



GeoHLB: Visor Geográfico para el análisis espacial y temporal de los brotes de la enfermedad Huanglongbing (HLB) de los cítricos y su vector *Diaphorina citri* Kuwayama en la Zona Norte de Colombia

Autor:

Constanza Alejandra Muñoz Burbano

Código 20181094017

Trabajo de grado en modalidad de monografía presentado como requisito parcial para optar por el título de Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Director:

PhD. Alexandra María López Sevillano

Universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad de Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica SIG

Bogotá D. C., Colombia

Mayo 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, mi hija y mi familia por su apoyo incondicional y comprensión para la realización de la especialización.

A los Docentes de la Especialización en Sistemas de Información Geográfica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, a los Ingenieros: German Cifuentes, Ingeniero Salomón Eistein Ramirez y Alexandra López Sevillano por su interés y colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Al Instituto Colombiano Agropecuario ICA del Nivel Nacional y Seccional Meta, a mis compañeros de trabajo y amigos por el ánimo e impulso para cursar la especialización.

## TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	6
Abstrac .....	7
Introducción .....	8
1. Generalidades .....	9
1.1 Línea de investigación .....	9
1.2 Planteamiento del Problema.....	9
1.3 Justificación .....	12
1.4 Objetivos.....	13
1.4.1 General. ....	13
1.4.2 Específicos. ....	13
2. Marcos de Referencia.....	14
2.1 Marco conceptual .....	14
2.1.1 Brote. ....	14
2.1.2 Contención. ....	14
2.1.3 Dispersión.....	14
2.1.4 HLB. ....	14
2.1.5 Sistemas de Información Geográfica (SIG). ....	14
2.1.6 Base de datos.....	15
2.1.7 Cartografía.....	15
2.1.8 Datos espaciales. ....	15
2.1.9 Datos espacio-temporales.....	15
2.1.10 Geoportal.....	16
2.1.11 Geoserver. ....	17
2.1.12 Navegador. ....	17
2.1.13 Servidor Web (Apache).....	17
2.1.14 Visor web SIG.....	17
2.2 Marco teórico.....	18
2.2.1 El HLB de los cítricos y su vector <i>Diaphorina citri</i> (Hemiptera: Psyllidae). ....	18
2.2.2 Teoría de los SIG. ....	19
2.2.3 Teoría de la Dispersión. ....	20
2.3 Marco jurídico .....	21

<b>2.4</b>	<b>Marco geográfico</b> .....	21
<b>2.5</b>	<b>Estado del Arte</b> .....	22
<b>3.</b>	<b>Metodología</b> .....	24
<b>3.1</b>	<b>Tipo de trabajo</b> .....	24
<b>3.2</b>	<b>Método</b> .....	24
<b>3.3</b>	<b>Alcance y limitaciones del sistema</b> .....	25
<b>4.</b>	<b>Resultados</b> .....	26
<b>4.1</b>	<b>Estructuración de los insumos geográficos</b> .....	28
<b>4.2</b>	<b>Generación de los geoservicios</b> .....	29
<b>4.3</b>	<b>Construcción de la aplicación</b> .....	30
<b>4.4</b>	<b>Implementación del geovisor</b> .....	31
<b>5.</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	34
<b>6.</b>	<b>Referencias</b> .....	36
<b>7.</b>	<b>Anexos</b> .....	38

## Lista de Figuras

Figura 1. Metodología Ágil para el desarrollo del geovisor web.....	24
Figura 2. Diagrama de casos de uso.....	26
Figura 3. Diagrama de Componentes.....	27
Figura 4. Diagrama de Despliegue.....	27
Figura 5. Código Capa base OpenLayer para el visor geográfico GeoHLB.....	31
Figura 6. Capa base OpenLayer para el visor geográfico GeoHLB.....	31
Figura 7. Código llamado de Capas en Herón. ....	32
Figura 8. Geovisor GeoHLB. ....	32

## Resumen

Con el desarrollo tecnológico de un visor geográfico en las actividades de vigilancia del HLB de los cítricos y el insecto vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: Phyllidae) en departamentos de la Zona Norte del país, se permite la visualización de los casos positivos a la bacteria, en el insecto vector y en planta, representados como capas temáticas durante los años 2016, 2017 y 2018. Con la observancia de la distribución espacio temporal de la plaga es posible contar con una herramienta para definir medidas de vigilancia a través del monitoreo del vector en las zonas cítricas de importancia económica para el país. Los datos iniciales corresponden a las lecturas del rastreo en campo, tomadas en las visitas de inspección, vigilancia y control; las que se estructuraron en formato shapefile, para generar nuevas capas por medio de modelos en QGIS. El resultado obtenido fue la reutilización de GeoServer para el almacenamiento y XAMPP para la publicación web.

**Palabras clave:** Huanglongbing, HLB, *Candidatus Liberibacter*, vector, brote, cítricos, dispersión.

## **Abstrac**

Within the frame of the surveillance of the citrus HLB and the insect vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: Phyllidae) in the northern departments of Colombia, the technological development of a geographic visualizer allows identifying the positive cases of the bacteria presence both in the insect as in the plant represented by thematic layers spanning from 2016 to 2018. The constraining of the space-temporal distribution of the plague lets to make surveillance decisions by the monitoring of the vector in regions of economic importance for Colombia. The initial dataset proceeds from the tracking readings in the field sampled during the inspection, surveillance, and control visits, which were saved in shapefile format to generate new layers by QGis models. The result was the reusing of GeoServer to data storing, and XAMPP for web posting.

Keywords. Huanglongbing, HLB, *Candidatus Liberibacter*, vector, outbreak, citrus crops, spatial dispersion.

## Introducción

Las enfermedades en los cultivos generan pérdidas económicas a los productores, así como escasés de alimentos por disminución en la producción de las especies sembradas.

En el contexto general del estatus fitosanitario de un país se requiere contar con la información espacio-temporal de una plaga de importancia económica que se ha introducido en Colombia para conocer los factores que afectan el proceso y diseminación de plagas en las especies vegetales cultivadas.

El **Huanglongbing** o **HLB** abreviatura de la palabra de origen chino que significa: enfermedad del brote amarillo. Es una enfermedad de las plantas de cítricos como el limón, la naranja, mandarina y toronja principalmente, asociada a la presencia de la bacteria *Candidatus Liberibacter* en el floema de los cítricos u otras especies de la familia Rutaceae. No tiene curación y los árboles infectados mueren en el transcurso de algunos años.

Sólo se ha comprobado la transmisión de la enfermedad mediante dos vías: primero el insecto vector conocido como Psílido Asiático de los Cítricos (*Diaphorina citri*), el cual al alimentarse de los fotoasimilados transportados en el floema de una planta enferma, adquiere la bacteria y puede trasmitirla a plantas sanas. La segunda forma de transmisión es la utilización de yemas infectadas con la bacteria en el momento de la injertación en la etapa de vivero.

El Instituto Colombiano Agropecuario ICA a través de la Subgerencia de Protección Vegetal trabaja para garantizar la sanidad agrícola del país, reduciendo los riesgos de introducción, dispersión y establecimiento de plagas, enfermedades y malezas, para asegurar la calidad fitosanitaria y la inocuidad de los productos de origen vegetal.

Dirige el desarrollo de los planes, programas y proyectos en materia de mejoramiento del estatus fitosanitario de la producción vegetal, mediante el desarrollo de campañas para el control y erradicación de plagas de control oficial.



## **1. Generalidades**

### **1.1 Línea de investigación**

Una de las plagas de control oficial del instituto es la enfermedad conocida como HLB de los cítricos asociada a la bacteria *Candidatus Liberibacter* transmitida por el insecto vector *Diaphorina citri*. Debido a la presencia de adultos del insecto infectados con la bacteria causante de la enfermedad el ICA ha declarado emergencia fitosanitaria en el territorio nacional.

