Geovisor de la distribución espacial de las especies nativas y silvestres colectadas por el Banco de Semillas del Jardín Botánico de Bogotá

Trabajo de grado para optar por el título de especialistas en Sistemas de Información Geográfica

Laura Viviana Fernández Sánchez

Ricardo Alberto Arias Forero

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Proyecto de grado

Junio 2020

Geovisor de la distribución espacial de las especies nativas y silvestres colectadas por el Banco de Semillas del Jardín Botánico de Bogotá

Laura Viviana Fernández Sánchez

Ricardo Alberto Arias Forero

Director PhD. Alexandra López Sevillano

Director externo. Carlos Iván Suarez Ballesteros

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Proyecto de grado

Junio 2020

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN 8
ABSTRACT 9
INTRODUCCIÓN 10
1. GENERALIDADES 12
1.1 Planteamiento del problema 12
1.1.1 Antecedentes del problema 12
1.2 Pregunta de investigación 12
1.3 Alcances y limitaciones 13
1.4 Justificación 13
1.5 Objetivos 14
1.5.1 Objetivo general 14
1.5.2 Objetivos específicos 15
2. MARCOS DE REFERENCIA 15
2.1 Marco Conceptual 15
2.2 Estado del Arte 17
2.3 Marco teórico 19
2.4 Marco jurídico 20
2.5 Marco geográfico Mapa y ubicación 21
3. METODOLOGÍA 22
3.1 Fases del proyecto 22
3.2 Población 22
4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA 22
4.1 Primera Fase: Identificación y diagnostico 22
4.1.1 Entrevista 22
4.1.2 Recolección de datos 23
4.2 Segunda Fase: Análisis y diseño 28
4.2.1 Levantamiento de requerimientos 28
4.2.2 Diseño del modelo de datos 29
Modelo Conceptual 29
Modelo Lógico 30
4.2.3 Definición de actores 31
4.2.4 Casos de uso 31
4.2.5 Diagrama de clases 33
4.2.6 Diagrama de secuencias 34
4.2.7 Diagrama de paquetes 34
4.2.8 Diagrama de componentes 35
4.2.9 Diagrama de despliegue 36
4.3 Tercera Fase: Desarrollo del prototipo funcional 37
4.3.1 Información: 37
4.3.2 Base de Datos: 39
4.3.3 Formulario 39
4.3.4 Prototipo del visor 42
5. RESULTADOS 43

5.1 Información 43
5.2 Base de Datos 44
5.3 Formulario 45
5.4 Prototipo del visor 46
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 49
7. AGRADECIMIENTOS 51
8. BIBLIOGRAFÍA 52
9. ANEXOS 54
9.1 Cronograma de actividades ..... **¡Error! Marcador no definido.**
9.2 Manual de usuario formulario ..... **¡Error! Marcador no definido.**
9.3 Manual de usuario Visor ..... **¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio. Elaboración propia con fuente DANE. 21
Figura 2. Visita y entrevista en el Banco de Semillas. 23
Figura 3. Código de una accesión almacenadas en el Banco de Semillas 25
Figura 4. Frascos de almacenamiento en el área de secado. 26
Figura 5. Accesión almacenada en el Banco de Semillas 27
Figura 6. Banco de semillas 27
Figura 7. Modelo relacional 30
Figura 8. Modelo lógico 30
Figura 9. Diagrama de casos de uso 32
Figura 10. Diagrama de clases 33
Figura 11. CU 02 Consultar Información 34
Figura 12. Diagrama de Paquetes de Clases 35
Figura 13. Diagrama de componentes 36
Figura 14. Diagrama de despliegue 37
Figura 15. Formato de preguntas ODK Collect 40
Figura 16. Formato de respuestas ODK Collect 40
Figura 17. Pentaho 42
Figura 18. Número de especies presentes en el Banco de Semillas 44
Figura 19. Base de datos 45
Figura 20. Formulario 46
Figura 21. Vista general del visor 47
Figura 22. Vista de mapa 48
Figura 23. Información asociada a un punto de colecta 49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos funcionales..... 28
Tabla 2. Requerimientos no funcionales..... 28
Tabla 3. Actores del sistema..... 31
Tabla 4. Casos de uso 31

