



**Desarrollo de una aplicación web para el manejo de plagas cuarentenarias en aguacate
Hass en el lugar de producción San Luis**

**Gustavo Adolfo Vásquez Bustos
Álvaro Augusto Salazar Osorio**

Proyecto presentado para optar al título de Especialización en Sistemas de Información
Geográfica

Universidad de Manizales
Facultad Ciencias e Ingenierías
Especialización en Sistemas de Información Geográfica
Manizales, Caldas, Colombia
2024

Especialización en Sistemas de Información Geográfica, XXIX
Grupo de Investigación Desarrollo de Software.
Centro de Investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo -Cimad.
Biblioteca y Centro de Información Universidad de Manizales
Repositorio Institucional: <http://ridum.umanizales.edu.co/>
Universidad de Manizales - www.umanizales.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Manizales ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mi familia, que siempre ha sido mi mayor motivación y fuente de fuerza inagotable. Su apoyo incondicional me ha impulsado a seguir adelante en cada paso de este camino. A mi padre, Luis Mario Vásquez Bermúdez, quien ya no está físicamente conmigo, pero cuya sabiduría, inteligencia y palabras de aliento siguen guiando mi vida. Él siempre creyó en mí, me enseñó que todo era posible y, con su ejemplo, me mostró el verdadero valor del esfuerzo y la perseverancia. Este logro es también suyo.

Gustavo Adolfo Vasquez B.

Dedico este trabajo a Dios, fuente de toda sabiduría, y a mis padres, especialmente a mi madre, quien siempre me inspiró a alcanzar mis metas. A pesar de su ausencia física, su amor y guía continúan siendo mi fuerza.

Álvaro Augusto Salazar O.

Tabla de contenido

Tabla de contenido	3
Siglas, acrónimos y abreviaturas	5
Resumen	6
Abstract	7
1. Introducción	8
1.1. Planteamiento del problema	9
2. Justificación.....	10
3. Objetivos	11
Objetivo general	11
Objetivos específicos.....	11
4. Antecedentes	12
5. Referente normativo y legal.....	19
6. Referente teórico.....	17
7. Metodología	20
Fase 1: Recolección de datos campo y Creación de la base de datos.	21
Fase 2: Diseño y desarrollo de AVF SYSTEM.....	22
Fase 3: Integración de análisis espacial y herramientas de monitoreo.....	23
Fase 4: Pruebas, capacitación y despliegue.....	24
8. Conclusiones	25
9. Recomendaciones.....	26
10. Referencias	27
Anexos.....	31

Lista de figuras

Figura 1 Formato de monitoreo de plagas cuarentenarias en núcleo en plan de trabajo.	22
Figura 2 Encuesta AVF_SYSTEM.	23
Figura 3 Pantalla del geo visor AVF_SISTEM.	3
Figura 4 Conteo y concentraciones de predios según sus características en presencia y tipo de plaga	25

Siglas, acrónimos y abreviaturas

AVF	Asistencia en Vigilancia Fitosanitaria S.A.S
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
DTEVF	dirección Técnica de Epidemiología y Vigilancia Fitosanitaria
LP	Lugares de Producción
MIP	Manejo Integrado de Plagas
PC	Plagas Cuarentenarias
AP	Agricultura de precisión
Res.	Resolución.
SIG	Sistema de Información Geográfica
TIC	Tecnología de la Información y las Comunicaciones
GDB	Geodatabase (Base de datos geoespacial)

Resumen

El desarrollo de la aplicación web AVF SYSTEM tiene como objetivo mejorar la vigilancia, control y manejo de plagas cuarentenarias en el lugar de producción San Luis, ubicado en el municipio de Sevilla, Valle del Cauca. Esta región, conocida por su producción de aguacate Hass, enfrenta desafíos fitosanitarios debido a la presencia de plagas cuarentenarias como *Heilipus lauri*, *Heilipus trifasciatus* y *Stenoma catenifer*, las cuales pueden comprometer la calidad de los frutos y limitar el acceso a mercados internacionales como el de Estados Unidos. La aplicación desarrollada permitió la recolección y gestión de datos geolocalizados sobre el estado fitosanitario, utilizando dispositivos móviles que capturan información en campo y la sincronizan con una base de datos central. Además, incorporo el Formato de Monitoreo de Plagas Cuarentenarias del Aguacate, facilitando la consolidación de la información y la toma de decisiones oportunas para mantener el estatus fitosanitario necesario para la exportación. Con AVF SYSTEM, se buscó mejorar la eficiencia del monitoreo, optimizar los recursos de control de plagas y garantizar la continuidad de la exportación de aguacate Hass a mercados internacionales.

Palabras clave: Aguacate Hass, plagas cuarentenarias, gestión fitosanitaria, vigilancia, AVF SYSTEM.

Abstract

The development of the AVF SYSTEM web application aims to improve the surveillance, control, and management of quarantine pests in the San Luis production site, located in the municipality of Sevilla, Valle del Cauca. This region, known for its production of Hass avocados, faces phytosanitary challenges due to the presence of quarantine pests such as *Heilipus lauri*, *Heilipus trifasciatus*, and *Stenoma catenifer*, which can compromise fruit quality and limit access to international markets like the United States. The developed application allows for the collection and management of geolocated phytosanitary data using mobile devices that capture field information and synchronize it with a central database. Additionally, it integrates the Quarantine Pests Monitoring Format for Avocado, facilitating data consolidation and timely decision-making to maintain the phytosanitary status required for export. With AVF SYSTEM, the aim is to improve monitoring efficiency, optimize pest control resources, and ensure the continuity of Hass avocado exports to international markets.