En vista del riesgo que tiene la presencia del vector y la bacteria en el territorio nacional es de utilidad la implementación tecnológica de un visor geográfico, de apoyo y consulta, que permita ver la dispersión tanto de la enfermedad conocida como HLB de los cítricos, como de su vector *Diaphorina citri* (Hemíptera: Psyllidae) durante los años 2016 a 2018; con el fin de contar con elementos como la ubicación de plantas con el vector y los casos positivos a la enfermedad, para la toma de decisiones en el manejo fitosanitario de estas plagas.

### **1.2 Planteamiento del Problema**

#### **1.2.1 Antecedentes del problema.**

El Instituto Colombiano Agropecuario ICA tiene como funciones coordinar las acciones relacionadas con las campañas de prevención, control, erradicación y manejo de plagas de importancia cuarentenaria o de interés económico nacional o local.

Como Organización Nacional de Protección Fitosanitaria ONPF tiene la función de proteger la sanidad vegetal del país, mediante la ejecución de acciones de prevención, control y erradicación de plagas.

En cumplimiento de sus funciones formula, prepara y desarrolla políticas, planes, programas, proyectos, medidas y procedimientos dirigidos a la protección de la sanidad vegetal, entre los que ejecuta y supervisa las actividades de vigilancia epidemiológica, con el fin de mantener un sistema actualizado y oportuno para la toma de decisiones, a través de un sistema de información de la condición fitosanitaria del país, de manera que el Instituto pueda emitir

oportunamente medidas y procedimientos para conservar o mejorar el estatus sanitario (Araque, 2016).

En el marco de dicha vigilancia, el ICA lleva a cabo la acción estratégica de vigilancia de la enfermedad conocida como el Huanglongbing (HLB) de los cítricos y su vector *Diaphorina citri* Kuwayama, el que fue detectado por primera vez por el ICA en el año 2007 sobre material de propagación de limón Tahití y en limón Swinglea en el departamento del Tolima (ICA, 2012). El objetivo de la vigilancia ha sido determinar la distribución geográfica y nivel de prevalencia del psílido vector *Diaphorina citri* en las diferentes regiones citrícolas de Colombia y determinar la condición fitosanitaria con respecto a la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (Araque, 2016).

En Colombia el HLB de los cítricos se encuentra presente en el territorio nacional generando un impacto económico negativo y se tiene un alto riesgo de dispersión hacia áreas libres, especialmente las regiones de vocación citrícola del país.

El insecto plaga conocido como psílido asiático de los cítricos (PAC), *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), está presente en Colombia en 25 departamentos permanentemente monitoreados por el ICA a nivel nacional, asociado a las plantas del género *Citrus* sp., y otros hospedantes comunes como el limón swinglea (*Swinglea glutinosa* Blanco) y mirto o azhar de la india (*Murraya paniculata* L. Jack.), y es vector de las bacterias asociadas con el HLB.

Como resultado de la vigilancia fitosanitaria realizada para la detección del HLB de los cítricos en Colombia, el Laboratorio Nacional de Diagnóstico Fitosanitario del ICA, ha confirmado la presencia de la enfermedad del HLB, en 157 casos distribuidos en 21 municipios de los departamentos Atlántico, Bolívar, Cesar, La Guajira y Magdalena (ICA, 2019).

La enfermedad Huanglongbing de los cítricos ha causado graves daños a la industria cítrica a nivel mundial porque ha logrado establecerse en las regiones afectadas y continúa con su dispersión a otras áreas.

Por lo anterior se plantea contar con el soporte tecnológico de un visor geográfico como herramienta que brinde información, de forma organizada y de fácil acceso, para la visualización espacial y temporal de una de las enfermedades más devastadoras en cítricos y su vector, dispersos en la Zona Norte de Colombia.

### **1.2.2 Pregunta de investigación**

¿Será que el análisis espacial y temporal de los brotes de la enfermedad HLB en los cítricos en Colombia genera herramientas para conocer su dispersión y progreso que permitan tomar decisiones asertivas en su manejo y control?

### **1.2.3 Alcance.**

#### **1.2.3.1 *Temporal.***

Para la construcción del Visor Geográfico se tomó como información de referencia los registros obtenidos en los años 2016, 2017 y 2018, en las actividades de inspección, vigilancia y control del ICA que indican la presencia de la enfermedad del HLB de los cítricos en plantas y en el insecto vector.

#### **1.2.3.2 *Espacial***

La información que abarcará el Visor Geográfico Geo HLB será de la Zona Norte de Colombia, para los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Magdalena, La Guajira y Norte de Santander; a un nivel de detalle de predio.

#### **1.2.3.3 *Técnico***

Se indicará los casos positivos a HLB de los cítricos en insecto vector por año (2016, 2017 y 2018) y casos positivos a HLB de los cítricos en planta por año (2016, 2017 y 2018), según los reportes de laboratorio, ya que se cuenta con la ubicación de las coordenadas para conocer

la distribución geográfica y dispersión de estas plagas. Con la herramienta brindar información sobre las zonas cítricas del país que requieren vigilancia para evitar la dispersión de estas plagas. Los datos fueron suministrados por el Instituto para la elaboración del presente trabajo.

### **1.3 Justificación**

La Epidemiología Agrícola, es la ciencia que estudia los diversos factores que afectan el proceso y diseminación de las enfermedades en poblaciones de plantas cultivadas (Achicanoy, 2000). Es una disciplina de la ciencia que involucra fenómenos espaciales y sistémicos que vincula hospederos, agentes infecciosos, vectores, geografía, infraestructura, equipamientos y actividad humana (Araque, 2016).

En Colombia la entidad responsable de la inspección, vigilancia y control de riesgos fitosanitarios, es el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, a través de programas, planes, proyectos y acciones estratégicas a especies priorizadas por su importancia económica y social entre las que se incluyen los cítricos como naranja, tangelo, lima, y mandarina (Araque, 2016).

Dentro de las actividades de inspección, vigilancia y control (IVC) de plagas de importancia económica para el país se requiere contar con una herramienta tecnológica que agilice la visualización de la dispersión de plagas principalmente cuando ingresan por primera vez al país, que permita tomar medidas de manejo y control para evitar su expansión a zonas libres.

Actualmente la información de campo, registrada sobre las actividades de inspección, vigilancia y control de Huanglongbing y su vector, genera escasas herramientas de interpretación, análisis y validación geográfico espacial y temporal que permitan visualizar la dispersión de estas plagas en plantas de cítricos de la Zona Norte de Colombia; por tanto, se hace difícil aplicar estrategias puntuales que contengan la enfermedad y se mitigue el impacto económico en los productores cítricos del país.

La definición de estrategias y medidas de control y erradicación de estos problemas fitosanitarios, deben estar ligados a las cartografías generadas en cada región con la información de los casos positivos en el tiempo y lugares donde se han presentado los brotes de la enfermedad y se ha determinado que el vector efectivamente porta la bacteria.

La implementación de un Geo Visor es una herramienta de fácil usabilidad en las actividades de IVC de plagas de importancia económica en plantas de cítricos de la Costa Norte de Colombia, que permitirá tener acceso a la información espacial y temporal de forma sencilla y práctica sobre la dispersión actual y los posibles riesgos de la dispersión de la enfermedad en las zonas citrícolas de Colombia desde el año 2016; con el fin de tomar decisiones de manejo, control y contención de estas plagas.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 General.**

Desarrollar un visor geográfico web para visualizar los casos positivos a la enfermedad HLB de los cítricos y su vector en planta e insecto, durante los años 2016, 2017 y 2018 en la Zona Norte del país, que sirva como herramienta de apoyo en la definición de medidas fitosanitarias para su manejo y control.

### **1.4.2 Específicos.**

- Identificar y especificar los requerimientos funcionales, no funcionales, y requerimientos del software para garantizar la funcionalidad del Geovisor.
- Definir el diseño del visor geográfico con base en los requerimientos especificados, garantizando que sea empleado software libre.
- Construir el geovisor de acuerdo a la estructura definida a partir del diseño establecido.
- Realizar pruebas de validación para garantizar la operación del geovisor, con la proyección a futuras implementaciones en otras especies vegetales objeto de inspección, vigilancia y control por el instituto.

