei*) con la finalidad de desarrollar un Sistema de Apoyo para el Monitoreo de Variables Ambientales a través de las tecnologías IoT (Internet de las Cosas). Este sistema busca proporcionar datos en tiempo real que faciliten el manejo eficiente de la plaga y contribuyan a la sostenibilidad de las plantaciones cafetaleras.

La caracterización de las variables ambientales se llevará a cabo mediante la instalación de sensores ambientales conectados a una red IoT en la finca cafetalera Vella Vista, la cual se encuentra ubicada en el corregimiento de Santa Martha, Municipio de San Lorenzo Nariño. Estos sensores medirán la temperatura y la humedad en diferentes áreas de la plantación, estos datos serán recopilados y analizados para entender la influencia de estas variables en la presencia y actividad de la broca del café.

Temperatura

Los datos obtenidos permitirán identificar el rango de temperatura óptimo para la actividad de la broca, que oscila entre 20°C y 25°C [59]. Este rango se correlaciona con períodos críticos para la reproducción y desarrollo de la plaga.

Por otro lado, se considera necesario tener en cuenta las variaciones significativas en la temperatura durante el día y la noche, lo que destaca la importancia de monitoreo continuo para comprender las fluctuaciones diarias.

Humedad

Mediante el uso de los sensores es posible demostrar que la humedad relativa del aire afecta la presencia y actividad de la broca. Ambientes con una humedad relativa entre el 90% y 93,5% favorecen su reproducción [59]. Desde otro punto de vista, la cantidad y distribución de la precipitación influyen directamente en la humedad del suelo, creando condiciones propicias o desfavorables para la broca.

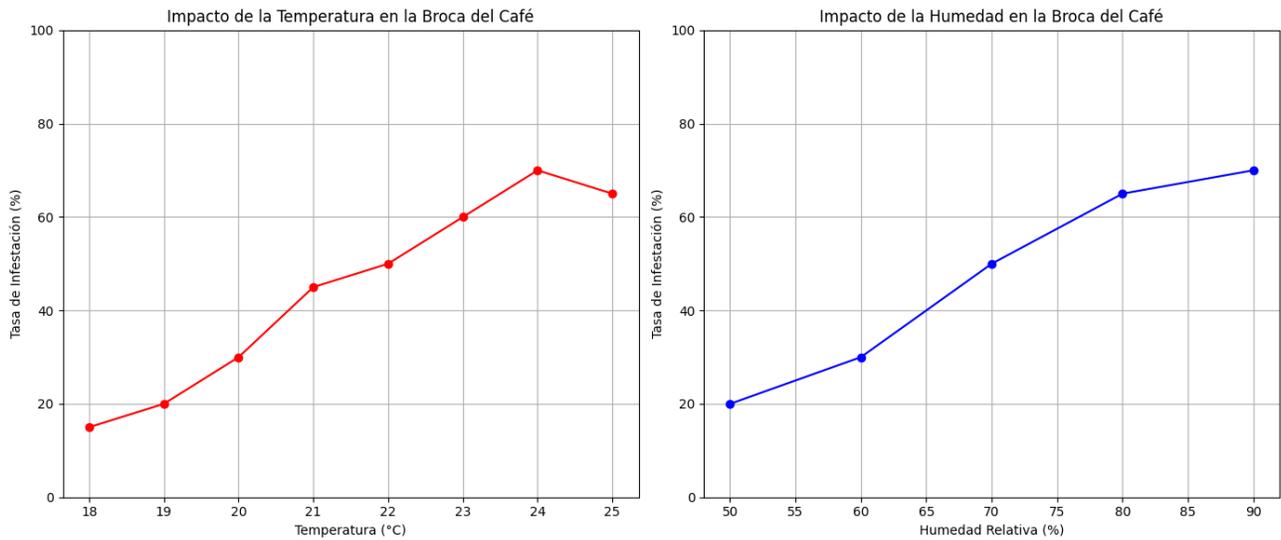


Fig.14: Gráficos T-H

B. Construir un dispositivo IoT que permita monitorear las variables utilizadas en la prevención de la broca del café y la generación de alertas tempranas.

1) Selección de Hardware

El sistema propuesto se basa en la integración de un sensor DHT22 [60], capaz de medir tanto la temperatura como la humedad relativa, y un microcontrolador ESP32 [61], conocido por su bajo consumo de energía y su capacidad de conectividad Wi-Fi. El DHT22 se instala en el cafetal, preferiblemente en la zona de mayor incidencia de la broca. El ESP32 se encarga de leer los datos del sensor de forma periódica y enviarlos a una plataforma en la nube, en este caso a CIoT.

Uno de los aspectos más importantes del ESP32 en este proyecto es su módulo Wi-Fi, que resulta ideal para zonas rurales cafeteras. A pesar de las limitaciones en infraestructura de telecomunicaciones, el ESP32 tiene un alcance de conectividad robusto y puede establecer una comunicación eficiente a través de redes locales o incluso mediante el uso de hotspots móviles. Esto facilita la transmisión de datos desde el cafetal a la plataforma en la nube, permitiendo el monitoreo remoto en tiempo real, sin necesidad de infraestructura de red sofisticada. Al monitorear de forma continua las condiciones ambientales, el sistema permite detectar cambios bruscos en la temperatura y humedad que podrían favorecer el desarrollo de la broca, brindando la oportunidad de tomar decisiones preventivas a tiempo.

2) circuito IoT y componentes

El circuito presentado utiliza una placa Arduino UNO para simular el comportamiento de una ESP32 con conectividad Wi-Fi, lo que justifica la inclusión del módulo Wi-Fi en el diseño. Aunque se emplea un Arduino UNO como controlador principal, este emula las funciones inalámbricas de la ESP32, que cuenta con capacidades Wi-Fi integradas. Para suplir esta carencia en el Arduino UNO, se ha añadido el módulo Wi-Fi, al que se conectan varios de sus pines, permitiendo la

transmisión de datos ambientales, como la temperatura y la humedad, a través de una red. El sensor DTH22 mide estas variables y envía los datos al microcontrolador a través de su pin de salida. El circuito está alimentado por una fuente de 5V, que proporciona energía al módulo Wi-Fi, al Arduino y al sensor, garantizando el correcto funcionamiento de todos los componentes.

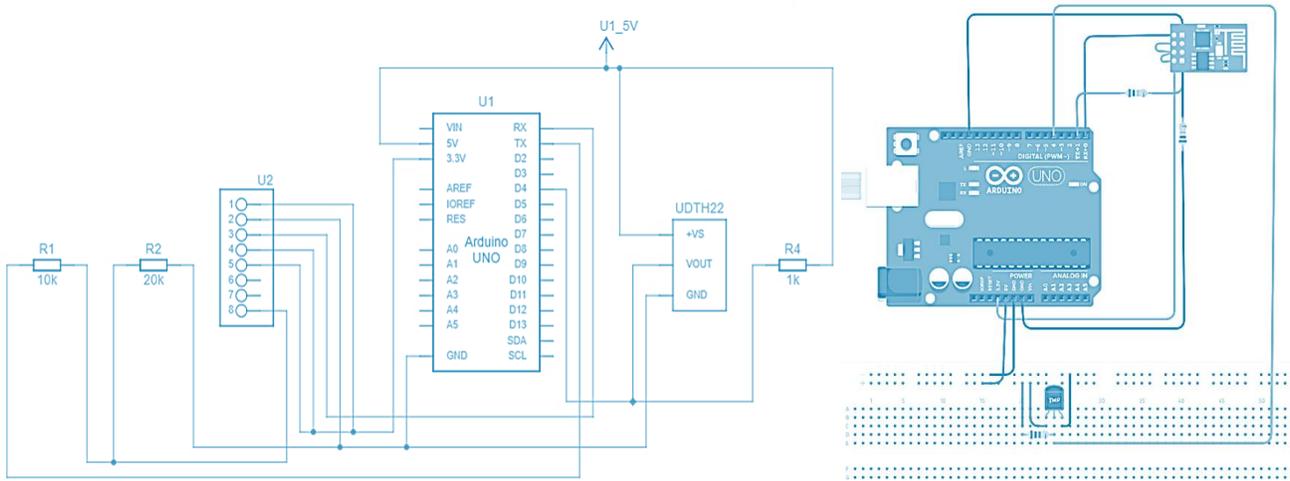


Fig.15: Esquema Circuito IoT

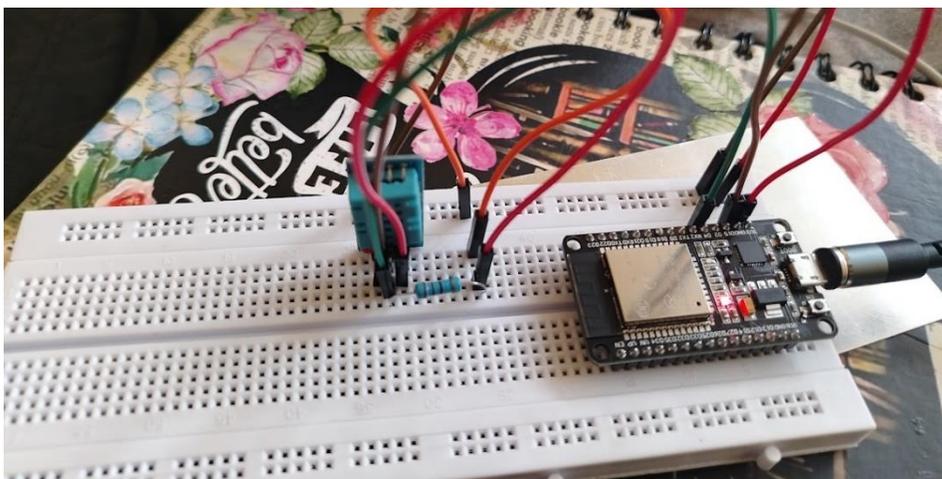


Fig.16: Montaje del circuito

Requisitos Funcionales

FR-01	Monitoreo de variables ambientales
Versión	1.0 8/06/2024
Módulo:	Monitoreo
Descripción:	El sistema deberá monitorear las siguientes variables ambientales relevantes para la prevención de broca en cultivos de café:
Variables Involucradas:	<input type="checkbox"/> Temperatura <input type="checkbox"/> Humedad
Prioridad:	Alta
Comentarios:	Ninguno
Definido por:	Paola Lasso

Tabla 2: Requisito funcional 1

FR-02	Recopilar y almacenar datos:
Versión	1.0 8/06/2024
Módulo:	Monitoreo
Descripción:	El sistema recopilará datos de los dispositivos IoT cada hora y los almacenará en una base de datos segura.
Variables Involucradas:	<input type="checkbox"/> El sistema garantizará la integridad y coherencia de los datos.
Prioridad:	Alta
Comentarios:	Ninguno
Definido por:	Paola Lasso

Tabla 3: Requisito funcional 2

FR-04	Gestión de Alertas:
Versión	1.0 8/06/2024
Módulo:	Sistema de Alertas
Descripción:	El sistema generará y gestionará alertas basadas en los datos recolectados por los dispositivos IoT.

Variables Involucradas:	<input type="checkbox"/> Las alertas se generarán cuando los datos registrados superen los umbrales definidos. <input type="checkbox"/> Los usuarios recibirán notificaciones automáticas de alertas en tiempo real.
Prioridad:	Media
Comentarios:	Ninguno
Definido por:	Paola Lasso

Tabla 4: Requisito funcional 3

Diagrama de Clases UML

El diagrama de clases UML presentado modela una estructura de datos para la gestión de fincas, cultivos y dispositivos de monitoreo. Las principales clases incluyen Usuarios, que administran Fincas, las cuales contienen Lotes cultivado. Cada Lote está asociado a Cultivos, y las Estaciones de monitoreo registran datos ambientales a través de Dispositivos como sensores. Los sensores generan Registros de temperatura y humedad, y se activan Alertas en caso de condiciones anómalas. Adicionalmente, existe una clase Roles para gestionar los permisos de los usuarios.