Keywords: Hass avocado, quarantine pests, phytosanitary management, surveillance, AVF SYSTEM.

1. Introducción

La exportación de aguacate Hass se ha convertido en una actividad económica clave para Colombia, y especialmente para el departamento del Valle del Cauca, donde el clima y las condiciones de suelo son ideales para el desarrollo de este cultivo. Sin embargo, la expansión de la producción también ha traído consigo la creciente amenaza de plagas cuarentenarias, las cuales representan un riesgo significativo para los estándares fitosanitarios exigidos por los mercados internacionales, como el de los Estados Unidos.

En particular, el Predio San Luis, ubicado en el municipio de Sevilla, Valle del Cauca, enfrenta desafíos importantes para mantener su estatus de producción libre de plagas cuarentenarias, requisito indispensable para exportar aguacate Hass al mercado estadounidense. Las plagas de preocupación incluyen principalmente a *Heilipus lauri* y *Heilipus trifasciatus* (picudos de la semilla), y *Stenoma catenifer* (polilla del fruto y ramas), las cuales pueden comprometer la calidad de los frutos y, por ende, su aceptación en mercados internacionales.

En respuesta a esta problemática, la empresa Asistencia en Vigilancia Fitosanitaria S.A.S (AVF) ha identificado la necesidad de desarrollar una herramienta tecnológica que facilite la vigilancia y el manejo efectivo de estas plagas. La presente investigación tiene como objetivo desarrollar una aplicación web que permita recopilar y gestionar información fitosanitaria geolocalizada para ayudar a AVF a consolidar y verificar los procesos de control de plagas cuarentenarias en la zona buffer del lugar de producción.

En respuesta a esta problemática, la empresa Asistencia en Vigilancia Fitosanitaria S.A.S (AVF) ha identificado la necesidad de desarrollar una herramienta tecnológica que facilite la vigilancia y el manejo efectivo de estas plagas. La presente investigación tiene como objetivo desarrollar una aplicación web que permita recopilar y gestionar información fitosanitaria geolocalizada para ayudar a AVF a consolidar y verificar los procesos de control de plagas cuarentenarias en la zona buffer del lugar de producción.

1.1.Planteamiento del problema

El aguacate Hass es uno de los productos agrícolas de mayor crecimiento en Colombia, y su exportación representa una oportunidad significativa para los productores, en especial en el departamento del Valle del Cauca. Sin embargo, el acceso a mercados internacionales, como el de Estados Unidos, exige que los lugares de producción mantengan estrictos estándares fitosanitarios, incluyendo la condición de estar libres de plagas cuarentenarias. Este desafío es particularmente relevante para el lugar de producción San Luis, ubicado en Sevilla, Valle del Cauca, donde la presencia de plagas cuarentenarias como *Heilipus lauri*, (conocido como picudo de la semilla) y *Stenoma catenifer* (polilla del fruto) puede comprometer la calidad del fruto y limitar la posibilidad de exportación.

La detección y manejo de estas plagas es un proceso complejo que requiere un monitoreo constante. Actualmente, la empresa Asistencia en Vigilancia Fitosanitaria S.A.S (AVF) es responsable de esta labor en el lugar de producción San Luis y su zona buffer de 1 km. Aunque AVF cuenta con personal técnico capacitado, enfrenta el desafío de gestionar grandes volúmenes de información de manera eficiente, careciendo de herramientas tecnológicas que faciliten la consolidación y análisis de datos en tiempo oportuno. La ausencia de un sistema de gestión fitosanitaria limita la efectividad en la identificación de focos de infestación y retrasa las acciones correctivas, lo cual incrementa el riesgo de propagación de las plagas.

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar una aplicación web que permita a AVF S.A.S gestionar de manera efectiva la recolección y monitoreo de datos sobre plagas cuarentenarias. La implementación de esta herramienta permitirá la toma de decisiones informadas y oportunas, contribuyendo a mantener el estatus fitosanitario exigido para la exportación de aguacate Hass y asegurando la competitividad del producto en el mercado estadounidense.

2. Justificación

La exportación de aguacate Hass a mercados internacionales, como el de Estados Unidos, es fundamental para el crecimiento del sector agrícola colombiano y para la competitividad de los productores en el Valle del Cauca. No obstante, cumplir con los estándares fitosanitarios exigidos requiere un manejo exhaustivo y eficiente de la información relacionada con el estado fitosanitario del cultivo.

El lugar de producción San Luis, bajo la supervisión de AVF S.A.S, enfrenta desafíos fitosanitarios importantes debido a la presencia de plagas cuarentenarias. Para abordar estos retos, se requiere una solución tecnológica que permita optimizar la recolección, consolidación y análisis de datos georreferenciados en tiempo casi real, facilitando un monitoreo preciso y sistemático en la zona buffer. La implementación de una aplicación web permitirá mejorar la eficiencia del personal técnico en campo, garantizando una respuesta rápida y eficaz ante posibles focos de infestación.