## **2. Marcos de Referencia**

### **2.1 Marco conceptual**

#### **2.1.1 Brote.**

Población de una plaga detectada recientemente, incluida una incursión o aumento súbito importante de una población de una plaga establecida en un área (FAO, 200).

#### **2.1.2 Contención.**

Aplicación de medidas fitosanitarias dentro de un área infestada y alrededor de ella, para prevenir la dispersión de una plaga (NIMF No. 5, 2010).

#### **2.1.3 Dispersión.**

Expansión de la distribución geográfica de una plaga dentro de un área (NIMF No. 5, 2010).

#### **2.1.4 HLB.**

Huanglongbing o HLB de los cítricos cuyo agente infeccioso es la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus*, *C. L. americanus* y *C. L. africanus* es una enfermedad que taponar o degenera los vasos del floema de los tejidos de la planta, causando grandes pérdidas en la citricultura mundial. Recibió su nombre en la China en alusión a los síntomas de brotes amarillos en algunas partes de las plantas de cítricos. Es conocida como enverdecimiento o greening de los cítricos.

Se transmite por el insecto vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: psyllidae), a través de material de propagación de cítricos u otras plantas de la misma familia de las rutáceas, como el azahar de la India *Murrayspp* (ICA, 2019).

#### **2.1.5 Sistemas de Información Geográfica (SIG).**

Conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes (usuarios, hardware, software, procesos) que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están

vinculados a una referencia espacial, facilitando la incorporación de aspectos sociales-culturales, económicos y ambientales que conducen a la toma de decisiones de una manera más eficaz (March y Midence, 1989).

La razón fundamental para implementar un SIG es poder tener un control de la información espacial. Funciona como una base de datos geográfica que contiene elementos que pueden ser visualizados e identificados de manera general o específica según la necesidad del usuario, estos elementos que lo conforman tienen información alfa numérica que los hacen únicos y permiten establecer una estructura de almacenamiento eficaz (Díaz y Torres, 2016).

#### **2.1.6 Base de datos.**

Es la administración de un conjunto de datos interrelacionados entre sí, que son almacenados en un sistema de información para ser utilizados o procesados en la aplicación SIG.

#### **2.1.7 Cartografía.**

Son archivos que componen algún plano geográfico, cada una de ellas puede contener polígonos, puntos, líneas. etc. (Domínguez, D. y Gómez, H. 2016).

#### **2.1.8 Datos espaciales.**

Representan información sobre la ubicación física y la forma de objetos geométricos. Los tipos de datos espaciales se refieren a formas como puntos, líneas y polígonos (Rodríguez et ál., 2009).

#### **2.1.9 Datos espacio-temporales.**

Los SIG facilitan la gestión y representación de datos espaciales, permitiendo modelar comportamientos de diversas actividades en un contexto espacial y que interactúan con atributos temporales (Rodríguez et ál., 2009).

Los datos espaciales son una representación del mundo real y su representación implica la incorporación de modelos dinámicos, dependientes de las variables espaciales y temporales (Rodríguez et ál., 2009).

El tiempo es una dimensión fundamental para entender y modelar la evolución de los fenómenos geográficos, pues se considera que los fenómenos y actividades espacio-temporales dependen, directamente, de la transformación del espacio geográfico (Shuo et ál., 2004).

Por su parte la distribución espacial es una de las propiedades más características de las especies, porque produce parámetros que las segregan y estos son expresiones poblacionales del comportamiento a nivel individual. Se le puede definir como el producto de la heterogeneidad ambiental y el crecimiento de la población y reproducción, actuando sobre procesos aleatorios y dirigidos de movimiento y mortalidad (Badii et al., 1994a, 1994b, Badii et al., 2000).

Por lo tanto, el tiempo y el espacio son inseparables. Las entidades geográficas presentan una ruta espacio-temporal, que inicia en el momento de la toma de los geodatos y termina en el momento que se destruyen los geodatos (Martínez et ál., 2008).

Bajo la anterior descripción, los datos espacio-temporales se representan como una inserción de la dimensión tiempo en entidades geográficas concebidas, donde el espacio geográfico se organiza en capas temáticas que incluyen la información de captura en un tiempo determinado (Martínez et ál., 2008).

#### **2.1.10 Geoportals.**

Es un espacio web que permite acceder vía internet a información espacial o geográfica, a servicios de consulta, edición y análisis, entre otros. Estos geoportales son la esencia de la IDE (infraestructura de datos espaciales) los cuales son la base y conjunto de estándares tecnológicos, políticos y recursos institucionales que operan con información espacial para adquirir, procesar, almacenar y distribuir información geográfica (Díaz y Torres, 2016).



### **2.1.11 Geoserver.**

Servidor cartográfico que propone un conjunto de herramientas para desarrollar SIG (Domínguez, D. y Gómez, H. 2016).

### **2.1.12 Navegador.**

Es un programa utilizado para ver, descargar, cargar, navegar o acceder a otros documentos (páginas) en la World Wide Web. Los navegadores pueden basarse en texto, lo que significa que no mostraran gráficos o imágenes, pero la mayoría se basan en texto y gráficos. Los navegadores leen "etiquetas" o páginas codificadas (Domínguez, D. y Gómez, H. 2016).

### **2.1.13 Servidor Web (Apache).**

Un servidor web es un programa que implementa el protocolo HTTP (hypertext transfer protocol). Este protocolo está diseñado para transferir lo que llamamos hipertextos, páginas web o páginas HTML (hypertext markup language): textos complejos con enlaces, figuras, formularios, botones y objetos incrustados como animaciones o reproductores de sonidos, él es el encargado de interpretar PHP (Domínguez, D. y Gómez, H. 2016).

### **2.1.14 Visor web SIG.**

Es una herramienta de software que publica mapas por intranet o internet y es el instrumento principal de un geoportal para la visualización de la información espacial de la base geográfica a través de mapas interactivos disponibles para consulta y tiene como fin la toma de decisiones (Dominguez y Gómez, 2016).

Suelen ser software sencillos que permiten desplegar información geográfica a través de una ventana que funciona como visor y donde se pueden agregar varias capas de información. (Olaya, Turton, & Fonts).

## 2.2 Marco teórico

### 2.2.1 El HLB de los cítricos y su vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae).

El Huanglongbing (HLB) es el nombre común reconocido y adoptado por la Organization of Citrus Virologists (Da Graca y Korsten, 2004) y la sociedad de fitopatología Americana (Timmer et al., 2000) (Tomado de USDA, 2006). Esta enfermedad fue descrita por vez primera por Lin, Kung-Hsiang en el año 1956 y se ha catalogado como la enfermedad más importante de los cítricos en el mundo, afectando seriamente la producción citrícola en la India, Asia Sudoriental, la Península Arábiga y África reduciendo el ciclo del cultivo entre 5 y 8 años (USDA, 2006). En el estado de la Florida la enfermedad fue reportada en el año 2005 reduciendo para el año 2011 la producción citrícola en un 23% (Hodges & Spreen, 2011 citados por ARAQUE, 2016).

En el continente americano la enfermedad ha sido reportada por países como Brasil (2004), Estados Unidos (Florida (2005), Texas (2012)) y California (2012)), Cuba (2006), República Dominicana, México (2009), Honduras (2008), Belice (2009), Guatemala (2010), Nicaragua (2010) Costa Rica (2011) y Jamaica (2011) (ICA, 2012). Robles-González et al. (2013) citados por citados por ARAQUE, 2016; reportan que el HLB fue introducido a 18 México en el año 2009 ocasionando impactos socio – económicos y productivos con pérdidas de 17,3% al 60%.