RESUMEN

El Jardín Botánico de Bogotá es una institución de carácter científico que promueve la investigación y conservación de especies vegetales nativas y silvestres de la región Capital y su periferia, con énfasis en los bosques altoandinos y páramos. Esta institución cuenta con un banco de semillas o de germoplasma que tiene como enfoque la conservación de la biodiversidad genética de especies priorizadas o de gran importancia a nivel ecológico y/o en peligro de extinción. Teniendo en cuenta esto el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar el prototipo de un visor web geográfico que permita visualizar la información espacial de las poblaciones de especies colectadas por el banco de semillas del Jardín Botánico de Bogotá y determinar la distribución espacial de las mismas, así mismo busca optimizar el proceso de captura de la información de estas en campo, con el fin de poder emplear esta herramienta en el desarrollo de futuras investigaciones del banco de semillas. En este documento se encuentran la arquitectura y requerimientos empleados para el desarrollo del prototipo funcional del visor geográfico que permite la visualización de las especies priorizadas y colectadas para el enriquecimiento del banco de semillas.

Palabras claves: SIG, distribución espacial, banco de semillas, visor geográfico, germoplasma.

ABSTRACT

The Botanical Garden of Bogotá is a scientific institution that promotes research and conservation of native and wild plant species of the capital region and its periphery, with emphasis on forests and high Andean paramos. This institution has a seed or germplasm bank which focuses on the conservation of genetic biodiversity of priority species or species of great ecological importance and / or endangered. With this in mind, the present work aims to develop a prototype of a geographic web viewer that allows visualizing the spatial information of the populations of species prioritized by the seed bank of the Bogotá Botanical Garden and determining their spatial distribution. It also seeks to optimize the process of capturing information from these in the field, in order to be able to use this tool in the development of future seed bank research. In this document we find the architecture and requirements used for the development of the functional prototype of the geographic viewer that allows the visualization of the prioritized and collected species for the enrichment of the seed bank.

Keywords: GIS, spatial distribution, seed bank, geographic viewer, germplasm

INTRODUCCIÓN

El Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (Jardín Botánico De Bogotá), fundado en 1955, es una entidad sin ánimo de lucro de carácter científico, educativo y conservacionista. Ha centrado sus esfuerzos en el desarrollo de actividades tendientes al conocimiento y la conservación de la flora de la Región Capital y su área de influencia, con dos enfoques, de acuerdo a la territorialización de los procesos, *in situ* (desarrollados directamente sobre los ecosistemas) y *ex situ* (fuera del área de distribución natural de los ecosistemas) (Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, 2008).

Esta entidad es un centro de investigación Distrital con énfasis en los ecosistemas altoandinos y de páramo, encargada de desarrollar diferentes programas de educación ambiental y de conservación, de manejar las coberturas verdes de la ciudad y almacenar diferentes colecciones vivas de flora (Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, Misión y Visión).

La parte científica o subdirección científica de esta institución genera conocimiento sobre la diversidad y su función; la recuperación, restauración y conservación ecológica de ecosistemas naturales; el manejo y la gestión apropiada de la diversidad florística de especies nativas y silvestres de ecosistemas altoandinos y de páramo. Está área se divide en líneas las cuales manejan distintos enfoques de investigación. Una de las líneas es Especies y Propagación, la cual tiene como objetivo generar investigaciones integrales acerca de las especies vegetales priorizadas en la Región Andina que permitan determinar acciones para su manejo, conservación, reintroducción y aprovechamiento por parte de los programas del Jardín Botánico de Bogotá y las comunidades asentadas en la Región Capital.