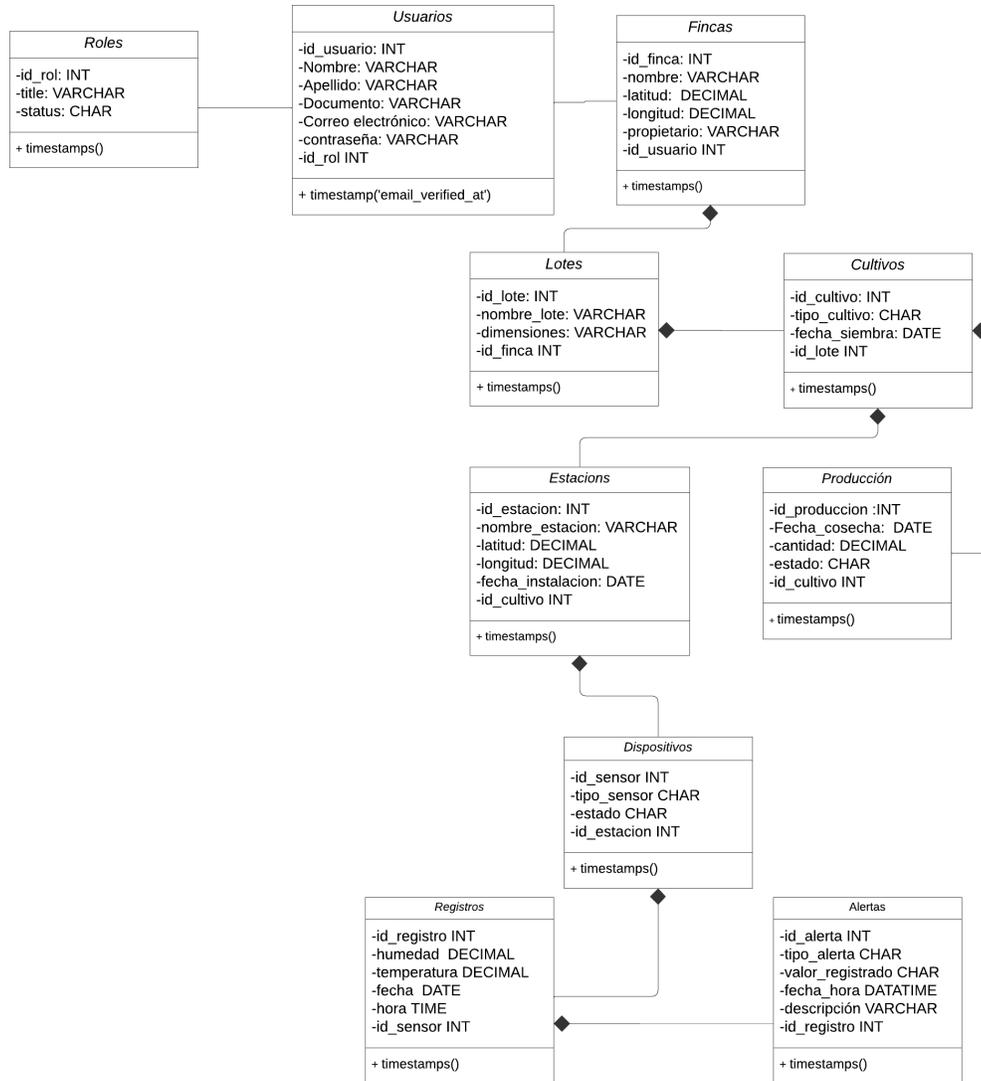


Fig.18: Diagrama de clases UML

Diagrama entidad-relación

El diagrama entidad-relación presentado destaca la estructura de un sistema agrícola con un enfoque en la cardinalidad entre las entidades. Una Finca puede tener múltiples Lotes (1), y cada Lote está asociado a un único Cultivo (1:1). Los Cultivos pueden registrar múltiples Producciones (1), mientras que una Estación puede contener varios Dispositivos (1). Los Dispositivos generan múltiples Registros de datos (1), y cada Registro puede activar una única Alerta (1:1). Los Usuarios administran varias Fincas (1) y tienen asignado un único Rol (1:1), lo que define su acceso al sistema.

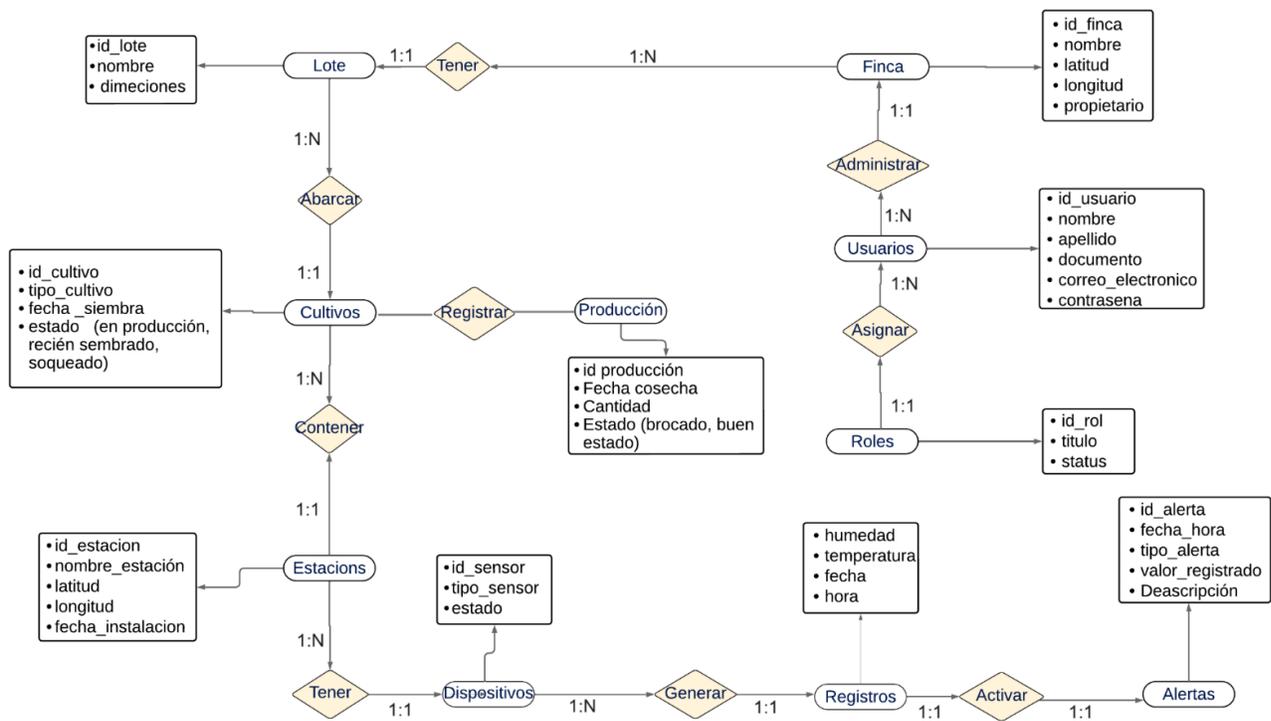


Fig.19: Diagrama Entidad-Relación

Diagrama Relacional

El diagrama entidad-relación muestra un sistema agrícola que conecta varias entidades clave. Los Usuarios tienen un Rol, representando una relación 1, ya que múltiples usuarios pueden compartir el mismo rol. Los Usuarios también administran Fincas, y cada finca puede contener varios Lotes. Los Lotes están asociados a un Cultivo, y cada Cultivo puede generar múltiples registros de Producción. Las Estaciones están vinculadas a los Cultivos en una relación, debido a que un cultivo puede tener varias estaciones y cada Estación puede tener múltiples Dispositivos y estos dispositivos hacen Registros de temperatura y humedad. Los Registros pueden generar Alertas cuando se alcanzan ciertos umbrales, formando una relación entre registros y alertas.

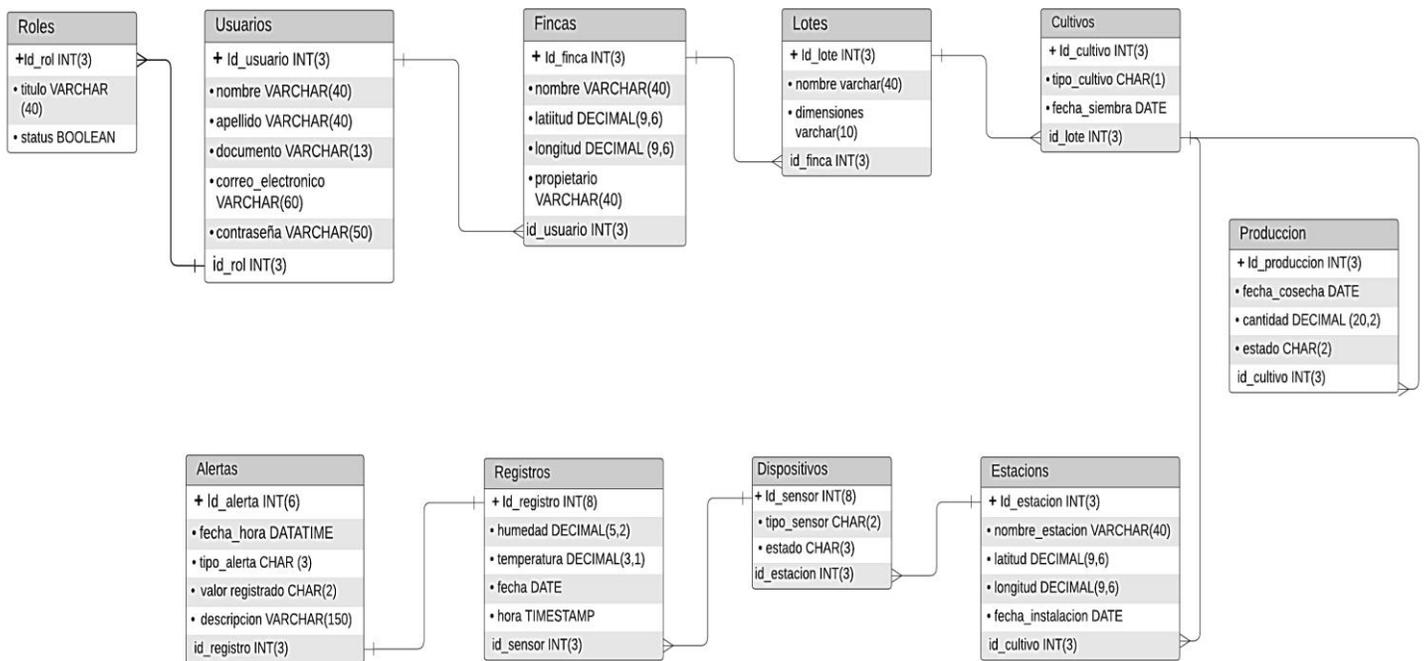


Fig.20: Diagrama Relacional

4) Construcción del Dispositivo IoT

El diseño e implementación del dispositivo IoT utilizando hardware como el ESP32 y sensores DHT22, tiene la capacidad de monitorear temperatura y humedad en tiempo real. Configurar su conectividad mediante el protocolo MQTT garantizando un flujo de datos eficiente y continuo desde las áreas de cultivo hacia la API, permitiendo la generación de alertas tempranas frente a condiciones favorables para la broca.