Los síntomas de la enfermedad varían con la variedad y la edad de la planta siendo afectados por la temperatura. Inicialmente los síntomas suelen aparecer en una sola rama del árbol en la que se observan brotes amarillos. Las hojas presentan manchas cloróticas o de un verde más claro, de bordes difusos y con asimetría respecto a la nervadura central de la hoja, lo que se conoce como un moteado asimétrico. Las flores son pequeñas y con frecuencia estériles, por lo que suelen caer. Los frutos de las ramas afectadas son pequeños, asimétricos y con inversión de color o manchas redondeadas de bordes difusos (IIFT, Cuba, 2010), por lo que

carecen de valor comercial, pues es una fruta desprovista de características organolépticas atractivas para el consumidor.

La enfermedad se encuentra asociada a la tres especies de proteobacterias restringidas al floema: *Candidatus liberibacter asiaticus* (Las), *Ca. Liberibacter africanus* (Laf) y *Ca. Liberibacter americanus* (Lam); transmitidas a la planta por el psílido vector *Diaphorina citri* (ICA, 2012), el cual para el caso de Colombia se encontró reportado en el año 2010 para los departamentos de Antioquia, Córdoba, Cundinamarca, Caldas, Tolima, Risaralda, Quindío, Valle del Cauca, Norte de Santander, Casanare, Atlántico, Meta (ICA, 2010).

Otra forma de transmisión del HLB es la vegetativa siendo particularmente importante a nivel de vivero (Domínguez, 2014).

### **2.2.2 Teoría de los SIG.**

La necesidad de almacenar, manipular, analizar y actualizar espacial y temporalmente la información geográfica generó la necesidad de crear Sistemas de Información Geográfica capaces de cumplir con los diferentes requerimientos, de manera que el usuario pueda pasar de una cartografía análoga (en papel) a una cartografía automatizada que responda a diversas inquietudes espacio-temporales (IGAG, 2004).

El sistema de información geográfica separa la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma. La información puede ser almacenada en formato raster o vectorial (Marín, Mazo y Olivo, 2016).

El modelo de SIG raster o de retícula se centra en las propiedades del espacio más que en la precisión de la localización. Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un único valor. Cuanto mayor sean las dimensiones de las celdas (resolución) menor

es la precisión o detalle en la representación del espacio geográfico (Marín, Mazo y Olivo, 2016).

En el caso del modelo de SIG vectorial, el interés de las representaciones se centra en la precisión de localización de los elementos sobre el espacio y donde los fenómenos a representar son discretos, es decir, de límites definidos. Para modelar digitalmente las entidades del mundo real se utilizan tres objetos espaciales: el punto, la línea y el polígono (Marín, Mazo y Olivo, 2016).

### **2.2.3 Teoría de la Dispersión.**

El análisis de la dispersión es necesario para comprender la estructura, la dinámica y la evolución de las poblaciones de insectos y sirve como modelo para desarrollar estrategias de manejo exitosas (Agencia de Noticias UN., 2012)

Piedemonte citada por la Agencia de Noticias UN (2012), afirma que con la disminución en la cantidad de recursos y el aumento de la densidad de los miembros de un hábitat, aumenta la presión por la competencia de recursos y esto motiva al insecto a desplazarse hacia otro “parche”.

Según la definición de las normas internacionales para medidas fitosanitarias NIMF No. 5 la dispersión (de una plaga) es la expansión de la distribución geográfica de una plaga dentro de un área [NIMF 2, 1995] (FAO, 2018).

Con relación a la implementación de un visor geográfico web en una entidad del estado que sirva para la toma de decisiones de tipo geográficas, el Sistema de Información Geográfica es una herramienta complementaria que fortalece la gestión de la IVC de plagas en las especies de importancia agrícola del país; toda vez que facilita la definición de medidas de contención, manejo, control y erradicación mediante la visualización geográfica de la presencia de plagas en los cultivos.

Además permite mejorar el proceso general de tratamiento y presentación de la información generada de las actividades de IVC del instituto por medio de un visor que permita a los usuarios del sistema visualizar y consultar información sobre la presencia del HLB de los cítricos y el insecto vector, en el transcurso del tiempo.

### **2.3 Marco jurídico**

**Decreto 1071 de 2015.** Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural. En la Parte 13 establece entre otras funciones del Instituto Colombiano Agropecuario – ICA, en ejercicio de sus atribuciones legales puede declarar el estado de emergencia sanitaria cuando un problema sanitario amenace severamente la salud animal o la sanidad vegetal.

**Resolución ICA 3593 de 2015.** Por medio de la cual se crea el mecanismo para establecer, mantener, actualizar y divulgar el listado de plagas reglamentadas de Colombia.

**Resolución 7109 de 2017.** Por medio de la cual se declara el estado de emergencia fitosanitaria en el territorio nacional por la presencia de la **enfermedad** conocida como Huanglongbing (HLB) de los cítricos.

**Resolución 00029064 del 30 de julio de 2018.** Por medio de la cual se hace una modificación al anexo de la Resolución 3593 de 2015, a fin de cambiar el estatus de la plaga de cuarentenaria ausente a cuarentenaria presente.

**Resolución 1668 de 2019.** Por medio de la cual se declaran la enfermedad Huanglongbing (HLB) de los cítricos y su vector el insecto *Diaphorina citri* Kuwayama como plagas de control oficial y se establecen las medidas fitosanitarias para su manejo y control.

### **2.4 Marco geográfico**

El insecto plaga conocido como psilido asiático de los cítricos (PAC), *D. citri*, está presente en Colombia en 26 departamentos permanentemente monitoreados por el ICA a nivel nacional, asociado a plantas del género *Citrus* sp. y otros hospedantes comunes como el limón

swinglea (*Swinglea glutinosa* Blanco) y mirto o azahar de la india (*Murraya paniculata* L. Jack.), y es vector de las bacterias asociadas con el HLB (ICA, 2019).

Como resultado de la vigilancia fitosanitaria realizada para la detección del HLB de los cítricos en Colombia, el Laboratorio Nacional de Diagnóstico Fitosanitario del ICA, ha confirmado la presencia de *Ca. Liberibacter asiaticus* (LAS), en muestras de tejido vegetal de limón criollo y el insecto vector.

## **2.5 Estado del Arte**

Ante la presencia del insecto vector *Diaphorina citri* trasmisor de la bacteria HLB de los cítricos en el departamento del Tolima Araque (2016) realizó la implementación de un SIG en la vigilancia del HLB de los cítricos y su insecto vector como apoyo estratégico en la modelación de escenarios de riesgo de dispersión de la enfermedad y toma de decisiones en el manejo del vector.

Con este estudio se pretendió predecir la ruta biológica de la bacteria a través del vector a partir de la distribución de la población, teniendo en cuenta que la distribución espacial del vector y la densidad de población del mismo, serán determinantes en la forma y velocidad en que se distribuya la enfermedad del HLB una vez ingrese al departamento del Tolima (Araque, 2026)

En su trabajo concluye que como resultado de la implementación de un SIG se identificó como principal productor de cítricos del departamento del Tolima al municipio del Guamo, teniendo en cuenta el número de productores y el área cultivada.

Con base a la interpolación de los años 2014, 2015 y 2016 se observó que las poblaciones de *Diaphorina citri* aumentaron para el 2016 definiendo un corredor biológico de dispersión del HLB de los cítricos con poblaciones altas en los municipios de Guamo, Saldaña, Espinal, Flandes y Coello, en donde la velocidad de dispersión del HLB será mayor debido a que se

requiere un alto número de insectos para lograr una buena transmisión de la enfermedad (Martínez & Wallace, 1968).

Araque (2016) indica que las recomendaciones se formularon a partir de un mapa de análisis de riesgo y toma de decisiones, que reúne los elementos de análisis en un único producto cartográfico en el que se describen las áreas de interés para definir las rutas de monitoreo en plantas de cítricos y otros hospederos; así como, para tomar acciones en la elaboración de medidas de manejo y control de esta enfermedad y su vector.