La herramienta propuesta permitirá a AVF S.A.S cumplir de manera integral con los requisitos fitosanitarios, contribuyendo a la sostenibilidad del cultivo de aguacate Hass en la región y fortaleciendo su posicionamiento en mercados internacionales

3. Objetivos

Objetivo general

Desarrollar una aplicación web que permita gestionar de manera eficiente la vigilancia, control y manejo de plagas cuarentenarias en el lugar de producción San Luis y su zona buffer, asegurando el estatus fitosanitario para la exportación de aguacate Hass a los Estados Unidos.

Objetivos específicos

Desarrollar una aplicación web que permita a AVF S.A.S consolidar, verificar y visualizar la información de plagas cuarentenarias, con capacidad de generar informes para facilitar la toma de decisiones en tiempo oportuno.

Implementar un sistema que permita a los usuarios de la aplicación registrar datos en campo, almacenar la información y cargarla a la base de datos una vez se disponga de conexión a internet, garantizando un monitoreo permanente de los focos de plagas.

Asegurar que la aplicación permita el seguimiento detallado de las acciones de control y manejo fitosanitario en el lugar de producción San Luis.

4. Antecedentes

Los autores Jiang et al. (2013) presentan un sistema de monitoreo remoto basado en redes de sensores inalámbricos para observar la distribución espacial y la dinámica de *Bactrocera dorsalis*, una mosca de la fruta que es una plaga importante en los huertos frutales. El sistema es capaz de detectar con precisión la distribución espacial y la dinámica de la población de moscas de la fruta. Es fácil de usar y puede proporcionar información valiosa a los agricultores para ayudarles a implementar programas de gestión integrada de plagas. Asimismo, el método de monitoreo remoto de Jiang et al. (2013) “es un avance significativo en el desarrollo de sistemas de monitoreo remoto para plagas agrícolas” (p.28). Este mismo sistema, tiene el potencial de ayudar a los agricultores a reducir el uso de pesticidas y mejorar la producción de fruta.

En el análisis de antecedentes se evidencia que los autores Kokila et al. (2021)” presentan una herramienta basada en SIG para el análisis de la distribución y abundancia del barrenador de la caña de azúcar *Chilo sacchariphagus indicus*” (p.33). La herramienta se basa en datos de alta resolución de temperatura, precipitación, humedad, nutrientes del suelo, microorganismos del suelo y depredadores, y utiliza el método de interpolación de distancia inversa ponderada (IDW) para predecir la distribución espacial de la plaga. Asimismo, se debe tener en cuenta el estudio de Kokila et al. (2021) es una publicación pionero que desarrolla una herramienta basada en SIG para el análisis de la distribución y abundancia del barrenador de la caña de azúcar. Los resultados del artículo muestran que la temperatura y la humedad son los factores abióticos que más influyen en la distribución y abundancia de la plaga, mientras que los microorganismos del suelo y los depredadores son los factores bióticos más importantes.

Además, la herramienta desarrollada por los autores es una valiosa herramienta para la gestión integrada de plagas del barrenador de la caña de azúcar, ya que permite identificar las zonas de mayor riesgo de infestación y desarrollar estrategias de control más específicas y efectivas.

De otro modo, los autores Odanga et al. (2018) encontraron en Tanzania, que la distribución espacial de las plagas del aguacate está influenciada por la altitud. *B. dorsalis*, la mosca del vinagre, se encontró en mayor abundancia en los huertos ubicados a altitudes más bajas, mientras que *T. leucotreta*, la polilla del aguacate, se encontró en mayor abundancia en los huertos ubicados a altitudes más altas. Este estudio es importante para el manejo de las plagas del aguacate en Tanzania. Los resultados sugieren que los agricultores deben implementar medidas de control específicas para cada plaga, dependiendo de la altitud del huerto.

Este estudio es relevante para la tesis de grado porque proporciona información sobre la distribución espacial de las plagas del aguacate en un gradiente altitudinal. Esta información puede ser útil para el desarrollo de estrategias de manejo de plagas adaptadas a las condiciones de diferentes regiones.

Con respecto a los autores Duarte et al. (2015) utilizaron geoestadística y SIG para estudiar la distribución espacial de *Grapholita molesta* (polilla oriental de la fruta) en campos de durazno en Uruguay. Los resultados mostraron que la plaga se distribuye de forma espacialmente agregada, con tres puntos calientes de alto nivel de población y algunas áreas con poblaciones comparativamente bajas.

Estos resultados sugieren que la geoestadística y los SIG pueden ser herramientas útiles para identificar áreas con alto riesgo de infestación. Esta información puede ser utilizada para optimizar la ubicación de las trampas de monitoreo y las aplicaciones de insecticidas. Además, el estudio de Duarte et al. (2015) muestra que la distribución espacial puede variar de un año a otro. Esta información es importante para desarrollar estrategias de manejo integrado de plagas que sean flexibles y adaptables a las condiciones cambiantes.

Con relación al autor Paz, (2017) Un estudio realizado en Venezuela encontró que el thrips de la cebolla (*Thrips tabaci*) tiene una distribución espacial agregada en cultivos de cebolla. Esto significa que las poblaciones de thrips tienden a agruparse en focos. La publicación utilizó métodos geoestadísticos para analizar datos de capturas de thrips obtenidos en 56 puntos de

muestreo. Los resultados mostraron que las capturas de thrips en un punto están correlacionadas con las capturas de thrips en puntos cercanos.