C. Integrar el sistema de información con el dispositivo IoT permitiendo la visualización de los datos recolectados.

Para integrar el dispositivo con la API y lograr el correcto funcionamiento del sistema CIoT (Café Internet of Things), se siguió una serie de pasos fundamentales. Estos pasos fueron clave para asegurar que el sistema trabajara de manera coordinada, eficiente y escalable. A continuación, se detallan:

1) Configuración del dispositivo

El primer paso consistió en preparar el hardware, como el ESP32 junto con el sensor DHT11 o DHT22 para medir variables ambientales como temperatura y humedad. Se programó el dispositivo para que se conectara a una red WiFi y pudiera interactuar con el servidor mediante el protocolo MQTT.

2) Implementación del protocolo de comunicación MQTT

La creación y configuración del servidor fue un componente esencial para integrar el dispositivo con la API del sistema CIoT. Al seguir estos pasos clave, se garantizó que los datos de los sensores se recibieran de manera segura y se procesaran adecuadamente, logrando un sistema de monitoreo eficiente y confiable para el control de variables ambientales críticas, como la temperatura y la humedad, en los cultivos de café. Aunque se podría haber utilizado el protocolo HTTP para la transmisión de datos, este no fue el más adecuado para nuestras necesidades debido a varias limitaciones. El HTTP es un protocolo diseñado para la transferencia de documentos en la web, y aunque es sencillo de implementar, no es ideal para aplicaciones donde se requiere un flujo de datos continuo, robusto y eficiente, especialmente en un entorno donde los dispositivos están distribuidos y funcionan en redes de baja calidad o con ancho de banda limitado. El HTTP está

basado en conexiones de corta duración y requiere una mayor sobrecarga para establecer conexiones repetidamente, lo que lo hace menos eficiente en sistemas de monitoreo en tiempo real.

Por el contrario, se optó por el protocolo MQTT porque está diseñado específicamente para entornos de comunicación en tiempo real, donde la fiabilidad, la baja latencia y el uso eficiente del ancho de banda son cruciales. MQTT permite conexiones persistentes, manteniendo un flujo constante de datos entre los dispositivos y el servidor con un uso mínimo de recursos, lo que lo convierte en la mejor opción para garantizar la robustez y eficiencia del sistema CIoT.

3) Configuración del broker MQTT (Mosquitto):

Se instaló y configuró Mosquitto como el broker MQTT encargado de gestionar la comunicación entre el dispositivo y el servidor. El broker fue configurado para recibir los mensajes del dispositivo y distribuirlos a los subscriptores correspondientes, que en este caso son las aplicaciones que gestionan los datos del sistema CIoT.

4) Desarrollo de la API

La API fue diseñada para recibir los datos enviados por los dispositivos. Se implementaron rutas y controladores que reciben los datos ambientales (temperatura y humedad), los validan y los almacenan en una base de datos. Además, se añadieron funcionalidades para gestionar dispositivos, permitiendo su registro manual o automático, y asociarlos con los datos que envían.

5) Integración de la API con la base de datos

La base de datos fue diseñada para almacenar las lecturas de los sensores junto con el ID del proceso comienza con la recepción de los datos enviados por los dispositivos (como el ESP32 con el sensor DHT11 o DHT22. El sensor toma lecturas de variables como la temperatura y la humedad, las cuales son publicadas al servidor a través del protocolo MQTT, los datos enviados por el

dispositivo son recibidos por un comando de escucha en la API (MqttListen en Laravel), que toma los valores de temperatura, humedad, ID del dispositivo, y los guarda en la tabla de registros de la base de datos. Una vez que los datos han sido almacenados, el siguiente paso es recuperarlos para presentarlos al usuario en la interfaz web. Para ello, la API consulta la base de datos a través de controladores que acceden a los datos, este controlador recupera los registros ordenados por fecha y los envía a una vista llamada en Laravel, Una vez obtenidos los datos, es se presentan de manera clara y comprensible para el usuario. Esto se hace en CIoT por medio gráficos, como se muestra en la siguiente figura

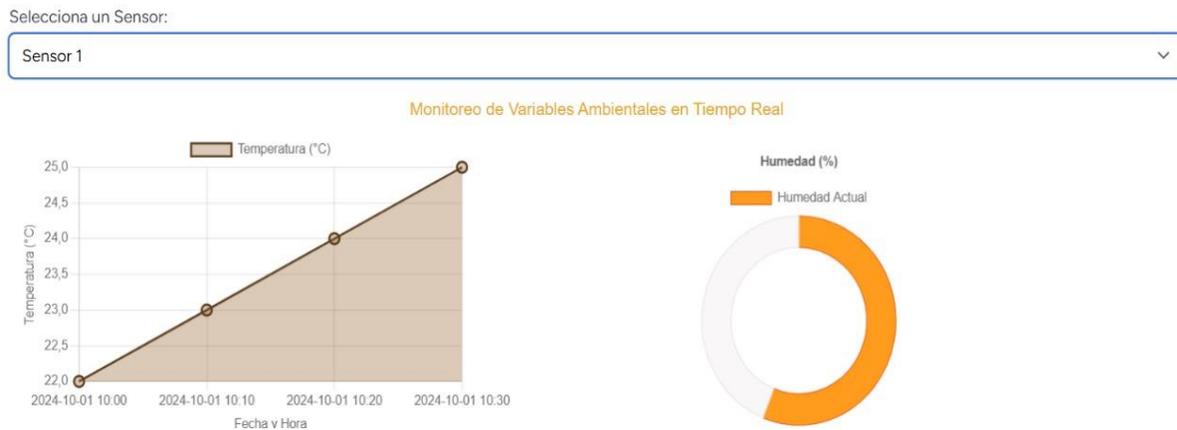


Fig.21: Datos CIoT

6) Integración con el Sistema de Información

El desarrollo del API robusta se encarga de procesar, almacenar y visualizar los datos recolectados por el dispositivo IoT. Este implementa gráficos interactivos y reportes claros en CIoT, esto asegurará que los usuarios puedan tomar decisiones informadas y rápidas para la prevención y manejo de la broca en cultivos de café.

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La hipótesis propone que la implementación de tecnologías de sistematización, específicamente un sistema de monitoreo continuo de variables ambientales mediante dispositivos IoT, mejorará la eficiencia y productividad en cultivos de café, además de reducir significativamente la incidencia de brotes de broca. Para cumplir con esta hipótesis, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos clave:

1) Monitoreo en tiempo real

El sistema IoT permite el monitoreo en tiempo real de variables ambientales críticas, como la temperatura, humedad. Estos factores influyen directamente en el ciclo de vida de la broca del café, un insecto cuya reproducción y propagación están altamente correlacionadas con el clima cálido y húmedo. Mediante la recopilación continua de estos datos, los productores pueden identificar condiciones favorables para la aparición de broca y tomar decisiones preventivas, como el uso de tratamientos biológicos o ajustes en las prácticas de manejo de la finca.

2) Análisis

Los datos recolectados a lo largo del tiempo pueden ser analizados para identificar patrones que favorecen la aparición de la broca del café. Según estudios e investigaciones, la broca tiende a proliferar cuando las condiciones climáticas se encuentran dentro de ciertos rangos críticos. En particular:

- Temperatura: entre 20°C y 25°C.
- Humedad relativa: entre 90% y 93,5%.

Cuando las condiciones ambientales alcanzan estos rangos, es el momento propicio para la aparición y propagación de la broca

3) *Optimización de recursos*

El uso de datos precisos y en tiempo real facilita una gestión más eficiente de los recursos. Por ejemplo, la aplicación de tratamientos fitosanitarios solo cuando las condiciones lo ameritan evita el desperdicio de productos químicos y reduce el impacto ambiental. Asimismo, el monitoreo de humedad y temperatura ayuda a optimizar el riego, evitando tanto el déficit hídrico como el exceso de agua, lo que contribuye a la salud general del cultivo.

4) *Reducción de pérdidas por plagas*

El monitoreo continuo también permite una respuesta rápida ante las primeras señales de broca. Esto significa que los agricultores pueden intervenir antes de que la plaga se extienda de manera significativa, lo que resulta en una menor pérdida de frutos y un aumento en la productividad de las plantaciones.

Mes	Incidencia sin IoT (%)	Incidencia con IoT (%)	Reducción (%)
Enero	40	40	25
Febrero	45	38	44,4
Marzo	49	35	60
Abril	52	32	67,3
Mayo	60	30	75
Junio	65	25	81,5
Julio	66	20	85,7
Agosto	70	18	88,2
Septiembre	68	15	90,5
Octubre	60	12	91,4
Noviembre	55	10	90,9
Diciembre	50	5	90

Tabla 6: Incidencia de broca con y sin IoT

Fuente: Esta investigación

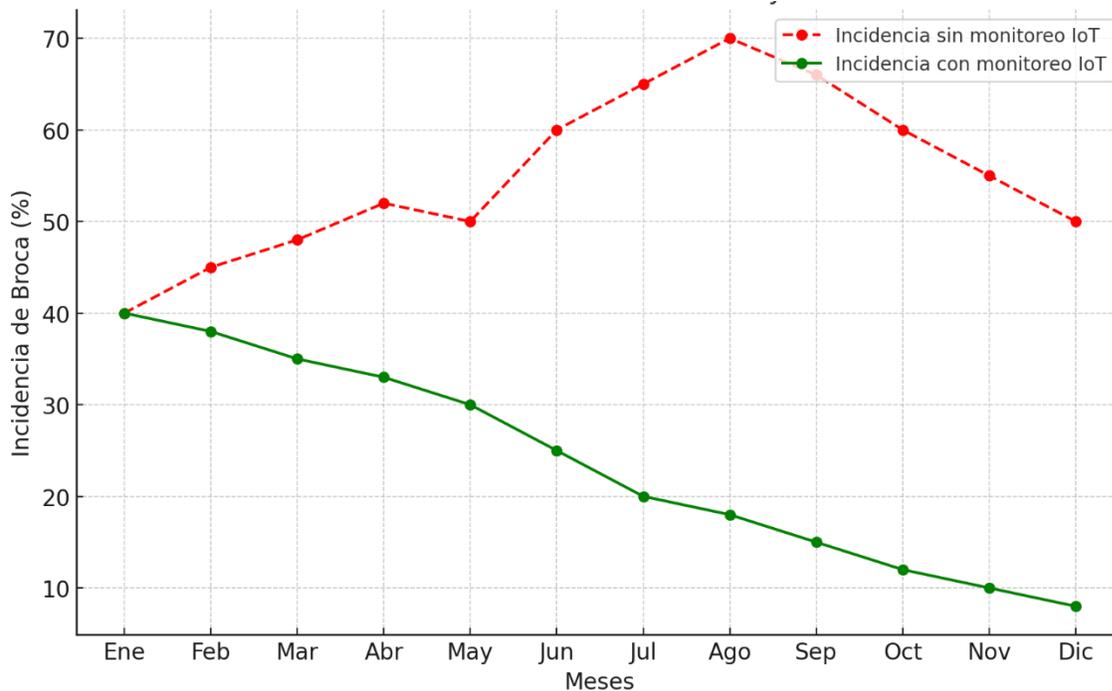


Fig.22: Incidencia de broca con y sin monitoreo IoT

El gráfico ilustra la incidencia de la broca en cultivos de café, comparando dos escenarios: sin monitoreo IoT y con monitoreo IoT. Se puede observar que, en el caso sin monitoreo, la incidencia de la plaga aumenta a lo largo del tiempo, alcanzando su punto máximo en los meses más cálidos. Sin embargo, con la implementación de un sistema de monitoreo continuo basado en dispositivos IoT, se observa una disminución progresiva en la incidencia de brotes de broca.