### 3. Metodología

#### 3.1 Tipo de trabajo

Este trabajo propone la implementación de un Geovisor para la visualización geográfica de los casos positivos a la enfermedad HLB de los cítricos en la Zona Norte del país, tanto en plantas como en el insecto vector, con los datos tomados en las actividades de IVC que realiza el ICA a las plagas de control oficial como el HLB de los cítricos y su vector *Diaphorina citri* Kuwayama.

#### 3.2 Método

El planteamiento metodológico empleado para el desarrollo e implementación del visor geográfico GeoHLB para el instituto, corresponde a la metodología orientada a la reutilización, que está encaminada a desarrollar tareas para servicios web que se despliegan de acuerdo a estándares en los que se habilita la invocación remota. Cuentan con colecciones de objetos desarrollados como paquetes que se integran a un marco de trabajo y además con un desarrollo ágil; metodología que corresponde a la Metodología Ágil.

Esta se caracteriza por las fases de definición y análisis de requerimientos, revisión de componentes, diseño del sistema de reuso, desarrollo e implementación y pruebas de funcionamiento; como se grafican en la Figura 1.



**Figura 1.** Metodología Ágil para el desarrollo del geovisor web.

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Sommerville & Alfonso Calipienso (2005).

En la fase de análisis se identificaron las necesidades para lograr el objetivo general, se tuvo en cuenta la búsqueda y análisis de componentes antiguos para aplicar la metodología de



reúso, se determinaron los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema, restricciones y desarrollo. Se procede a identificar y documentar los casos de uso.

Posteriormente se definen los componentes que permitan las funcionalidades requeridas para implementar las especificaciones del sistema.

En la fase de diseño se tuvo en cuenta la definición e integración de la arquitectura, el análisis de interoperabilidad de los componentes y la reestructuración de los mismos mediante la reutilización de componentes físicos, a partir de los que se definió la interfaz del usuario.

Para el desarrollo e implementación se permitió la generación del visor web geográfico a partir de la base de datos correspondiente al rastreo de la enfermedad HLB de los cítricos en planta e insecto vector durante los años 2016, 2017 y 2018 en la Zona Norte de Colombia.

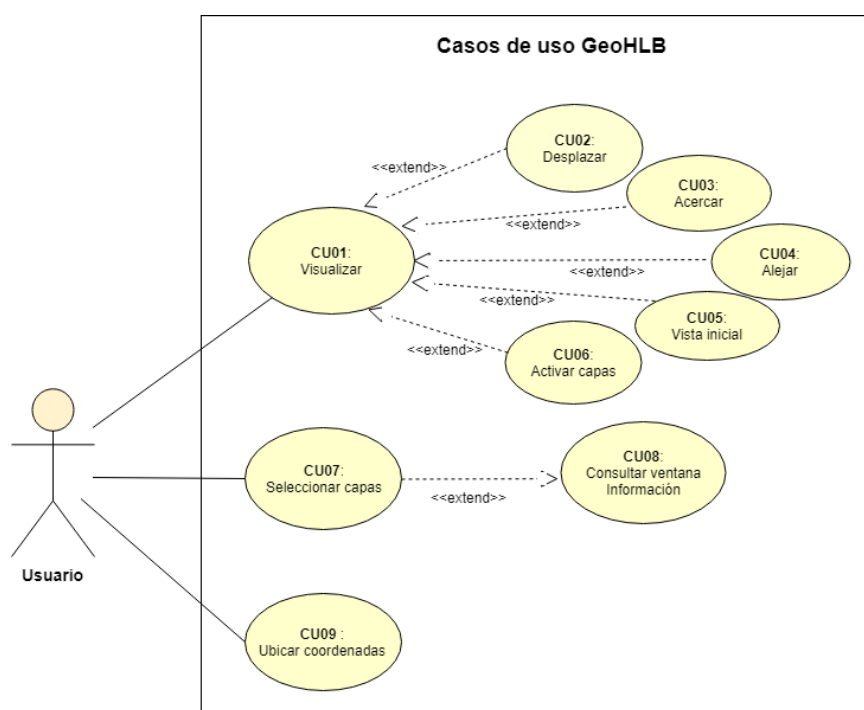
En la fase de validación se integraron los servicios, se configuró la disposición a los usuarios y se definieron los estilos de visualización de la información.

### **3.3 Alcance y limitaciones del sistema**

El sistema no genera estadísticas de análisis, no permitirá la exportación de mapas ni de ningún reporte a otras extensiones, no permite el cambio de parámetros del sistema. Generará información geoespacial admitiendo la visualización de datos soportada con información cartográfica actualizada y veraz. Permitirá consultas básicas y navegación dinámica sobre el mapa.

## 4. Resultados

Como resultado de la ejecución de la metodología para la implementación del geovisor GeoHLB, en la etapa de planificación y diseño se hizo el análisis de los requerimientos, descritos en el Anexo A, relacionados con los parámetros que debe permitir el visor como las herramientas de visualización, selección de capas y ubicación de coordenadas. Se define así los casos de uso representados gráficamente en la Figura 2, donde se indica la interacción entre el entorno del visor y el usuario, se permite acceder a una visión general del funcionamiento y si se da cumplimiento al objetivo planteado.

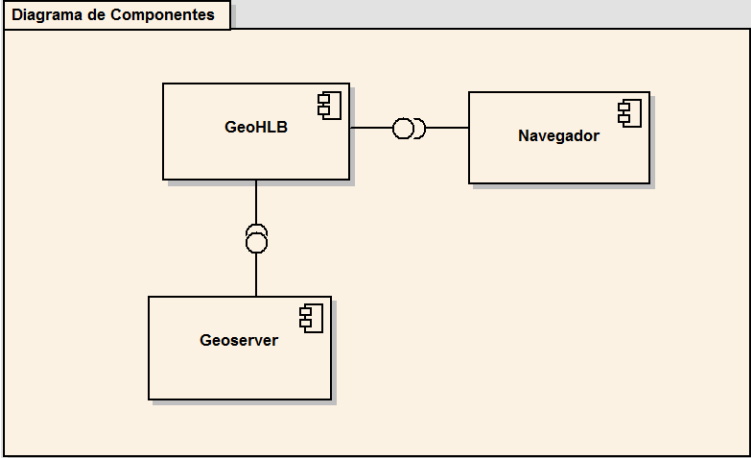


**Figura 2.** Diagrama de casos de uso.

Fuente: Elaboración propia

Así mismo se consideró los Requerimientos No Funcionales, que se describen en el Anexo B, relacionados con las características de usabilidad, operacionalidad, desarrollo, confiabilidad, seguridad, desempeño y adaptabilidad; teniendo en cuenta que el acceso a la aplicación se realizara a través de un navegador de gran uso, en este caso Firefox.

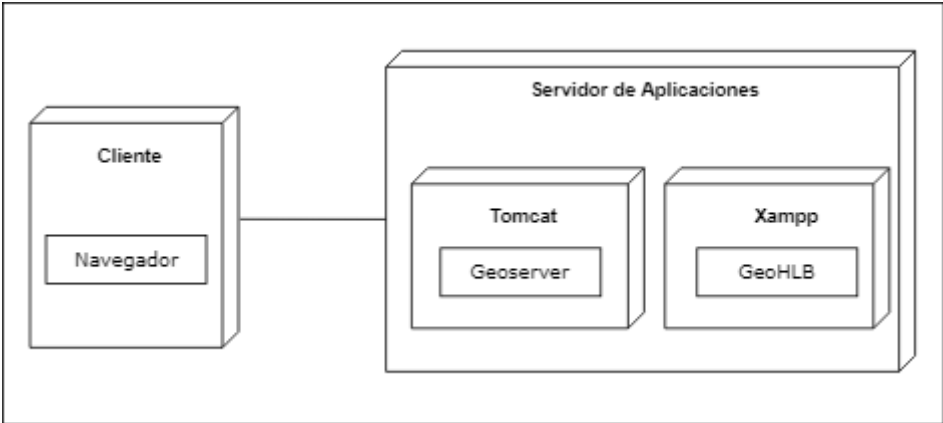
De acuerdo a las funcionalidades para el visor Geo HLB se realizó el diseño de la arquitectura de software teniendo en cuenta la vista de despliegue, implementación y el modelo de persistencia que permiten obtener una visión más detallada del funcionamiento del sistema. En la Figura 3 se puede evidenciar el diagrama de componentes.