Estos efectos, son relevantes para el desarrollo de estrategias de control de plagas más efectivas. El conocimiento de la distribución espacial de una plaga puede ayudar a identificar las áreas con mayor densidad de plaga, lo que puede ser útil para planificar aplicaciones de insecticidas más precisas. Este estudio es relevante, ya que proporciona información valiosa sobre como el modelo exponencial explica la distribución espacial de la plaga

En otro orden de ideas, los autores Wang et al. (2022) presentan un sistema de vigilancia de protección inteligente de plantas que utiliza técnicas de inteligencia artificial para detectar y prevenir daños a las plantas. La técnica está compuesta por tres módulos principales: un módulo de detección, un módulo de análisis y un módulo de control. El sistema propuesto se desarrolló con el objetivo de mejorar la detección temprana de enfermedades, plagas y otros problemas que afectan a los cultivos. Utiliza sensores para recopilar datos relacionados con la humedad del suelo, la temperatura, la calidad del aire y otros factores ambientales que influyen en el crecimiento de las plantas. Estos datos se procesan mediante algoritmos de inteligencia artificial para identificar patrones y tendencias que puedan indicar posibles amenazas a la salud de las plantas. Además, el sistema está diseñado para ser altamente adaptable y se puede personalizar para diferentes tipos de cultivos y condiciones específicas.

Con referencia a lo estudiado por los autores Qin et al. (2017), manifiestan que “la temperatura del aire cerca de la superficie y la precipitación son los principales factores climáticos que afectan la dinámica de los insectos forestales” (p.22). Los recientes desarrollos en teledetección y las técnicas de análisis espacial de sistemas de información geográfica permiten la utilización de factores climáticos para mejorar significativamente los sistemas de pronóstico y alerta de plagas forestales. Este estudio se centró en la construcción de estructuras de datos digitales de plagas forestales como plataforma de análisis de correlación entre las condiciones climáticas y la dinámica de plagas forestales para mejores sistemas de pronóstico y alerta de plagas utilizando las nuevas tecnologías. Este artículo proporciona un buen resumen de la tecnología actual para usar información meteorológica en sistemas de pronóstico y alerta de

plagas forestales. Los polígonos pequeños con atributos relevantes para las plagas es una herramienta prometedora para la agricultura de precisión y la gestión detallada de plagas forestales, así como para diseñar y aplicar estrategias de control de plagas más específicas y efectivas.

El artículo de Lian et al. (2022) presenta un método para optimizar las rutas de transmisión de datos de sensores para el monitoreo de plagas. En el procedimiento utiliza algoritmos inteligentes para encontrar las rutas que minimizan el costo de transmisión, el retraso y la pérdida de datos, siendo propuesto en el artículo utilizando el Algoritmo Genético para encontrar la ruta que minimiza el costo de transmisión y el Algoritmo de Búsqueda Local para encontrar la ruta que minimiza el retraso y la pérdida de datos. La técnica se evaluó en un entorno simulado de monitoreo de plagas y los resultados mostraron que el método propuesto puede encontrar rutas de transmisión de datos que son más eficientes que los métodos tradicionales. El método propuesto en el apartado tiene el potencial de mejorar la eficiencia y la eficacia del monitoreo de plagas. (Lian et al., 2022).

En referencia a lo que presentan los autores Preti et al. (2020) una revisión de los avances realizados en el uso de trampas equipadas con cámaras para el monitoreo de insectos, como una parte esencial del Manejo integrado de plagas (MIP), que es un enfoque holístico para el control que combina métodos preventivos, culturales, biológicos y químicos. El monitoreo tradicional de plagas se basa en el uso de trampas que son revisadas manualmente por operadores humanos. Este método es laborioso y costoso, y puede tener una resolución espacial y temporal limitada. Las trampas equipadas con cámaras ofrecen varias ventajas sobre el monitoreo tradicional. En primer lugar, pueden capturar imágenes de insectos en alta resolución, lo que permite su identificación y conteo automáticos. En segundo lugar, pueden ser controladas de forma remota, lo que reduce la necesidad de visitas al campo. En tercer lugar, pueden proporcionar datos en tiempo real, lo que permite una respuesta más rápida a las infestaciones.

El artículo analiza las fortalezas y limitaciones de las trampas equipadas con cámaras. Entre las fortalezas se encuentran una mayor eficiencia, ya que las trampas equipadas con cámaras pueden reducir el tiempo y el costo del monitoreo de plagas. También presentan una

Desarrollo de una aplicación web para el manejo de plagas cuarentenarias en aguacate Hass en el lugar de producción San Luis

mayor precisión al proporcionar datos más precisos sobre la población de plagas. Adicional a esto presenta mayor flexibilidad, puesto que las trampas equipadas con cámaras pueden ser utilizadas en una variedad de entornos.

5. Referente teórico

Los SIG son herramientas esenciales para la recolección, análisis y visualización de datos espaciales. En el contexto agrícola, su aplicación permite mapear la distribución de plagas, identificar áreas críticas y planificar intervenciones efectivas. Jiang et al. (2013) desarrollaron un sistema de monitoreo remoto basado en SIG para analizar la dinámica espacial de *Bactrocera dorsalis* en huertos, demostrando la importancia del SIG en el manejo fitosanitario. Este enfoque será replicado en AVF SISTEM, donde el SIG se utilizará para georreferenciar la información fitosanitaria del lugar de producción y su zona buffer.