Los datos confirman que la sistematización con tecnologías IoT tiene un impacto positivo significativo en la reducción de la incidencia de la broca, como se muestra en el gráfico (Fig.22). La correlación entre la implementación del sistema y la disminución progresiva de los brotes de broca es evidente, especialmente en los meses cálidos y húmedos. Esto valida la hipótesis de que el uso de IoT mejora la eficiencia operativa al permitir la detección temprana y la intervención oportuna, es decir que Los hallazgos contradicen la hipótesis nula, ya que los datos muestran una disminución significativa en la incidencia de brotes de broca con el monitoreo IoT en comparación con los cultivos sin monitoreo. Esto refuerza la efectividad de las tecnologías sistematizadas en el control de plagas.

CONCLUSIONES

Al reducir la incidencia de plagas y mejorar la eficiencia operativa, la adopción de IoT en la caficultura conduce a un aumento en la productividad de los cultivos. Los productores pueden tomar decisiones informadas basadas en datos, lo que les permite mejorar la calidad del café y asegurar una mayor rentabilidad.

La adopción del IoT en los cultivos de café también promueve prácticas agrícolas más sostenibles. Al contar con información precisa y oportuna sobre las condiciones ambientales, los caficultores pueden gestionar de manera más eficiente el uso de agua, fertilizantes y tratamientos fitosanitarios. Esto reduce el desperdicio de recursos y la aplicación innecesaria de productos químicos, lo que no solo tiene un impacto positivo en la rentabilidad, sino también en la conservación del medio ambiente. Además, al evitar el uso excesivo de químicos, se protege la biodiversidad y la salud del suelo, elementos fundamentales para la sostenibilidad a largo plazo de los cultivos de café.

Una de las principales lecciones aprendidas durante el desarrollo de este proyecto fue la necesidad de contar con fuentes de información verificadas y sustentadas. Inicialmente, el trabajo se basó únicamente en encuestas realizadas a caficultores, pero se evidenció que la información obtenida no era suficiente ni estaba sustentada de manera adecuada. Por esta razón, se optó por integrar fuentes más confiables como la Federación Nacional de Cafeteros, informes especializados, revistas científicas y boletines que contienen información primaria y estudios previos. Esta colaboración permitió una mayor validación de los datos y, en consecuencia, una mejor base para el desarrollo del sistema IoT de monitoreo y alertas tempranas.

RECOMENDACIONES

Para aprovechar al máximo las ventajas de IoT, es crucial proporcionar capacitación a los agricultores sobre el uso de dispositivos, la interpretación de datos y la adopción de nuevas prácticas agrícolas basadas en información en tiempo real.

Los productores deben realizar análisis periódicos de los datos obtenidos a través de IoT para ajustar sus estrategias de manejo de cultivos. Esto les permitirá tomar decisiones basadas en información precisa, en lugar de depender solo de su experiencia o de condiciones históricas.

La integración de modelos predictivos avanzados, basados en la recolección y análisis de datos históricos, representa un enfoque clave para optimizar la producción cafetera. Estos modelos pueden ser alimentados por los datos obtenidos de los dispositivos IoT desplegados en el campo, los cuales miden variables ambientales como temperatura y humedad que impactan directamente en la salud del cultivo. A través del análisis de grandes volúmenes de datos históricos sobre el comportamiento de las plagas, como la broca del café, y las enfermedades relacionadas, se pueden identificar patrones o condiciones propicias para su aparición. Al aplicar estos modelos predictivos, los caficultores podrán recibir alertas precisas que no solo los informen sobre el riesgo inminente de plagas o enfermedades, sino también sobre el momento exacto en que podría ocurrir una baja en la producción debido a estos factores.

BIBLIOGRAFÍA

- [P. C. E. I. P. G. A. I. P. M. B. I. L. G. I. B. A. I. D. D. I. TULIO CÉSAR LAGOS BURBANO I.A., *EL CULTIVO DEL CAFÉ (Coffea arabica L.) EN NARIÑO*, 2020.
- [F. d. cafeteros, «Federación nacional de cafeteros de colombia,» junio 2023. [En línea]. Available: <https://federaciondefcafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-de-cafe-de-colombia-cae-6-en-lo-que-va-del-ano/>.
- [I.A, «IAT,» [En línea]. Available: <https://iat.es/tecnologias/internet-de-las-cosas-iot/agricultura/>. [Último acceso: 23 10 2023].
- [S. Jaramillo, «Cenicafe,» 2021. [En línea]. Available: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4283/1/81-94.pdf>. [Último acceso: 10 10 2023].
- [ADEN, «ADEN,» [En línea]. Available: <https://blog.aden.org/metodologias-agiles-que-son-y-cuales-son-las-mas-utilizadas>. [Último acceso: 20 10 2023].
- [J. A. Muñoz-Belalcazar, C. A. Benavides-Cardona y T. C. Lagos-Burbano, «Redalyc,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/437/43768194004/43768194004.pdf>. [Último acceso: 13 09 2023].
- [fed-cafeteros, «federación de cafeteros,» 03 2023. [En línea]. Available: <https://federaciondefcafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-de-cafe-de-colombia-cae-6-en-lo-que-va-del-ano/>. [Último acceso: 15 08 2023].
- [E. M_C, «Mundo Cafeto,» [En línea]. Available: <https://mundocafeto.com/sistemas-de-produccion/sistema-tradicional/>. [Último acceso: 11 10 2023].
- [L. Bernal, «Impacto TIC,» 05 2023. [En línea]. Available: <https://impactotic.co/innovacion/transformacion-digital/internet-en-zonas-rurales-en-colombia/>. [Último acceso: 20 10 2023].
- [J. Cabrin, «Psicología y Mente,» 02 08 2017. [En línea]. Available: <https://psicologiaymente.com/psicologia/tecnofobia>. [Último acceso: 21 01 2023].
- [G. Nuñez, «Diario la Economía,» 3 11 2021. [En línea]. Available: <https://diariolaeconomia.com/tomemos-cafe/item/6651-cafe-suave-de-narino-un-orgullo-desde-el-mar-hasta-el-galeras.html>. [Último acceso: 11 01 2023].
- [L-C, «La tienda del café,» 2023. [En línea]. Available: <https://latiendadelcafe.co/blogs/cafe-colombiano/aportes-de-la-tecnologia-a-la-produccion-de-cafe>. [Último acceso: 11 21 2023].

- [F. lambda, «Lambda Geeks,» [En línea]. Available: <https://es.lambdageeks.com/humidity-and-temperature-sensor/>. [Último acceso: 21 11 2023].
- [A. A. Almeda, «Repositorio institucional PIRHUA,» 06 2016. [En línea]. Available: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2639>. [Último acceso: 23 09 2023].
- [J. A. A. Silva, «Universidad Politecnica de Puebla,» [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Juan-Antonio-Arizaga-Silva/publication/266318548_Sistema_de_monitoreo_de_variables_ambientales_utilizando_de_ethernet/links/542c7ecb0cf27e39fa93e9d1/Sistema-de-monitoreo-de-variables-ambientales-utilizando-de-ethernet.. [Último acceso: 11 10 2023].
- [P. Arturo, «Repositorio guayaquil,» 2022. [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59751>. [Último acceso: 15 06 2023].
- [M. R, «Revista Espacios,» 03 06 2019. [En línea]. Available: <https://revistaespacios.com/a19v40n18/a19v40n18p06.pdf>. [Último acceso: 25 08 2023].
- [H. Choque, «Universidad catolica Boliviana,» [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Hernan-Choque/publication/364214016_IoT_System_Development_Methodology_with_LoraWan_for_Agriculture/links/633f58c4ff870c55ce06b007/IoT-System-Development-Methodology-with-LoraWan-for-Agriculture.pdf. [Último acceso: 21 11 2023].
- [J. d. I. S. S. S. B. R. O. R. C. Jhonatan Paolo Tovar Soto, «Dialnet,» 27 06 2019. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7210369>. [Último acceso: 16 07 2023].
- [L. D. V. Hurtado, «seneca,» 2022 12 13. [En línea]. Available: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/64067/Red%20inal%c3%a1mbrica%20de%20sensores%20para%20monitoreo%20de%20cultivo%20de%20caf%c3%a9.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. [Último acceso: 14 08 2023].
- [S. F. J. W. Y. C. M. G. E. C. G. Edwin Andrés Quiroga Montoya, «Risti,» 2017. [En línea]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/4c6f/37715e4314c1089a009cb5899cbac9a67ce0.pdf>. [Último acceso: 16 08 2023].
- [M. R. M. Laura Sánchez Padilla, «Universidad SINU,» 03 08 2016. [En línea]. Available: https://web.archive.org/web/20180421060403id_/http://revista.unisinu.edu.co/revista/index.php/ingenieriaaldia/article/viewFile/64/55. [Último acceso: 11 10 2023].

- [J. Florián, «Repositorio UAN,» 2023. [En línea]. Available: http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/8787/1/2023_JesusDavidFlorianGomez.pdf. [Último acceso: 21 11 2023].
- [S. Duque, «Revistasoj,» 18 06 2017. [En línea]. Available: <https://revistasoj.ucaldas.edu.co/index.php/vector/article/view/236/182>. [Último acceso: 10 11 2023].
- [E. J. G. C. Darwin Stiben Martínez Anganoy, «Repositorio Unar,» 2021. [En línea]. Available: <http://repositorio.aunar.edu.co:8080/xmlui/handle/20.500.12276/1235>. [Último acceso: 15 06 2023].
- [J. M. V. Castebianco, «Repositorio unar,» 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.aunar.edu.co:8080/xmlui/handle/20.500.12276/1235>. [Último acceso: 16 06 2023].
- [H. F. Leonel, «Scielo,» 06 2023. [En línea]. Available: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642023000300031&script=sci_arttext&tlng=en. [Último acceso: 10 08 2023].
- [D. A. Luna Zamora y C. I. Valdez Solis, «Repositorio Institucional,» [En línea]. Available: <http://repositorio.unicesmag.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/798>.
- [M. T. G. P. J. Z. Herberth Matheus Gómez, «ICA,» 1998 – 2002. [En línea]. Available: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ica.gov.co/getattachment/b56619a1-0a8c-4007-909f-0550defd4951/Publicacion-15.aspx>. [Último acceso: 21 06 2024].
- [m. d. a. y. d. sostenible, «IDEAM,» [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>. [Último acceso: 17 10 2023].
- [J. Ferney, «Agencia de Información Laboral - AIL,» 8 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://ail.ens.org.co/informe-especial/discriminacion-y-violencia-contra-la-mujer-en-el-mundo-del-trabajo/>. [Último acceso: 10 Marzo 2023].
- [M. García, «Tecnológico de monterrey,» 22 03 2023. [En línea]. Available: <https://blog.maestriasydiplomados.tec.mx/innovacion-tecnologica-que-es-sus-tipos-y-sus-beneficios>. [Último acceso: 25 08 2023].
- [J. Lezaun, «Croplifela,» [En línea]. Available: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/broca-del-cafe>. [Último acceso: 10 08 2023].