**Figura 3.** Diagrama de Componentes.

Fuente: Elaboración propia

Contando con los componentes en la vista de despliegue se visualiza la arquitectura para el geovisor Geo HLB, que se muestra en dos nodos, los que corresponden al del cliente y el servidor de aplicaciones; como se representa gráficamente en la Figura 4.



**Figura 4.** Diagrama de Despliegue.

Fuente: Elaboración propia

#### **4.1 Estructuración de los insumos geográficos**

Para la generación de la información geográfica relacionada con la presencia de la bacteria HLB de los cítricos en el insecto vector y en planta, según el reporte de laboratorio, durante los años 2016, 2017 y 2018 en los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, La Guajira, Magdalena y Norte de Santander se realizó la estructuración de los datos alfanuméricos tomados en campo en los rastreos que realiza el ICA en las actividades de inspección, vigilancia y control.

La información resultante de estos datos de campo se encuentra consignada, por los responsables de la actividad, en formatos excel diseñados por la Dirección Técnica de Epidemiología Agrícola y Vigilancia Fitosanitaria (DTEAVF) del ICA y consta de los siguientes campos: Número, Departamento, Municipio, Sitio, Latitud, Longitud, Hospedante, Material Analizado, Presencia de *Candidatus liberibacter asiaticus*, Código Laboratorio Nacional de Diagnóstico Fitosanitario, Fecha del diagnóstico.

Se usó como cliente SIG, para la elaboración de los insumos geográficos, el software libre y de código abierto QGIS. Este sirvió como herramienta para generar los shapefile y la simbología de la información geográfica mediante el esquema XML.

Los estilos generados en Qgis se exportaron a SLD (Style Layer Descriptor) para aplicarlos a las capas de GeoServer. Estos se asignaron como representación gráfica para cada capa de información con el fin de permitir diferenciar la visualización por parte del usuario final, y en este caso, de los reportes positivos a la presencia de la plaga tanto en planta como en el insecto vector por año en departamentos de la Zona Norte del país.

Se empleó software libre, teniendo en cuenta que los componentes son de código abierto y es posible modificar sentencias, toda vez que la metodología empleada es de reúso, por tanto se dio la reestructuración y modificación de componentes para el geovisor.

## 4.2 Generación de los geoservicios

Después de la estructuración de los insumos geográficos, se generaron los servicios web geográficos. Para presentar el visor GeoHLB se definió como herramienta de interacción el navegador web Firefox, por ser uno de los navegadores de mayor frecuencia de uso. Como servidor de aplicaciones se definieron los entornos de ejecución para Geoserver (Versión 2.15.0), utilizando estándares abiertos de la OGC (Open Geoespacial Consortium), a través del cual se hizo la publicación de los servicios web geográficos.

GeoServer como servidor de software de código abierto escrito en Java permite a los usuarios compartir y editar datos geoespaciales. Diseñado para la interoperabilidad, publica datos de cualquier fuente de datos espacial importante utilizando estándares abiertos (OSGF, 2019).

GeoServer es la implementación de referencia de los estándares del Servicio de características web (WFS) y del Servicio de cobertura web (WCS) de Open Geospatial Consortium (OGC), así como un Servicio de mapas web (WMS) que cumple con la certificación de alto rendimiento. GeoServer forma un componente central de la Web geoespacial (OSGF, 2019).

Para generar los servicios WMS en el servidor de mapas, se agregó un nuevo espacio de trabajo denominado “geohlb”, que se enlaza con la dirección URL de servidor “localhost”. Luego se agregó los nuevos almacenes que se conectan a la base de datos con la información a espacializar, posteriormente se generan las capas donde se diligencia los campos para identificar el conjunto de datos como: nombre, título, resumen, palabras clave, sistema de referencia, cuadro delimitador para la extensión del mapa y simbología asociada.

En Geoserver fue posible editar los puntos de las capas, toda vez que permite configurar colores, tamaños, el tipo de DATUM entregado por defecto, capas e iconos entre algunas posibilidades, para moldear de la manera requerida los datos almacenados; para ello se carga

con anterioridad los estilos creados con extensión “.sld”, con el fin de asociar una simbología a cada una de las capas a publicar.

Geoserver se ubicó sobre el servidor de aplicaciones Tomcat para la elaboración de la aplicación web de mapas que funciona como un puente donde se publicaron las capas que contienen la información de los casos positivos, reportados por el laboratorio, a HLB de los cítricos tanto en planta como en insecto vector en los años 2016, 2017 y 2018.

Publicada la información la herramienta permitió visualizar las capas en diversos formatos de salida a través de OpenLayers en: KML, GML, PNG, GIF, JPEG, entre otros. Esta pre visualización con OpenLayers admite comprobar en cualquier momento la existencia de errores o detalles a mejorar debido a que es un cliente ligero que permite tener una idea de cómo se visualizará en los navegadores web.

### **4.3 Construcción de la aplicación**

Se hizo la instalación de XAMPP como servidor de aplicaciones independiente, plataforma de código libre que permitió instalar de forma sencilla Apache y Tomcat (servidores web) en el ordenador con el fin de facilitar la usabilidad y la capacidad de interpretar páginas dinámicas.

XAMPP emplea la metodología de reúso que permitió la personalización de componentes del visor web geográfico.

En el servidor de aplicaciones XAMPP se instaló el Framework Heron, que se personalizó para ajustarlo a las necesidades de las capas que se quiere mostrar. En este trabajo se nombra como “geohlb”, donde se describen las capas a presentar y el espacio para su representación.

#### 4.4 Implementación del geovisor

Como se mencionó anteriormente, entre las tareas de desarrollo se hizo la publicación de las capas geográficas como servicios WMS y su consumo con el geovisor “geohlb” (Heron) para los casos positivos a HLB de los cítricos en planta e insecto vector en la Zona Norte del país. Se usó el código dispuesto en este para seleccionar una capa base como lo indica la Figura 5.

```
107 Heron.options.map.layers = [  
108  
109 /*  
110 * =====  
111 * BaseLayers  
112 * =====  
113 */  
114 // May use new NASA WMTS : http://onearth.jpl.nasa.gov/wms.cgi?request=GetCapabilities  
115  
116 new OpenLayers.Layer.WMS(  
117     "WMS Layer Title",  
118     "http://tiles.maps.eox.at/wms?",  
119     {layers: "terrain", format: 'image/png'},  
120     {singleTile: true, isBaseLayer: true, visibility: true, opacity: 1, noLegend: true, transitionEffect: 'resize'}  
121 ),
```

Figura 5. Código Capa base OpenLayer para el visor geográfico GeoHLB.

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la capa base en el geovisor se observa en la Figura 6. Se deja las capas restantes de GeoHLB inactivas.