El análisis espacial, complementado con herramientas geoestadísticas, permite identificar patrones en la distribución de plagas, lo que es clave para el manejo integrado. Duarte et al. (2015) aplicaron estas técnicas en duraznos, detectando "puntos calientes" de infestación que optimizaron las estrategias de control. En este proyecto, el análisis espacial será central para interpretar los datos georreferenciados de plagas como *Heilipus lauri* y *Stenoma catenifer*, proporcionando bases sólidas para la toma de decisiones.

El monitoreo constante es fundamental para cumplir con las normativas internacionales de exportación. Según Odanga et al. (2018), factores ambientales como la altitud afectan la distribución de plagas, lo que resalta la importancia de un enfoque adaptado al contexto local. AVF SISTEM permitirá registrar y analizar datos de manera sistemática, facilitando la vigilancia fitosanitaria en el lugar de producción San Luis.

La agricultura de precisión integra sensores, drones y sistemas automatizados para optimizar recursos. Preti et al. (2021) destacan el uso de trampas automatizadas con cámaras para mejorar la detección y monitoreo de plagas. Aunque AVF SISTEM no incluye estas tecnologías inicialmente, el diseño contempla futuras expansiones para integrar sensores inteligentes y herramientas de análisis predictivo.

El desarrollo web full stack combina tecnologías de frontend y backend para crear aplicaciones robustas y escalables. Yu et al. (2019) implementaron un sistema geoespacial para el monitoreo

agrícola utilizando frameworks modernos, un enfoque que inspira el diseño de AVF SISTEM. Esta plataforma aprovechará bases de datos en la nube y visores interactivos para optimizar la experiencia del usuario y la gestión de información.

El cumplimiento de la Resolución 1507 de 2016 del ICA establece requisitos obligatorios para la certificación fitosanitaria de cultivos de exportación. Este marco regula el monitoreo de plagas en zonas buffer, como el lugar de producción San Luis, garantizando su estatus de zona libre de plagas cuarentenarias. AVF SISTEM será una herramienta clave para cumplir con estas normativas, consolidando datos fitosanitarios y generando informes de cumplimiento.

6. Referente normativo y legal

Ley 1581 del 2012 por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales.

Resolución 1507 del 22 de febrero del 2016 "Por medio de la cual se declaran las plagas de control oficial en el cultivo de aguacate Persea Americana Miller en el territorio nacional, se establecen las medidas para su manejo y control".

7. Metodología

La presente investigación sigue una metodología aplicada y tecnológica, estructurada en varias fases, que se describen a continuación. El desarrollo de la aplicación web AVF SYSTEM para la vigilancia, control y manejo de plagas cuarentenarias se centra en la implementación de tecnologías SIG (Sistemas de Información Geográfica) y herramientas de análisis espacial para optimizar la gestión fitosanitaria en el lugar de producción San Luis y su zona buffer. Además, se integrará el Formato de Monitoreo de Plagas Cuarentenarias del Aguacate, que ya se utiliza para registrar mensualmente el estado fitosanitario de cada lugar de producción. (Fig.1).

Figura 1.

Formato de monitoreo de plagas cuarentenarias en núcleo en plan de trabajo.

FORMATO DE MONITOREO PLAGAS CUARENTENARIAS DEL AGUACATE NUCLEOS EN PLAN DE TRABAJO																																						
1. Departamento		2. Municipio			3. Vereda			4. Predio (Lugar de Producción)			5. Área registrada (ha)			6. Árboles totales registrados (#)																								
7. Nombre del Productor				8. Teléfono				9. Nombre del Administrador				10. Teléfono																										
12. Fecha Inspección		13. Total árboles evaluados (#)		14. Total ramas evaluadas (#)		15. Total ramas afectadas (#)		16. Total árboles afectados (#)		17. Total Insectos (#)		18. % Ind		19. Total árboles afectados (#)		20. Total Insectos (#)		21. % Ind		22. Total árboles afectados (#)		23. Total Insectos (#)		24. % Ind		25. Total (#)		26. C. catenaria		27. H. lauri		28. M. ulmivora		29. Condición del cultivo		30. Estado fenológico		31. Firma Monitor
DD	MM	AA																																				

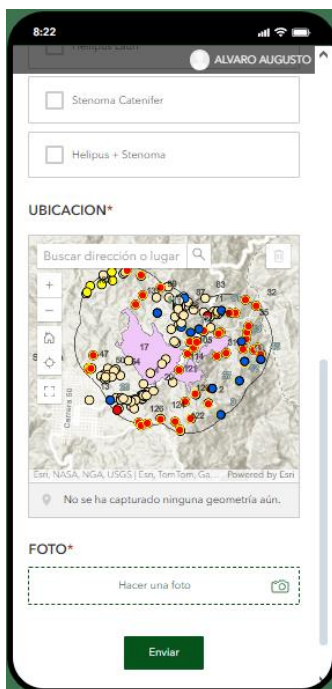
Nota. Fuente: Instituto Colombiano Agropecuario ICA.

Fase 1: Recolección de datos campo y Creación de la base de datos.