- [A. Simón, «MareTerra Coffe,» 31 05 2022. [En línea]. Available: <https://mareterracoffee.com/es/blog/condiciones-meteorologicas-optimas-para-el-cultivo-de-cafe/>. [Último acceso: 27 08 2023].
- [pozo, «Universidad Israel,» [En línea]. Available: Available: <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2604>.
- [R. Sanperi, metodología de la investigación, mc graw hill, 2006.
- [E. Humanidades, «Humanidades,» [En línea]. Available: <https://dsp.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2015/11/marco.pdf>. [Último acceso: 21 11 2023].
- [E. Ariel, «UNAR mexico,» 2015. [En línea]. Available: <https://dsp.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2015/11/marco.pdf>. [Último acceso: 21 1 2023].
- [R. B. Cabré, «diposit,» [En línea]. Available: <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30783/1/D.%20cuasi%20y%20longitudinales.pdf>. [Último acceso: 18 09 2023].
- [estadistica-dma.ulpgc.es, «ULPGC,» [En línea]. Available: https://estadistica-dma.ulpgc.es/MGC/muestreo_Estratificado.html. [Último acceso: 11 06 2024].
- [«Cercomp,» [En línea]. Available: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/97/o/T%C3%A9cnicas_para_IAP.pdf. [Último acceso: 12 11 2023].
- [A.simon, «Mareterra coffea,» 2022. [En línea]. Available: <https://mareterracoffee.com/es/blog/condiciones-meteorologicas-optimas-para-el-cultivo-de-cafe/>.
- [H. F. Avila, «Dianlet,» 06 06 2020. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/adalgado/Downloads/Dialnet-LaEntrevistaYLaEncuesta-7692391.pdf>. [Último acceso: 2023].
- [R. Franqui, «upr.edu,» [En línea]. Available: https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2015/10/broca_cafe.pdf. [Último acceso: 26 12 2023].

- [B. Sela, «Cropaia,» [En línea]. Available: <https://cropaia.com/es/blog/la-broca-del-cafe/>. [Último acceso: 08 12 2023].
- [«croplifela,» [En línea]. Available: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/broca-del-cafe>. [Último acceso: 06 12 2023].
- [A. Bustillo, «scielo,» [En línea]. Available: http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882006000200001. [Último acceso: 03 01 2024].
- [b. Machado, «Cenicafe,» [En línea]. Available: [https://www.cenicafe.org/es/publications/arc053\(01\)039-048.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc053(01)039-048.pdf). [Último acceso: 03 01 2024].
- [E. m. cafeto, «Mundo cafeto,» 23 05 2018. [En línea]. Available: <https://mundocafeto.com/la-broca-del-cafeto/manejo-integrado-de-la-broca-del-cafe/>. [Último acceso: 03 01 2024].
- [e. cropLife, «CropLife,» [En línea]. Available: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/broca-del-cafe>. [Último acceso: 12 12 2023].
- [e. L. tribuna, «La tribuna,» 16 9 2017. [En línea]. Available: <https://archivos.latribuna.hn/2017/09/16/la-broca-del-cafe/>. [Último acceso: 03 12 2024].
- [G. Campos, «Cedicafé,» 03 2022. [En línea]. Available: <https://www.anacafe.org/uploads/file/b4aa09fcbeda4be1b2af8957b9444a86/Boletin-CEDICAFE-Marzo2022.pdf>. [Último acceso: 03 01 2024].
- [E. interno, «Cambierno,» 06 2023. [En línea]. Available: <https://blog.cambiagro.com/2023/06/12/control-de-la-broca-del-cafe/#:~:text=Control%20cultural%20de%20la%20broca%20del%20caf%C3%A9%20Est e,frutos%20que%20podr%C3%ADan%20tener%20como%20hospedero%20al%20insect o..> [Último acceso: 03 01 2024].
- [«Diario del sur,» 18 12 2020. [En línea]. Available: <https://www.diariodelsur.com.mx/local/crean-variedades-de-cafe-resistentes-a-la-roya-y-broca-6149689.html#!#:~:text=Dijo%20que%20el%20INIFAP%20constituy%C3%B3%20la%20variedad%20%E2%80%9COro,calidad%20en%20taza%20y%20gran%20rendimiento%20de%20producci%C3%B3n>. [Último acceso: 03 01 2024].

- [g. cambiagro, «Cambiagro,» [En línea]. Available: <https://blog.cambiagro.com/2022/08/10/control-etologico-de-la-broca-del-cafe/#:~:text=Otras%20recomendaciones%20%20Evitar%20dejar%20residuos%20de%20fruto,t%C3%A9nicas%20%20Realizar%20constantes%20monitoreos%20a%20la%20broca.> [Último acceso: 04 21 2024].
- [«Blog nuestro café,» 07 2015. [En línea]. Available: https://blognuestrocafe.blogspot.com/2015/06/control-biologico_30.html. [Último acceso: 05 01 2024].
- [b. café, «nuestro blog café,» [En línea]. Available: https://blognuestrocafe.blogspot.com/2015/06/control-biologico_30.html.
- [E. mundocafeto, «mundo cafeto,» 23 05 2018. [En línea]. Available: <https://mundocafeto.com/la-broca-del-cafeto/el-control-biologico-de-la-broca/#:~:text=El%20control%20biol%C3%B3gico%20de%20la%20broca%20mayo%2023%2C,biol%C3%B3gico%20se%20puede%20realizar%20b%C3%A1sicamente%20de%20dos%20maneras%3A.> [Último acceso: 05 01 2024].
- [d. Café, «despiste Café,» [En línea]. Available: <https://despistecafe.es/broca-del-cafe/>. [Último acceso: 1 09 2024].
- [Isaac, «Hardwarelibre,» [En línea]. Available: <https://www.hwlibre.com/dht22/>.
- [«Todo sobre circuitos,» [En línea]. Available: <https://www.circuitos-electricos.com/esp32-especificaciones-y-disenos/>.
- [ONU, «ONU Mujeres,» 11 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.unwomen.org/es/what-we-do/ending-violence-against-women/faqs/signs-of-abuse.> [Último acceso: 3 Marzo 2023].
- [VBG, «reliefweb,» 25 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://reliefweb.int/report/colombia/colombia-situaci-n-de-la-violencia-basada-en-g-nero-vbg-comparativo-2020-2021-abril.> [Último acceso: 3 Marzo 2023].
- [P. e. linea, «Terapify,» 23 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://www.terapify.com/blog/violencia-de-genero-sintomas-causas-y-tratamiento/>. [Último acceso: 10 Marzo 2023].

- [O. A. Monica , «Carreras Derechos Humanos,» 2021 Enero 2021. [En línea]. Available: <https://carrerasderechoshumanos.com/cuestiones/causas-de-la-violencia-de-genero/>. [Último acceso: 10 Marzo 2023].
- [A. Entenza, «redclade,» 2016. [En línea]. Available: <https://redclade.org/wp-content/uploads/Violencia-de-g%C3%A9nero-en-las-escuelas-caminos-para-su-prevenci%C3%B3n-y-superaci%C3%B3n.pdf>. [Último acceso: 10 Marzo 2023].
- [G. Angulo y L. Galeano, «Violencia de género y las formas que se manifiesta en el contexto educativo,» Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/88cb5bef-a575-4b45-b0de-3acfa33379cc/content>. [Último acceso: 10 Marzo 2023].
- [J. Urra, «Magisnet,» 28 enero 2020. [En línea]. Available: <https://www.magisnet.com/2020/01/estrategias-de-prevencion-y-afrontamiento-de-la-violencia-de-genero/>.
- [f, Artist, *f*. [Art]. *f*, *f*.
- [«Federación de cafeteros,» Mayo 2023. [En línea]. Available: <https://federaciondecafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-de-cafe-de-colombia-cae-6-en-lo-que-va-del-ano/>.
- [[En línea].
- [F. M. B. Pozo, «Repositorio universidad israel,» 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2604>. [Último acceso: 25 09 2023].
- [E. P. L. Arturo, «Repositorio instrucional de la universidad de guayaquil,» 2022. [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59751>. [Último acceso: 25 09 2023].
- [J. S. Galán, «Economipedia,» 2021. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/agricultura-tradicional.html>. [Último acceso: 21 07 2023].
- [M. B. Miranda, «ICAFE,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/GUIA-TECNICA.pdf>. [Último acceso: 25 08 2023].

- [E. Arriols, «Ecología Verde,» 22 01 2018. [En línea]. Available: https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-sostenibilidad-ambiental-y-social-1070.html#anchor_1. [Último acceso: 25 08 2023].
- [R. V. Vallejo, «Federación de cafeteros,» 2016. [En línea]. Available: https://federaciondecafeteros.org/static/files/Periodico_2016Baja2.pdf. [Último acceso: 28 08 2023].
- [S. Panhuysen, «Federación de cafeteros,» 2014. [En línea]. Available: https://federaciondecafeteros.org/static/files/5Barometro_de_cafe2014.pdf. [Último acceso: 26 01 2023].
- [A.P, «AGROPINOS,» 28 08 2020. [En línea]. Available: <https://www.agropinos.com/blog/desafios-de-caficultores-en-agricultura>. [Último acceso: 11 11 2023].
- [E. Ariel, «UNAR de Mexico,» 2015. [En línea]. Available: <https://dsp.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2015/11/marco.pdf>. [Último acceso: 21 1 2023].
- [«Federación de Cafeteros,» [En línea]. Available: <https://federaciondecafeteros.org/>.
- [«Perfect Daily Grind,» 12 09 2019. [En línea]. Available: <https://perfectdailygrind.com/es/2019/09/12/cafe-de-calidad-y-sostenibilidad-ambiental-como-lograrlos/>. [Último acceso: 12 02 2023].
- [C. A. M. Villalobos, «Repocitorio U- Nacional,» 2021. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/Paola/Downloads/La%20innovaci%C3%B3n%20tecnol%C3%B3gica%20y%20social%20en%20la%20producci%C3%B3n%20de%20caf%C3%A9-estudio%20de%20caso%20en%20el%20municipio%20de%20Pitalito-Huila-Colombia.%20Mora-Villalobos.C.A.20210804.pdf>. [Último acceso: 25 10 2023].
- [J. A. A. Silva, «universidad politecnica de puebla,» [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Juan-Antonio-Arizaga-Silva/publication/266318548_Sistema_de_monitoreo_de_variables_ambientales_utilizando_de_ethernet/links/542c7ecb0cf27e39fa93e9d1/Sistema-de-monitoreo-de-variables-ambientales-utilizando-de-ethernet.. [Último acceso: 11 10 2023].
- [U. E. E. milagro, «Unemi,» [En línea]. Available: https://sga.unemi.edu.ec/media/archivocompendio/2020/12/07/archivocompendio_2020127144213.pdf. [Último acceso: 25 07 2023].

Anexo 1. Encuesta a caficultores

UNIVERSIDAD CESMAG
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
PROYECTO DE GRADO DENOMINADO
“SISTEMA DE APOYO PARA EL MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES EN LA
PREVENCIÓN DE BROCA EN CULTIVOS DE CAFÉ A TRAVÉS DE TECNOLOGÍAS IoT”

ENCUESTA A CAFICULTORES

OBJETIVO

El objetivo de esta encuesta es conocer sobre las técnicas de manejo integrado de la broca que implementan los caficultores.

“DE ANTEMANO AGRADECEMOS SINCERAMENTE SU PARTICIPACIÓN. SUS RESPUESTAS SON CRUCIALES PARA ESTA INVESTIGACIÓN.”

A continuación, presentamos algunas preguntas para que sean respondidas según su criterio.