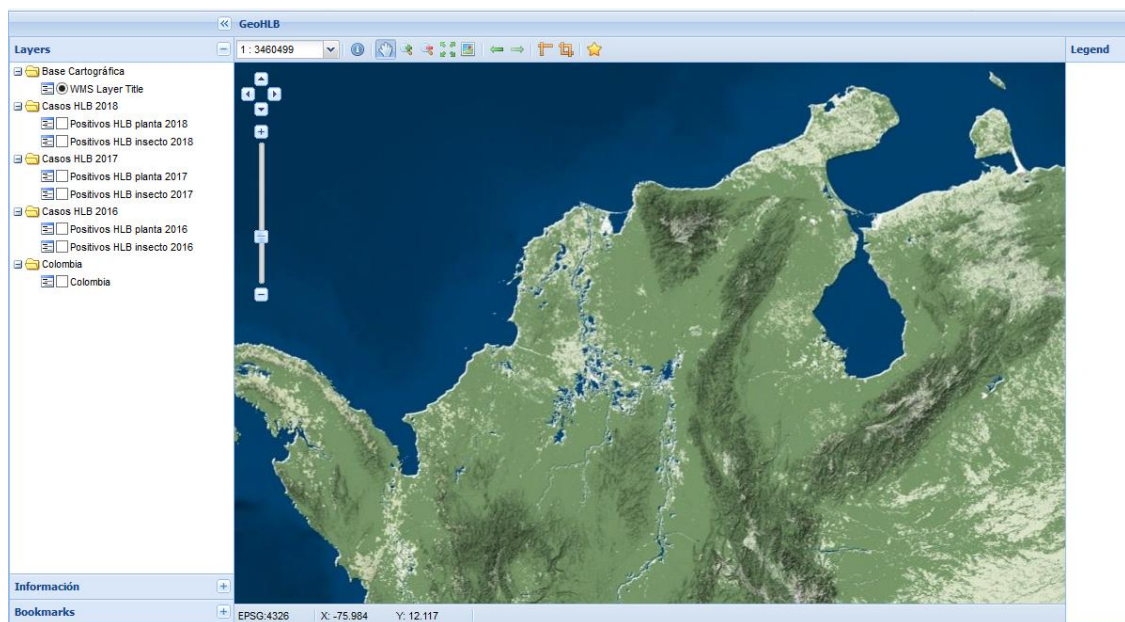


Figura 6. Capa base OpenLayer para el visor geográfico GeoHLB.

Fuente: Elaboración propia.

La información geográfica se encuentra alojada en el servidor de aplicaciones Geoserver, por tanto desde GeoHLB se define el llamado a las capas geográficas, con algunos parámetros