Para la recolección de datos en campo, se empleará Survey123 de ArcGIS Online y la encuesta AVF_SYSTEM_S. Esta herramienta permitirá registrar de manera exhaustiva la información de cada árbol, incluyendo: estado fitosanitario, tipo de plaga, identificación del encuestador, nombre del predio, descripción detallada del árbol, coordenadas geográficas precisas obtenidas mediante GPS, una imagen de referencia y la fecha y hora de la observación. Los datos recopilados serán exportados a diversos formatos, entre ellos Excel, para su integración y actualización en la base de datos principal, Esta información será crucial para evaluar la salud del cultivo, identificar patrones de infestación y tomar decisiones de manejo adecuadas. (Fig. 2).

Figura 2.

Encuesta AVF_SYSTEM_S ArgisGIS survey123



Nota. Fuente: Elaboración propia con base en ArgisGIS survey123.

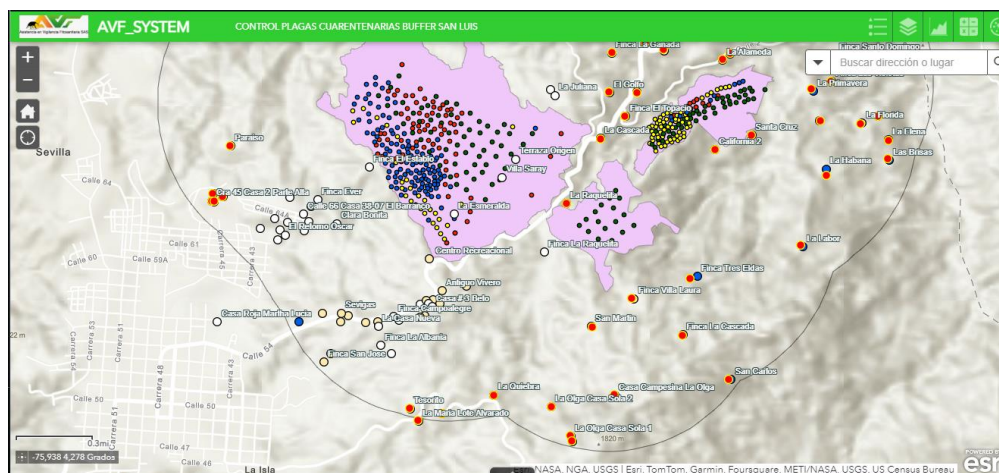
Fase 2: Diseño y desarrollo de AVF SYSTEM.

AVF SYSTEM es una aplicación web personalizada desarrollada en ArcGIS Online y AppBuilder para optimizar la gestión de plagas en el cultivo de aguacate Hass del predio San Luis municipio de Sevilla departamento del valle del cauca. Esta herramienta, basada en un mapa base detallado que incluye información sobre tipo de plagas, estado fitosanitario y ubicación de los árboles, permitirá a los agricultores identificar áreas de riesgo, monitorear la evolución de las plagas y evaluar la efectividad de las medidas de control implementadas.

Además, la integración de un visor geoespacial permitirá generar alertas tempranas ante posibles brotes y tomar decisiones más informadas para proteger el cultivo. (Fig. 3).

Figura 3.

Pantalla del geo visor AVF_SISTEM



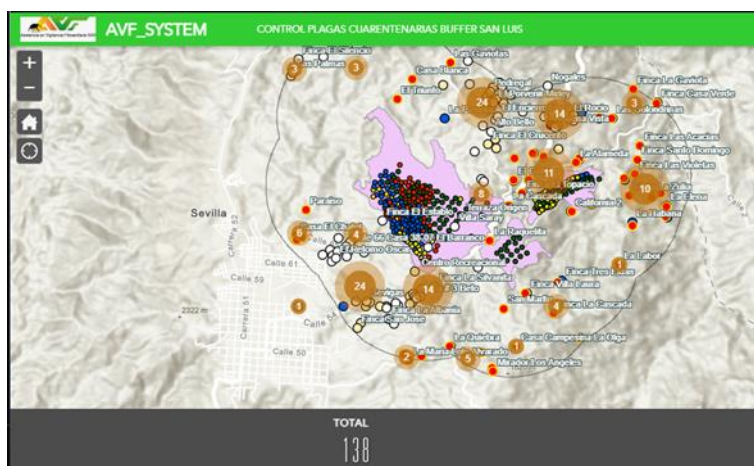
Nota. Fuente: Elaboración propia con base en ArcMap.

Fase 3: Integración de análisis espacial y herramientas de monitoreo.

- Análisis espacial: Se implementarán técnicas de análisis espacial para identificar la propagación y densidad de plagas, así como áreas críticas que requieren atención prioritaria. Estas técnicas ayudarán a los técnicos a focalizar sus esfuerzos en las áreas de mayor riesgo.
- Implementación del sistema de alertas: Se integrará un sistema de alertas en AVF SYSTEM que notificará automáticamente a los usuarios sobre la detección de plagas en áreas específicas o cambios en las condiciones de riesgo. (Figura 4).

Figura 4.

Conteo y concentraciones de predios según sus características en presencia y tipo de plaga.



Nota. Fuente: Elaboración propia con base en ArcMap

Fase 4: Pruebas, capacitación y despliegue.