CUESTIONARIO:

1. ¿Ha experimentado problemas con la broca del café en su finca en los últimos años?
 - Sí
 - No
2. ¿En qué medida la broca del café ha afectado su producción de café?
 - Nada
 - Poco
 - Moderadamente
 - Mucho
 - Extremadamente

Sección 2: Conocimiento y Manejo Actual de la Broca

3. ¿Qué conocimientos tiene sobre el control de la broca del café?
 - Ninguno
 - Poco
 - Moderado
 - Mucho
 - Experto
4. ¿Qué métodos utiliza actualmente para controlar la broca del café? (Seleccione todas las que apliquen)
 - Control manual (recolección de broca y frutos afectados)
 - Uso de insecticidas químicos
 - Control biológico (introducción de enemigos naturales)
 - Prácticas culturales (manejo de sombra, poda)
 - Otras (especifique)
5. ¿Qué tan efectivos considera que han sido los métodos que ha utilizado para controlar la broca del café?
 - Muy ineficaces
 - Poco eficaces
 - Moderadamente eficaces
 - Muy eficaces
 - Extremadamente eficaces

Sección 3: Necesidades y Apoyo Deseado

6. ¿Qué tipo de apoyo o recursos adicionales le gustaría recibir para mejorar el manejo de la broca?
 - Capacitaciones sobre métodos de control
 - Asesoría técnica personalizada
 - Material informativo (folletos, guías)
 - Acceso a nuevas tecnologías
 - Otro (especifique)
7. ¿Recibe asesoría técnica sobre el manejo integrado de plagas en su finca?
 - Sí
 - No
8. ¿Ha participado en capacitaciones sobre el manejo de la broca del café?
 - Sí

- No
- 9. ¿Consideraría útil recibir capacitación adicional sobre este tema? ¿Por qué?
 - Sí, porque...
 - No, porque...
- 10. ¿Cree usted que las capacitaciones recibidas sobre el manejo de la broca han sido suficientes?
 - Sí
 - No
 - A veces
- 11. ¿Ha compartido información o experiencias sobre el manejo de la broca con otros caficultores en su comunidad?
 - Sí
 - No
- 12. ¿Cómo podría mejorarse la colaboración entre caficultores para abordar el problema de la broca del café?
 - (Respuesta abierta)

Sección 4: Tecnologías para el Manejo de la Broca

- 13. ¿Utiliza tecnologías como sensores o sistemas de monitoreo para el control de la broca?
 - Sí
 - No
- 14. ¿Le gustaría invertir en tecnologías para tener un mayor control de la broca y de esta manera mejorar su producción de café?
 - Sí
 - No
- 15. ¿Conoce alguna finca cafetera que haga uso de dispositivos electrónicos para controlar la broca?
 - Sí (especifique)
 - No

Anexo 2. Manual de usuario

Manual de Usuario del Sistema ClOT

Bienvenido al manual de usuario del Sistema ClOT. Este documento proporciona instrucciones detalladas para navegar y utilizar todas las funciones del sistema. ClOT es su aliado tecnológico en la gestión eficiente de cultivos y monitoreo ambiental.

El encabezado del sistema ClOT incluye los siguientes elementos:

- Logo de ClOT: Representa la identidad visual del sistema.
- Mensaje principal: 'El aliado tecnológico en la lucha contra la broca del café.'
- Botón 'Iniciar Sesión': Permite a los usuarios acceder a su cuenta.



¿Qué es la Broca?

La broca se reconoce como la plaga más devastadora para los cultivos de café



Manejo Integrado de la Broca

- 01**

Es importante reconocer que la simple aplicación de medidas de control como el uso químico es insuficiente para resolver la problemática asociada con la broca del café.
- 02**

El control manual implica la intervención directa y física para recolectar o eliminar la broca y sus larvas de las plantas, este proceso implica la recolección de todos los frutos
- 03**

Es fundamental destacar que el control y manejo de la broca del café no se limitan a métodos químicos y manuales. Existen alternativas que pueden implementarse.

Sobre CIoT



¿COMO NACE CIOIOT?

"CioT surge como respuesta a una necesidad apremiante en el sector cafetero: la lucha contra la broca del café. Al conectar al agricultor al Internet de las Cosas, se abre un mundo de posibilidades para optimizar los cultivos y encontrar soluciones innovadoras. CioT brinda herramientas tecnológicas que permiten a los productores acceder a información y recursos adicionales para mejorar la productividad y combatir plagas de manera efectiva."



ENLACES DE INTERÉS

Comité de Cafeteros del Quindío
 Federación de Cafeteros
 Tips del profesor yarumo
 Mundo Cafeto

HORARIOS DE ATENCIÓN

LUNES - VIERNES
 8:00 AM - 5:00 PM
 SÁBADO - DOMINGO
 9:00 AM - 12:00 AM

ENCUÉTRANOS EN

Kr19 #12-15 Av Boyaca
 Pasto Nariño
 310721749

[Contáctenos](#)

3. Sección Informativa Principal

Esta sección proporciona una introducción al impacto de la broca del café en cultivos, con énfasis en países como Colombia. Incluye:

- Tasa de Infestación: Una breve descripción sobre el impacto de la broca del café.
- Apartado Informativo '¿Qué es la Broca?': Describe sus efectos y medidas de manejo.

3. Centro de Contacto

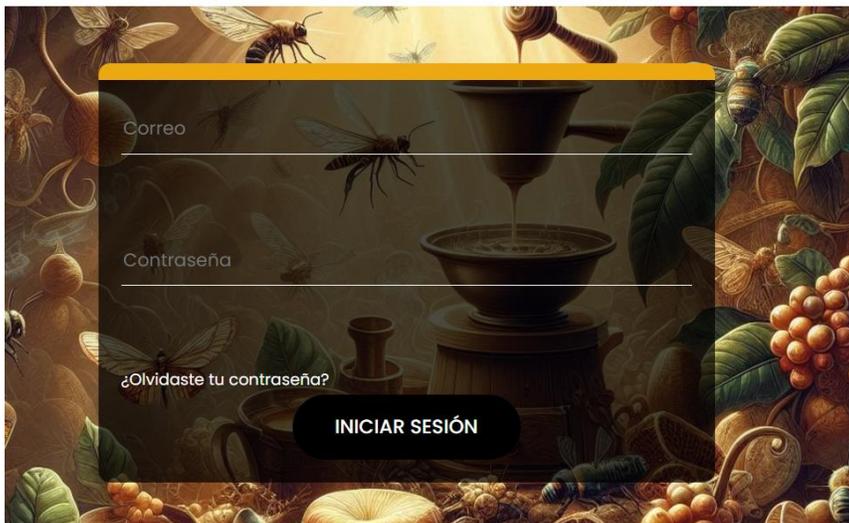
El Centro de Contacto permite a los usuarios enviar consultas o solicitudes mediante un formulario interactivo. También muestra información sobre la ubicación, horarios de atención y números de contacto.

Pasos para Iniciar Sesión

1. Localice el botón Iniciar Sesión en la esquina superior derecha de la pantalla.
2. Haga clic en el botón.
3. Ingrese sus credenciales (usuario y contraseña).
4. Presione el botón Entrar para acceder al sistema

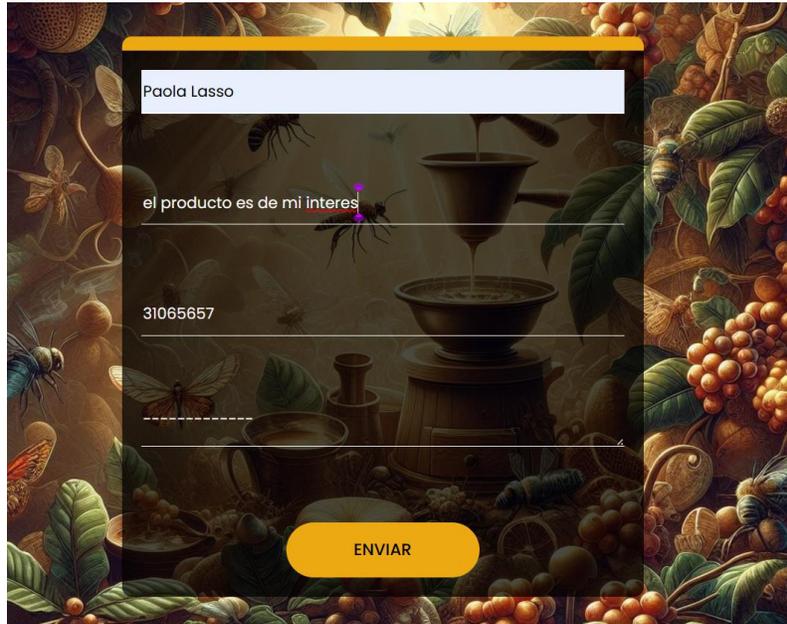


El Aliado Tecnológico en la Lucha Contra la Broca del Café



3.1. Pasos para usar el Centro de Contacto

1. Haga clic en el botón 'Contáctenos' ubicado en la parte inferior derecha de la pantalla.
2. Complete el formulario con su información y mensaje.
3. Presione 'Enviar' para enviar su consulta.



Paola Lasso

el producto es de mi interes

31065657

ENVIAR

Funcionalidades Principales

1. El sistema CloT incluye módulos clave que optimizan la gestión de cultivos y el monitoreo ambiental. Estos son:
 - Fincas: Gestión y visualización de información de fincas.
 - Lotes: Detalles y configuraciones de lotes asociados a cada finca.
 - Cultivos: Control de tipos de cultivos y características.
 - Alertas: Notificaciones ante eventos críticos o parámetros fuera de rango.
 - Producción: Registro y análisis de producción agrícola.
 - Registros históricos: Consulta detallada de datos registrados.
 - Registros en tiempo real: Monitoreo continuo de temperatura y humedad.

The screenshot shows a web application interface for coffee monitoring. At the top, there is a navigation bar with 'Administración', 'IoT', and 'Producción' menus, and a user profile 'Paola Lasso'. A dropdown menu is open under 'Administración', listing 'Fincas', 'Lotes', 'Registros', 'Registros histórico', and 'Alertas'. The main content area features a large image of coffee beans and a title 'del Café'. Below this is an article about the coffee beetle (Hypothenemus hampei), explaining its impact and how it appears, influenced by environmental conditions like temperature and humidity.

5. Agregar Fincas

El módulo 'Agregar Fincas' permite registrar nuevas fincas en el sistema. Una de las características más destacadas es el uso de un mapa interactivo para seleccionar automáticamente las coordenadas geográficas.

The screenshot displays two parts of the application. The top part shows the 'Lista de Fincas' (List of Farms) page, which includes a table with columns for 'Nombre', 'Propietario', 'longitud', 'latitud', 'Ubicación', and 'Acciones'. Below the table is a 'Ver el Dashboard' button. The bottom part shows the 'Añadir Nueva Finca' (Add New Farm) form, which has input fields for 'Nombre', 'Propietario', 'Paola Lasso', 'Latitud', 'Longitud', and 'Ubicación', along with 'Guardar' and 'Cancelar' buttons.

Nombre	Propietario	longitud	latitud	Ubicación	Acciones
prueba	a	8.00	9.00	aaa	Editar Eliminar
Buena vista	paola	51.50	-0.09	Santa Martha	Editar Eliminar



5.1. Cómo agregar una finca

1. Diríjase al módulo 'Fincas' y haga clic en 'Agregar Finca'.
2. Complete los campos requeridos, como nombre y propietario.
3. Haga clic en el espaciado de latitud o longitud para abrir el mapa interactivo.
4. Seleccione la ubicación deseada en el mapa. Las coordenadas se completarán automáticamente.
5. Presione 'Guardar' para finalizar el registro.