que las detallan, como un servicio de visualización WMS para que se muestre en el visor; como lo indican las sentencias de la Figura 7.

```

260 new OpenLayers.Layer.WMS(
261     "Positivos HLB planta 2018",
262     "http://localhost:8080/geoserver/geohlb/wms",
263     {layers: "geohlb:positivosplanta2018", transparent: true, format: 'image/png'},
264     {singleFile: true, opacity: 10, isBaseLayer: false, visibility: true, noLegend: false, transitionEffect: 'resize'}
265 ),
266
267
268 new OpenLayers.Layer.WMS(
269     "Positivos HLB insecto 2018",
270     "http://localhost:8080/geoserver/geohlb/wms",
271     {layers: "geohlb:positivosinsecto2018", transparent: true, format: 'image/png'},
272     {singleFile: true, opacity: 10, isBaseLayer: false, visibility: true, noLegend: false, transitionEffect: 'resize'}
273 ),
274
275 new OpenLayers.Layer.WMS(
276     "Positivos HLB planta 2017",
277     "http://localhost:8080/geoserver/geohlb/wms",
278     {layers: "geohlb:positivosplanta2017", transparent: true, format: 'image/png'},
279     {singleFile: true, opacity: 10, isBaseLayer: false, visibility: true, noLegend: false, transitionEffect: 'resize'}
280 ),
281
282 new OpenLayers.Layer.WMS(
283     "Positivos HLB insecto 2017",
284     "http://localhost:8080/geoserver/geohlb/wms",
285     {layers: "geohlb:positivosinsecto2017", transparent: true, format: 'image/png'},
286     {singleFile: true, opacity: 10, isBaseLayer: false, visibility: true, noLegend: false, transitionEffect: 'resize'}
287 ),
288
289 new OpenLayers.Layer.WMS(
290     "Positivos HLB planta 2016",
291     "http://localhost:8080/geoserver/geohlb/wms",
292     {layers: "geohlb:positivosplanta2016", transparent: true, format: 'image/png'},
293     {singleFile: true, opacity: 10, isBaseLayer: false, visibility: true, noLegend: false, transitionEffect: 'resize'}
294 ),
295
296 new OpenLayers.Layer.WMS(
297     "Positivos HLB insecto 2016",
298     "http://localhost:8080/geoserver/geohlb/wms",
299     {layers: "geohlb:positivosinsecto2016", transparent: true, format: 'image/png'},
300     {singleFile: true, opacity: 10, isBaseLayer: false, visibility: true, noLegend: false, transitionEffect: 'resize'}
301 ),
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

Figura 7. Código llamado de Capas en Herón.

Fuente: Elaboración propia.

Al acceder desde el navegador, en este caso Firefox, se visualiza el visor geográfico GeoHLB con la capa base que se definió anteriormente y las capas activadas correspondientes a países del mundo, división política de Colombia y asos positivos a HLB de los cítricos en planta e insecto en los años 2016, 2017 y 2018. Al lado derecho se puede observar la leyenda de las capas que se activan en el visor, como lo indica la Figura 8.

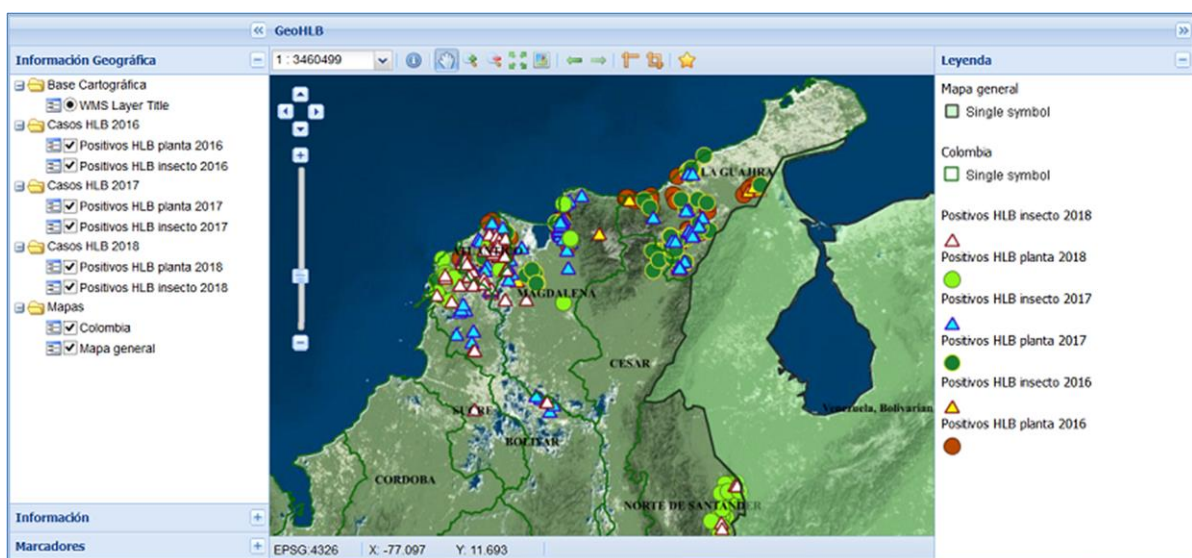


Figura 8. Geovisor GeoHLB.

Fuente: Elaboración propia.



GeoHLB permite la visualización de la distribución espacio temporal de los casos reportados como positivos, por el laboratorio en planta e insecto vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: psyllidae) Kuwayama, de la bacteria conocida como Huanglongbin (HLB) de los cítricos causada por *Candidatus Liberibacter asiaticus* en los años 2016, 2017 y 2018 en los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, La Guajira, Magdalena y Norte de Santander.

## **5. Conclusiones y Recomendaciones**

Con el uso de Geoserver como servidor de aplicaciones, fue posible el cargue del mapa en el visor geográfico GeoHLB, que a través del visor pre configurado Heron se cumplieron los casos de uso definidos en este proyecto.

Como una de las herramientas de cartografía vía web en los SIG el visor geográfico GeoHLB permite al usuario final visualizar la información geográfica relacionada con los casos positivos a HLB de los cítricos en planta e insecto vector en la Zona Norte de Colombia durante los años 2016, 2017 y 2018, con el fin de ofrecer una mejor percepción de información orientada a cualquier tipo de usuario; que brinda un elemento potencial para la elaboración de medidas de manejo, control y contención de la enfermedad en las zonas cítricas del país.

El visor geográfico GeoHLB sirve como instrumento para reglamentar áreas regionales de control (ARCOs) en donde se detecten brotes con insectos infectivos o presencia de la enfermedad en plantas, tanto de cultivo como de traspatio y viveros productores y/o distribuidores de material vegetal de cítricos.

Con el uso de software libre y de código abierto para elaborar las aplicaciones web de mapas, se permite al productor de información reducir costos en la elaboración y en la forma como se comparte los datos con el usuario. Así mismo permite optimizar las aplicaciones web generando servicios web geográficos de visualización y de consulta garantizando la adaptabilidad de sus componentes a actualizaciones y mejoras.

La arquitectura diseñada para el visor geográfico GeoHLB permite ser usada en diferentes proyectos que ejecuta el instituto para la visualización del comportamiento espacio temporal de diferentes plagas en las especies agrícolas de importancia social y económica para el país.

Para futuros trabajos se recomienda la inclusión de las bases de datos creadas a partir de los registros tomados en campo en las actividades de IVC en cada especie agrícola incluyendo

las áreas sembradas por especie y las lecturas de campo que son negativas a la presencia del problema fitosanitario del caso; que permita la toma de decisiones al diseñar estrategias de manejo, control y contención de plagas de importancia económica en los cultivos del país, con la información actualizada en tiempo real.

## 6. Referencias

- Agencia de Noticias UN. (2012). *Dispersión de insectos, clave para controlar plagas*. Bogotá, D.C. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/dispersion-de-insectos-clave-para-controlar-plagas.html>.
- Díaz, J. y Torres, J. (2016). *Desarrollo de visor geográfico como soporte para el plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Tibú sobre el suelo urbano y rural*. Universidad Santo Tomás, División de Ingenierías, Facultad de Ingeniería Civil, Especialización en Gestión Territorial y Avalúos. 38 p.
- Domínguez, D. y Gómez, H. (2016). *Implementación de un geovisor de mapas para la visualización e identificación de amenaza por movimiento de masa e inundación, prueba piloto del barrio trece de noviembre en el municipio de Medellín*. Manizales, Colombia. Universidad de Manizales facultad de Ciencias e Ingeniería Especialización en Sistemas de Información Geográfica. 83 p.
- Esguerra, L. y Castellanos, W. (2017). *SIG-Funza visor geográfico web del marco del plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Funza (Cundinamarca)*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería, Especialización en Sistemas de Información Geográfica. Bogotá D.C., Colombia. 28 p.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (2004). *Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica. UNIDAD 1 Generalidades de los Sistemas de Información Geográfica*. Bogotá, D.C. Recuperado de [http://geo.corponarino.gov.co/pmapper/documentos/introduccion\\_sig.pdf](http://geo.corponarino.gov.co/pmapper/documentos/introduccion_sig.pdf).
- March, I. y Midence, S . (1989). *Guía práctica preliminar para el uso de sistemas de información geográfica y sensores remotos en el estudio y manejo del habitat de fauna silvestre*. Heredia, Costa Rica Universidad Nacional, Programa de Maestría Vida Silvestre. P. 28-32.
- Marín, Y., Mazo, N. y Olivo, V. (2016). *Diseño e implementación de un sistema de información geográfico orientado a la web para la gestión agrícola municipal*. Manizales, Colombia. Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Programa Especialización en Sistemas de Información Geográfica. 95 p.
- Olaya, V., Turton, I., y Fonts, O. (s.f.). *Servidores remotos y clientes*. Web Mapping. Recuperado de [http://volaya.github.io/libro-sig/chapters/Cliente\\_servidor.html](http://volaya.github.io/libro-sig/chapters/Cliente_servidor.html).

Open Source Geospatial Foundation OSGF. (2019). GeoServer 2.15.x User Manual. Recuperado de <https://docs.geoserver.org/stable/en/user/introduction/overview.html>, el 21 de julio de 2007.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación - FAO. 2018. Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias NIMF 5. Glosario de términos fitosanitarios. Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. 37 p.

Servidores PNOA. (2019). Servidores WMS libres para datos e imágenes satélite. Recuperado de <http://www.gisandbeers.com/servidores-wms-libres-datos-e-imagenes-satelite/>

## 7. Anexos

### Anexo A. Requerimientos Funcionales

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
<b>RF-GHLB-01</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Visualizar información</b><p>El sistema deberá permitir la visualización de la información disponible del visor desde una capa base, tomando como extent el país.</p><p>Aquí se puede:</p></li><li>• <b>Desplazar</b><p>El sistema debe permitir desplazar el área de interés con el fin de cambiar de vista.</p></li><li>• <b>Acercar</b><p>El sistema debe permitir acercar el área de interés con el fin de cambiar de vista general a vista particular, para lograr mayor detalle.</p></li><li>• <b>Alejar</b><p>El sistema debe permitir alejar el área de interés con el fin de cambiar de vista particular a vista general, con el fin de encuadrar una mayor extensión.</p></li><li>• <b>Vista inicial</b><p>El sistema debe permitir volver a la vista inicial.</p></li><li>• <b>Activar capa</b><p>El sistema debe permitir activar las capas cargadas con el fin de visualizarlas en forma individual y en interacción entre ellas.</p></li></ul>
<b>RF-GHLB-02</b>	<b>Seleccionar capas</b>

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
	El sistema deberá permitir al usuario seleccionar cada capa. Aquí se puede consultar la información en la ventana de la capa encendida.
<b>RF-GHLB-03</b>	<p><b>Ubicar coordenada</b></p> <p>El sistema deberá permitir al usuario ingresar las coordenadas para ubicar un lugar específico, así como verla a medida que el cursor se desplaza sobre el mapa.</p>

## Anexo B. Requerimientos No Funcionales

<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>1.</b>	<b>USABILIDAD</b>
RNF-GHLB-01	El diseño de la interfaz del sistema debe ser de fácil entendimiento con el fin de reducir los tiempos de entrenamiento del usuario.
RNF-GHLB -02	Ser intuitivo para el usuario y mostrar la información de manera dinámica, ágil y estética.
RNF-GHLB -03	El sistema debe ser autoajutable a cualquier tamaño y resolución de pantalla del ordenador del usuario
<b>2.</b>	<b>OPERACIONAL</b>
RNF-GHLB -04	Ser adaptable a navegadores Web de escritorio. El sistema debe ser accedido por usuarios mediante un navegador a través de internet, sin necesidad de plugins o software emulador web
<b>3.</b>	<b>DESARROLLO</b>
RNF-GHLB -05	Debe ser implementada en idioma español: Todo el contenido de texto de la aplicación debe ser implementado en español.
<b>4.</b>	<b>CONFIABILIDAD</b>
RNF-GHLB -06	El sistema debe presentar un bajo nivel de incidencias mientras esté en funcionamiento, es decir, que garantice la tolerancia a fallas.
<b>5.</b>	<b>SEGURIDAD</b>



RNF-GHLB -07	Garantizar que solo usuarios autorizados ingresen a sistema hacer uso de las funcionalidades del mismo.
<b>6.</b>	<b>DESEMPEÑO</b>
RNF-GHLB -08	Concurrencia: El sistema debe estar modelado de tal manera que pueda satisfacer y soportar de forma rápida un volumen considerable de usuarios internos y de usuarios externos, teniendo en cuenta que todos los usuarios no se consideran usuarios activos en el mismo instante y el sistema debe ser asíncrono.
<b>7.</b>	<b>ADAPTABILIDAD</b>
RNF-GHLB -09	Ser autoajutable a cualquier tamaño y resolución de pantalla del usuario: La aplicación debe desplegarse sin deficiencias ni distorsiones de diseño en cualquier tamaño y resolución de pantalla del usuario.