- Pruebas piloto: La aplicación AVF SYSTEM se probará en campo mediante un piloto en el lugar de producción San Luis y su zona buffer. Se evaluará su funcionamiento y se realizarán los ajustes necesarios en base a la retroalimentación de los usuarios.
- Capacitación del personal: Se diseñarán materiales educativos, como manuales y tutoriales en video, para capacitar a los técnicos de campo y productores en el uso de AVF SYSTEM. Esta fase asegurará que los usuarios adopten eficazmente la herramienta.
- Despliegue y mantenimiento: Una vez completada la fase de pruebas, AVF SYSTEM se desplegará oficialmente para su uso. Se implementará un plan de mantenimiento para asegurar la actualización constante de los datos y la mejora continua de la herramienta

8. Conclusiones

- La app AVF System ha transformado la gestión de plagas, reduciendo a un 50% el tiempo invertido en localizar predios afectados gracias a su potente herramienta de geolocalización alojada en la encuesta Survey 123.
- Al automatizar por completo el análisis de datos y la generación de informes (100%), garantiza resultados precisos y agiliza el cumplimiento de los requisitos regulatorios. Como resultado, los equipos de campo pueden dedicar más tiempo a tareas estratégicas, mejorando la eficiencia y eficacia del manejo de plagas
- El desarrollo de la aplicación AVF SYSTEM permitirá mejorar significativamente la vigilancia, control y manejo de plagas cuarentenarias en el lugar de producción San Luis y su zona buffer. Al integrar herramientas de análisis espacial y tecnologías SIG, se optimiza la identificación de focos de infestación, permitiendo la toma de decisiones más informadas y oportunas.
- La incorporación de dispositivos móviles para la recolección de datos en campo ha facilitado el registro de información georreferenciada en tiempo real. Aunque los datos no se suben de inmediato, el proceso de sincronización una vez conectados a internet ha demostrado ser eficiente, reduciendo el tiempo de carga manual y consolidando la información de manera precisa.
- La aplicación ha contribuido al cumplimiento de los estándares fitosanitarios requeridos para la exportación de aguacate Hass a los Estados Unidos, permitiendo que el lugar de producción San Luis mantenga su estatus libre de plagas cuarentenarias. Además, la integración del Formato de Monitoreo de Plagas Cuarentenarias ha asegurado la continuidad en el registro de información mensual, alineándose con los requisitos del ICA.
- AVF SISTEM no solo se adapta a las necesidades específicas del lugar de producción San Luis, sino que también tiene el potencial de ser implementada en otros lugares de producción de aguacate u otros cultivos que enfrenten desafíos similares de gestión fitosanitaria. La escalabilidad de la aplicación permitirá su adaptación a diferentes condiciones geográficas y tipos de cultivo.

9. Recomendaciones

- Se recomienda extender el uso de AVF SYSTEM a otros lugares de producción en la región, especialmente aquellos dentro de la zona buffer de 1 km, para asegurar una vigilancia más integral y efectiva de las plagas cuarentenarias en toda el área de producción.
- Es fundamental realizar actualizaciones periódicas de la aplicación para incluir nuevas funcionalidades y mejorar su rendimiento. La integración de técnicas de inteligencia artificial y análisis predictivo podría ser un próximo paso para optimizar la detección temprana de plagas.
- Se recomienda explorar el uso de tecnologías adicionales, como sensores inteligentes y drones para la recolección de datos en áreas de difícil acceso, lo que podría mejorar aún más la precisión del monitoreo fitosanitario y reducir costos en la vigilancia.

10. Referencias

- Yu, E. G., Di, L., Lin, L., Zhao, H., Rahman, M. S., Zhang, C., & Tang, J. (2019). Full stack web development of a geospatial information service system for intelligently irrigated agriculture. 2019 8th International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics), 1–5. <https://doi.org/10.1109/Agro-Geoinformatics.2019.8820551>
- Abishek, A. G., Bharathwaj, M., & Bhagyalakshmi, L. (2016). Agriculture marketing using web and mobile-based technologies. 2016 IEEE Technological Innovations in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR), 41–44. <https://doi.org/10.1109/TIAR.2016.7801211>
- Adan, M., Abdel-Rahman, E. M., Gachoki, S., Muriithi, B. W., Lattorff, H. M. G., Kerubo, V., Landmann, T., Mohamed, S. A., Tonnang, H. E. Z., & Dubois, T. (2021). Use of earth observation satellite data to guide the implementation of integrated pest and pollinator management (IPPM) technologies in an avocado production system. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 23, 100566. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100566>
- Deleon, L., Brewer, M. J., Esquivel, I. L., & Halcomb, J. (2017). Use of a geographic information system to produce pest monitoring maps for south Texas cotton and sorghum land managers. *Crop Protection*, 101, 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.07.016>
- Duarte, F., Calvo, M. V., Borges, A., & Scatoni, I. B. (2015). Geostatistics and geographic information systems to study the spatial distribution of *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) in peach fields. *Neotropical Entomology*, 44(4), 319–327. <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0288-3>
- Hoddle, M. S., & Hoddle, C. D. (2008). Bioecology of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and associated larval parasitoids reared from Hass avocados in Guatemala. *Journal of Economic Entomology*, 101(2), 273–280. <https://doi.org/10.1093/jee/101.2.273>