5.2. Cómo Editar una finca

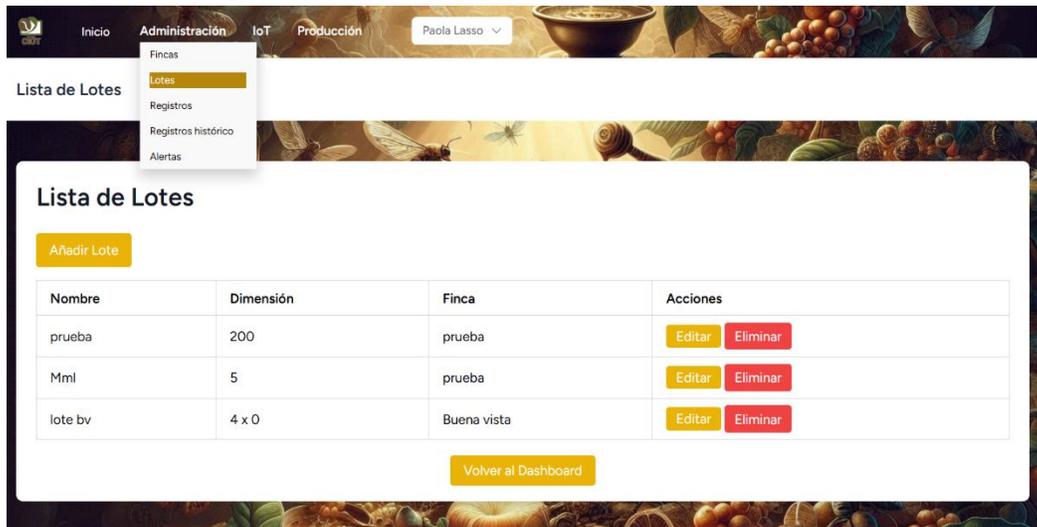
1. Diríjase al módulo 'Fincas' y haga clic en Acciones 'Editar'.
2. Complete los campos requeridos, como nombre y propietario.
3. Haga clic en el espaciado de latitud o longitud para abrir el mapa interactivo.
4. Seleccione la ubicación deseada en el mapa. Las coordenadas se completarán automáticamente.
5. Presione 'Guardar' para actualizar el registro.

5.2. Cómo eliminar una finca

1. Diríjase al módulo 'Fincas' y haga clic en Acciones 'Eliminar'.
-

6. Agregar lotes

El módulo 'Agregar lotes' permite registrar nuevos lotes en el sistema.



6.1. Cómo agregar un lote

1. Diríjase al módulo 'lotes' y haga clic en 'Agregar lote'.
2. Complete los campos requeridos.
3. Presione 'Guardar' para finalizar el registro.

6.2. Cómo Editar un lote

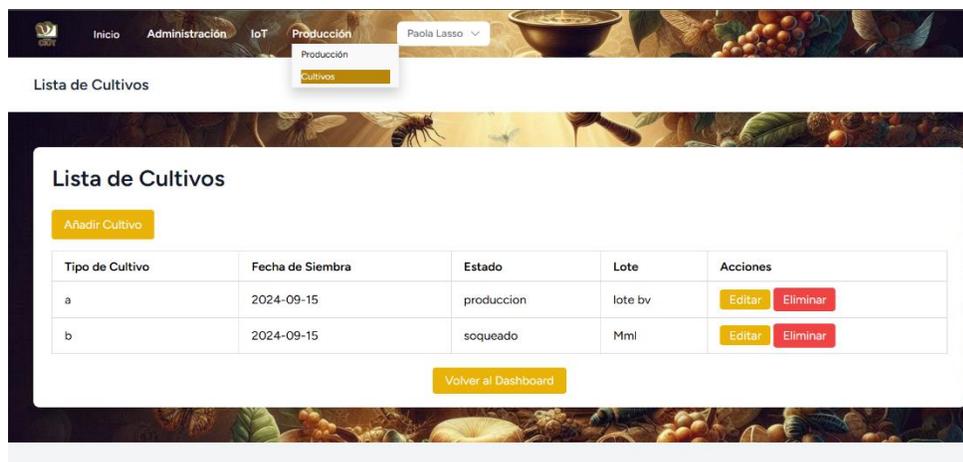
1. Diríjase al módulo 'lotes' y haga clic en Acciones 'Editar'.
2. Complete los campos requeridos.
3. Presione 'Guardar' para actualizar el registro.

6.2. Cómo eliminar un lote

1. Diríjase al módulo 'lotes' y haga clic en Acciones 'Eliminar'.
-

7. Agregar cultivos

El módulo 'Agregar cultivos ' permite registrar nuevos cultivos en el sistema.



7.1. Cómo agregar un cultivo

1. Diríjase al módulo ' cultivos ' y haga clic en 'Agregar cultivo '.
2. Complete los campos requeridos.
3. Presione 'Guardar' para finalizar el registro.

7.2. Cómo Editar un cultivo

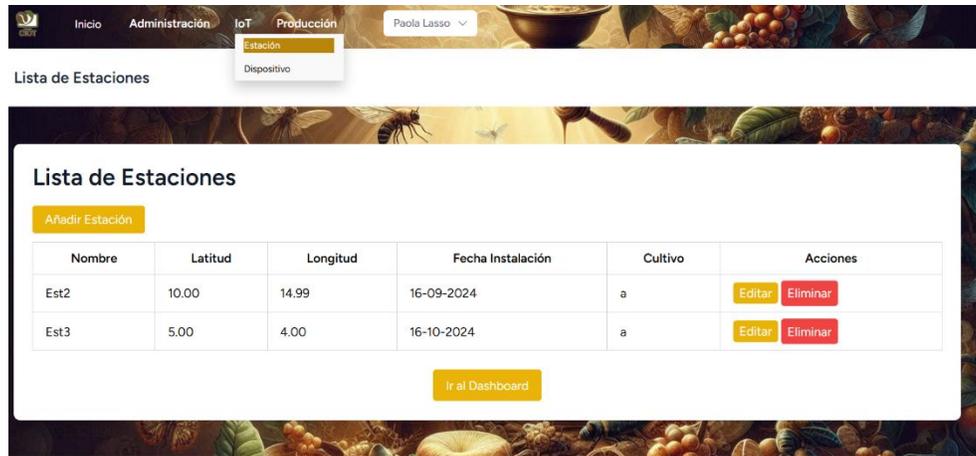
1. Diríjase al módulo ' cultivos ' y haga clic en Acciones 'Editar'.
2. Complete los campos requeridos.
3. Presione 'Guardar' para actualizar el registro.

7.2. Cómo eliminar un cultivo

1. Diríjase al módulo ' cultivos ' y haga clic en Acciones 'Eliminar'.
-

8. Agregar estaciones

El módulo 'Agregar estaciones' permite registrar nuevas estaciones en el sistema.



8.1. Cómo agregar una estación

1. Diríjase al módulo 'estaciones' y haga clic en 'Agregar estación'.
2. Complete los campos requeridos.
3. Haga clic en el espaciado de latitud o longitud para abrir el mapa interactivo.
4. Seleccione la ubicación deseada en el mapa. Las coordenadas se completarán automáticamente.
5. Presione 'Guardar' para finalizar el registro.

8.2. Cómo Editar una estación

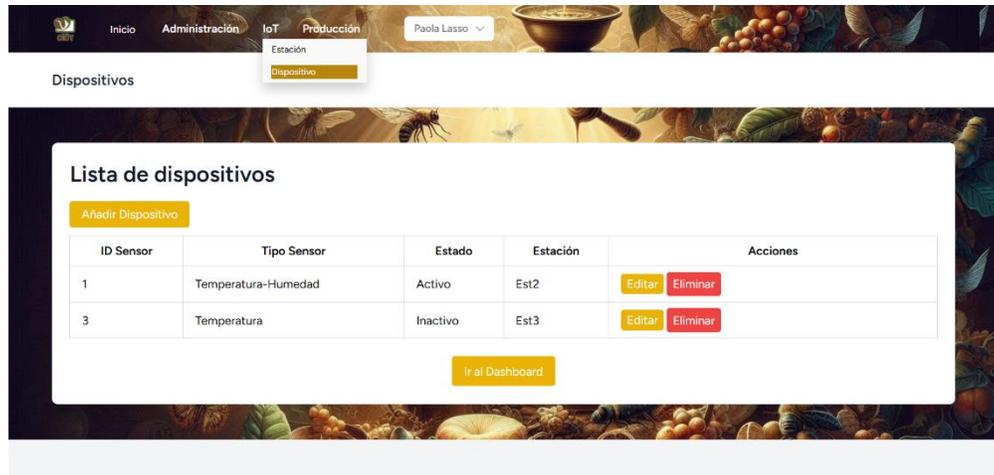
1. Diríjase al módulo 'estaciones' y haga clic en Acciones 'Editar'.
2. Complete los campos requeridos.
3. Presione 'Guardar' para actualizar el registro.

8.2. Cómo eliminar una estación

1. Diríjase al módulo 'estaciones' y haga clic en Acciones 'Eliminar'.
-

9. Agregar dispositivos

El módulo 'Agregar dispositivos' permite registrar nuevos dispositivos en el sistema.



9.1. Cómo agregar un nuevo dispositivo

1. Diríjase al módulo 'dispositivos' y haga clic en 'Agregar dispositivo'.
2. Complete los campos requeridos.
3. Presione 'Guardar' para finalizar el registro.

9.2. Cómo Editar un dispositivo

1. Diríjase al módulo 'dispositivos' y haga clic en Acciones 'Editar'.
2. Complete los campos requeridos.
3. Presione 'Guardar' para actualizar el registro.

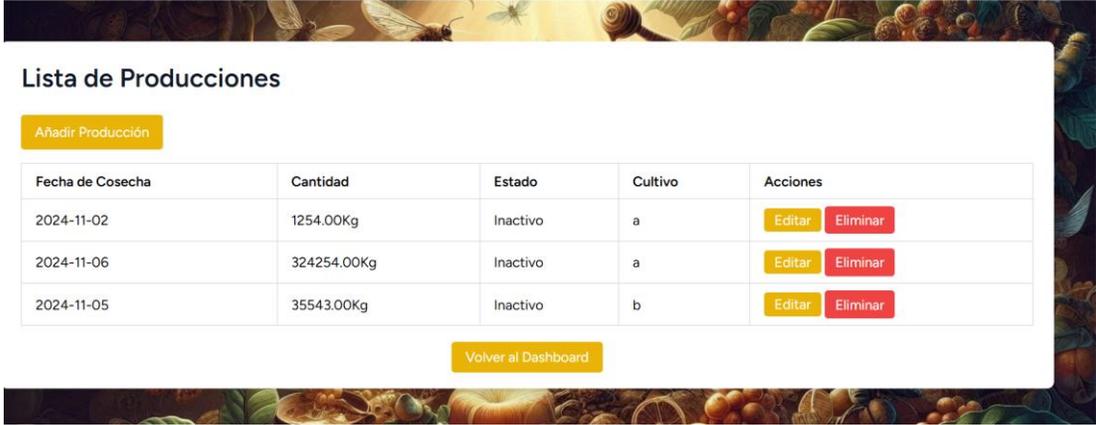
9.2. Cómo eliminar un dispositivo

1. Diríjase al módulo 'dispositivos' y haga clic en Acciones 'Eliminar'.
-

10. Agregar Producciones

El módulo 'Agregar producción ' permite registrar una nueva producción en el sistema.

Lista de Producciones



Fecha de Cosecha	Cantidad	Estado	Cultivo	Acciones
2024-11-02	1254.00Kg	Inactivo	a	Editar Eliminar
2024-11-06	324254.00Kg	Inactivo	a	Editar Eliminar
2024-11-05	35543.00Kg	Inactivo	b	Editar Eliminar

10.1. Cómo agregar una producción

1. Diríjase al módulo ' producciones ' y haga clic en 'Agregar producción '.
2. Complete los campos requeridos.
3. Presione 'Guardar' para finalizar el registro.