- Hoddle, M. S., Hoddle, C. D., Milosavljević, I., Estrada-Venegas, E. G., & Equihua-Martínez, A. (2022). Assessment of age, gender, mating status, and size on single and repeat flight capabilities of *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Insect Science*, 22(2), 3. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieac011>
- Hohmann, C. L., Meneguim, A. M., Andrade, E. A., Novaos, T. G. D., & Zandoná, C. (2003). The avocado fruit borer, *Stenoma catenifer* (Wals.) (Lepidoptera: Elachistidae): Egg and damage distribution and parasitism. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25(3), 432–435. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000300018>
- Huaji, Z., & Huarui, W. (2017). Research on web application load testing model. 2017 IEEE 2nd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC), 1175–1178. <https://doi.org/10.1109/ITNEC.2017.8284961>
- Jiang, J. A., Lin, T. S., Yang, E. C., Tseng, C. L., Chen, C. P., Yen, C. W., ... & Chuang, C. L. (2013). Application of a web-based remote agro-ecological monitoring system for observing spatial distribution and dynamics of *Bactrocera dorsalis* in fruit orchards. *Precision Agriculture*, 14, 323-342.
- Kokila, R., Balasubramanian, B., Meenambigai, K., Alagirisamy, K., Kumar, A., Kamyab, H., Yadav, K. K., & Nareshkumar, A. (2021). A GIS-based tool for the analysis of the distribution and abundance of *Chilo sacchariphagus indicus* under the influence of biotic and abiotic factors. *Environmental Technology & Innovation*, 21, 101357. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101357>
- Lian, Y., Wang, A., Peng, S., Jia, J., Zong, L., Yang, X., Li, J., Zheng, R., Yang, S., Liao, J., & Zhou, S. (2022). Optimization of sensors data transmission paths for pest monitoring based on intelligent algorithms. *Biosensors*, 12(11), 948. <https://doi.org/10.3390/bios12110948>.

- Nuritha, I., Widartha, V. P., & Bukhori, S. (2017). Designing gamification on Social Agriculture (SociAg) application to increase end-user engagement. 2017 4th International Conference on Computer Applications and Information Processing Technology (CAIPT), 1–5. <https://doi.org/10.1109/CAIPT.2017.8320713>
- Odanga, J., Mohamed, S., Mwalusepo, S., Olubayo, F., Nyankanga, R., Khamis, F., Rwomushana, I., Johansson, T., & Ekesi, S. (2018). Spatial distribution of *Bactrocera dorsalis* and *Thaumatotibia leucotreta* in smallholder avocado orchards along altitudinal gradient of Taita Hills and Mount Kilimanjaro. *Insects*, 9(2), 71. <https://doi.org/10.3390/insects9020071>
- Paz, R. (2017). Distribución espacial de *Thrips tabaci* (Lindeman, 1888) (Thysanoptera: Thripidae) en Quíbor. *Revista de Entomología Agrícola*, 25(2), 45–58.
- Preti, M., Verheggen, F., & Angeli, S. (2021). Insect pest monitoring with camera-equipped traps: Strengths and limitations. *Journal of Pest Science*, 94(2), 203–217. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01309-4>
- Qin, J., Yang, X., Yang, Z., Luo, J., & Lei, X. (2017). New technology for using meteorological information in forest insect pest forecast and warning systems. *Pest Management Science*, 73(12), 2509–2518. <https://doi.org/10.1002/ps.4647>
- Sawant, S. A., Adinarayana, J., & Durbha, S. S. (2014). KrishiSense: A semantically aware web-enabled wireless sensor network system for precision agriculture applications. 2014 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, 4090–4093. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2014.6947385>
- Wang, S., Qi, P., Zhang, W., & He, X. (2022). Development and application of an intelligent plant protection monitoring system. *Agronomy*, 12(5), 1046. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051046>

Santovenia Díaz, J., Tarragó Montalvo, C., & Cañedo Andalia, R. (2009). Sistemas de información geográfica para la gestión de la información. *ACIMED*, 20(5), 72–75. Recuperado de <http://scielo.sld.cu>

Shunfu, H., & Ting, D. (2013). Online map application development using Google Maps API. *International Journal of Information and Communication Technology Research*, 3(3), 107.

Anexos



Asistencia en Vigilancia Fitosanitaria S.A.S.

NIT: 901370518-8

Dirección: Calle 7 Bis # 14-59

Correo electrónico: afitosanitaria@gmail.com

Roldanillo, Valle del Cauca, 5 de noviembre de 2024

CARTA DE SATISFACCIÓN

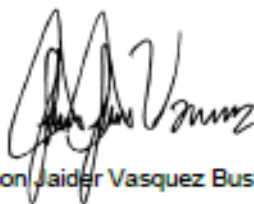
Por medio de la presente, la empresa **Asistencia en Vigilancia Fitosanitaria S.A.S. (AVF)** certifica su satisfacción con el desarrollo del geovisor **AVF SISTEM**, realizado por Gustavo Adolfo Vásquez Bustos y Álvaro Augusto Salazar Osorio como parte de su trabajo de grado en la **Universidad de Manizales**.

El geovisor ha facilitado la gestión fitosanitaria en el lugar de producción San Luis, permitiendo un monitoreo más eficiente y cumpliendo con los requisitos normativos para la exportación de aguacate Hass.

Agradecemos su esfuerzo y dedicación, y reconocemos el valor de esta herramienta para nuestra operación.

Atentamente,

Atentamente,



Jhon Jaider Vasquez Bustos

Representante Legal

Asistencia en Vigilancia Fitosanitaria S.A.S. (AVF)