10.2. Cómo Editar una producción

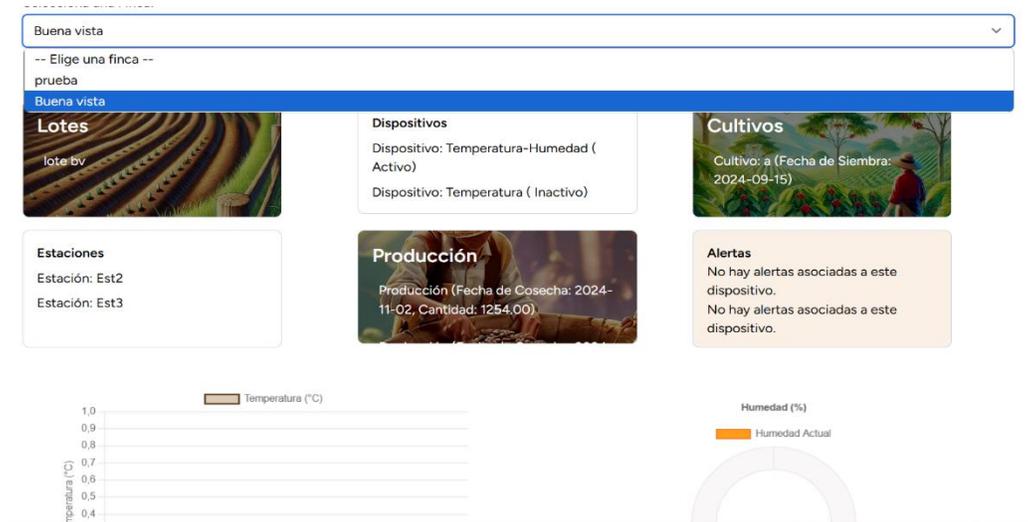
1. Diríjase al módulo ' producción ' y haga clic en Acciones 'Editar'.
2. Complete los campos requeridos.
3. Presione 'Guardar' para actualizar el registro.

10.2. Cómo eliminar una producción

1. Diríjase al módulo ' producción ' y haga clic en Acciones 'Eliminar'.
-

11. Registros en Tiempo Real

El sistema muestra datos en tiempo real de temperatura y humedad. Los valores más recientes se presentan en cuadros destacados. Al hacer doble clic en un cuadro, se despliega el historial completo de registros asociados, estos se muestran en un dashboard.



13. Registros históricos

El sistema muestra datos históricos de temperatura y humedad. Al hacer doble clic en un cuadro, se despliega el historial completo de registros asociados.

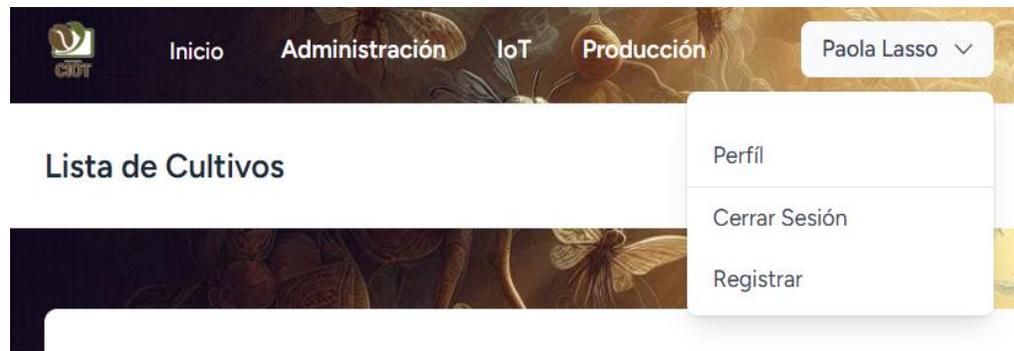
The 'Historico de Reg' page displays a table with the following data:

SENSOR ID	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	FECHA	HORA
1	21.80	45.0	2024-10-25	03:49:18
1	21.80	45.0	2024-10-25	03:19:18
1	21.80	45.0	2024-10-25	02:49:18
1	21.80	47.0	2024-10-25	02:19:18
1	21.80	51.0	2024-10-24	04:25:08
1	21.80	52.0	2024-10-24	03:55:08
1	22.60	51.0	2024-10-24	03:03:04
1	22.60	51.0	2024-10-24	02:33:05

12. Registros de nuevos usuarios

Para el registro de nuevos usuarios es necesario ser administrador

1. Diríjase al apartado de su usuario y de un clic
2. Presione en registrar
3. rellene el formulario con los datos del usuario
4. para completar el registro presione clic en registrar



14. Soporte Técnico

Para consultas o soporte técnico, comuníquese con el equipo a través del Centro de Contacto incluido

Anexo 3. Certificado tercer encuentro internacional de semilleros





UNIVERSIDAD
CESMAG
NIT: 800.109.387-7
VIGILADA MINERACIEN

**CARTA DE ENTREGA TRABAJO DE GRADO O
TRABAJO DE APLICACIÓN – ASESOR(A)**

CÓDIGO: AAC-BL-FR-032

VERSIÓN: 1

FECHA: 09/JUN/2022

San Juan de Pasto, 04/06/2025

Biblioteca
REMIGIO FIORE FORTEZZA OFM. CAP.
Universidad CESMAG
Pasto

Saludo de paz y bien.

Por medio de la presente se hace entrega del Trabajo de Grado / Trabajo de Aplicación denominado "Sistema de apoyo para el monitoreo de variables ambientales en la prevención de la broca en cultivos de café a través de las tecnologías IoT", presentado por el (los) autor(es) Angie Paola Lasso Ortiz del Programa Académico Ingeniería de Sistemas al correo electrónico biblioteca.trabajosdegrado@unicesmag.edu.co.

Manifiesto como asesor(a), que su contenido, resumen, anexos y formato PDF cumple con las especificaciones de calidad, guía de presentación de Trabajos de Grado o de Aplicación, establecidos por la Universidad CESMAG, por lo tanto, se solicita el paz y salvo respectivo.

Atentamente,

GERMÁN AUGUSTO MORA RUIZ

12753564 de Pasto

Ingeniería de sistemas

3002741059

gamora@unicesmag.edu.co



INFORMACIÓN DEL (LOS) AUTOR(ES)	
Nombres y apellidos del autor: Angie Paola Lasso Ortiz	Documento de identidad: 1004593223
Correo electrónico: paolalasso31@gmail.com	Número de contacto: 3107217149 / 3244112428
Nombres y apellidos del autor:	Documento de identidad:
Correo electrónico:	Número de contacto:
Nombres y apellidos del autor:	Documento de identidad:
Correo electrónico:	Número de contacto:
Nombres y apellidos del autor:	Documento de identidad:
Correo electrónico:	Número de contacto:
Nombres y apellidos del asesor: German Augusto Mora Ruiz	Documento de identidad: 12753564
Correo electrónico: gamora@unicesmag.edu.co	Número de contacto: 3002741059
Título del trabajo de grado: Sistema de apoyo para el monitoreo de variables ambientales en la prevención de la broca en cultivos de café a través de las tecnologías IoT	
Facultad y Programa Académico: INGENIERIA / Ingeniería de sistemas	

En mi (nuestra) calidad de autor(es) y/o titular (es) del derecho de autor del Trabajo de Grado o de Aplicación señalado en el encabezado, confiero (conferimos) a la Universidad CESMAG una licencia no exclusiva, limitada y gratuita, para la inclusión del trabajo de grado en el repositorio institucional. Por consiguiente, el alcance de la licencia que se otorga a través del presente documento, abarca las siguientes características:

- La autorización se otorga desde la fecha de suscripción del presente documento y durante todo el término en el que el (los) firmante(s) del presente documento conserve (mos) la titularidad de los derechos patrimoniales de autor. En el evento en el que deje (mos) de tener la titularidad de los derechos patrimoniales sobre el Trabajo de Grado o de Aplicación, me (nos) comprometo (comprometemos) a informar de manera inmediata sobre dicha situación a la Universidad CESMAG. Por consiguiente, hasta que no exista comunicación escrita de mi(nuestra) parte informando sobre dicha situación, la Universidad CESMAG se encontrará debidamente habilitada para continuar con la publicación del Trabajo de Grado o de Aplicación dentro del repositorio institucional. Conozco(conocemos) que esta autorización podrá revocarse en cualquier momento, siempre y cuando se eleve la solicitud por escrito para dicho fin ante la Universidad CESMAG. En estos eventos, la Universidad CESMAG cuenta con el plazo de un mes después de recibida la petición, para desmarcar la visualización del Trabajo de Grado o de Aplicación del repositorio institucional.



UNIVERSIDAD
CESMAG

NIT: 800.109.387-7
VULNERABILIDAD

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL

CÓDIGO: AAC-BL-FR-031

VERSIÓN: 1

FECHA: 09/JUN/2022

- b) Se autoriza a la Universidad CESMAG para publicar el Trabajo de Grado o de Aplicación en formato digital y teniendo en cuenta que uno de los medios de publicación del repositorio institucional es el internet, acepto(amos) que el Trabajo de Grado o de Aplicación circulará con un alcance mundial.
- c) Acepto (aceptamos) que la autorización que se otorga a través del presente documento se realiza a título gratuito, por lo tanto, renuncio(amos) a recibir emolumento alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y/o cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente autorización y de la licencia o programa a través del cual sea publicado el Trabajo de grado o de Aplicación.
- d) Manifiesto (manifestamos) que el Trabajo de Grado o de Aplicación es original realizado sin violar o usurpar derechos de autor de terceros y que ostento(amos) los derechos patrimoniales de autor sobre la misma. Por consiguiente, asumo(asumimos) toda la responsabilidad sobre su contenido ante la Universidad CESMAG y frente a terceros, manteniéndose indemne de cualquier reclamación que surja en virtud de la misma. En todo caso, la Universidad CESMAG se compromete a indicar siempre la autoría del escrito incluyendo nombre de(los) autor(es) y la fecha de publicación.
- e) Autorizo(autorizamos) a la Universidad CESMAG para incluir el Trabajo de Grado o de Aplicación en los índices y buscadores que se estimen necesarios para promover su difusión. Así mismo autorizo (autorizamos) a la Universidad CESMAG para que pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

NOTA: En los eventos en los que el trabajo de grado o de aplicación haya sido trabajado con el apoyo o patrocinio de una agencia, organización o cualquier otra entidad diferente a la Universidad CESMAG. Como autor(es) garantizo(amos) que he(hemos) cumplido con los derechos y obligaciones asumidos con dicha entidad y como consecuencia de ello dejo(dejamos) constancia que la autorización que se concede a través del presente escrito no interfiere ni transgrede derechos de terceros.

Como consecuencia de lo anterior, autorizo(autorizamos) la publicación, difusión, consulta y uso del Trabajo de Grado o de Aplicación por parte de la Universidad CESMAG y sus usuarios así:

- Permiso(permitimos) que mi(nuestro) Trabajo de Grado o de Aplicación haga parte del catálogo de colección del repositorio digital de la Universidad CESMAG por lo tanto, su contenido será de acceso abierto donde podrá ser consultado, descargado y compartido con otras personas, siempre que se reconozca su autoría o reconocimiento con fines no comerciales.

En señal de conformidad, se suscribe este documento en San Juan de Pasto a los cuatro días del mes de junio del año dos mil veinticinco

Nombre del autor: ANGIE PAOLA LASSO ORTIZ	Nombre del autor:
Nombre del autor:	Nombre del autor:
Nombre del asesor: German Augusto Mora Ruiz	