Dentro de la línea Especies y Propagación se encuentra el Banco de Semillas el cual desarrolla diferentes procesos que implican el manejo de la distribución espacial de los datos poblacionales de las especies estudiadas, a pesar de esto, el banco de semillas no cuenta con un sistema que permita el almacenamiento, la visualización y el manejo de los datos de manera ágil y dinámica.

Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo propone generar el prototipo de un geovisor web, que permita una accesibilidad rápida, a los datos geográficos de las especies colectadas por el banco de semillas. Este visor contará con herramientas básicas de SIG que permiten visualizar la distribución espacial de las especies, lo cual brinda una ayuda al momento de plantear y definir acciones para la colecta, manejo y conservación de las especies. Así mismo se implementa una automatización en el proceso de captura y visualización de los datos geográficos, lo que optimiza el tiempo de la toma de datos en campo y la fiabilidad de los mismos.

1. GENERALIDADES

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente no se cuenta con un Sistema de Información Geográfica que permita al Banco de semillas de la Línea de Investigación de Especies y Propagación del Jardín Botánico de Bogotá, una captura y visualización eficiente de los datos poblacionales de las especies colectadas y almacenadas en el banco de semillas.

1.1.1 Antecedentes del problema

El Banco de semillas del Jardín Botánico de Bogotá aporta a la conservación de la flora de Bogotá y el área de influencia del Jardín Botánico, para esto se evalúan e identifican fuentes semilleras de poblaciones silvestres. Esta información es recolectada, almacenada y actualizada de forma manual, lo que implica una necesidad de personal, demora en el tiempo de muestreo y la sistematización de la misma. De igual forma, el banco de semillas no cuenta con un sistema que permita la visualización de la información de la distribución poblacional, la que dificulta posteriores análisis para la priorización de áreas de colecta de semillas para el desarrollo de investigaciones en conservación *ex situ* de semillas.

1.2 Pregunta de investigación

¿Cómo optimizar la captura y visualización eficiente de la distribución espacial de la población de especies nativas y silvestres priorizadas y colectadas por el banco de semillas del Jardín Botánico de Bogotá?

1.3 Alcances y limitaciones

Este visor se desarrolló para las colectas realizadas por el banco de semillas del Jardín Botánico de Bogotá que se encuentran en los ecosistemas alto andinos y de páramo de Bogotá y su periferia.

Si bien el área de muestreo que actualmente trabaja el banco de semillas, contempla no solo a Bogotá sino también a municipios Cabrera, Choachí, Cota, El Rosal, Guachetá, San Antonio del Tequedama, Sibaté, Silvania, Soacha, Subachoque y Villapinzón pertenecientes al departamento de Cundinamarca y los municipios de Raquirá, San Miguel de Sema y Chinavita pertenecientes al departamento de Boyacá. Los cuales cumplen con las características bióticas, climatológicas y geográficas para ser ecosistemas alto andinos y/o de páramo, el geovisor que se desarrolló muestra el campo de acción del banco, a futuro podría mostrar las potencialidades y funcionalidades respecto a programas y proyectos de conservación al implementarse en su totalidad.

1.4 Justificación

Con el desarrollo de este prototipo de visor geográfico, se busca una accesibilidad rápida y eficiente a los datos geográficos de las colecciones realizadas para el enriquecimiento del banco de semillas del Jardín Botánico de Bogotá. Dado que contribuye desde distintos ámbitos a un proceso de mejora continua que permite una toma de decisiones más precisa y acertada. El visor permite igualmente, administrar y cargar la información de las poblaciones de manera ágil y actualizada, reduciendo tanto los tiempos para la toma de muestras, así como los costos en personal para llevar a cabo dicha operación, permitiendo tener una trazabilidad del histórico del muestreo.

Adicionalmente el visor contribuye a generar un componente de análisis espacial necesario para la toma de decisiones, puesto que si se conoce la tendencia en la distribución espacial de determinadas especies, se pueden identificar áreas prioritarias para la ejecución de colectas, programas y proyectos encaminados a la conservación de las mismas, elemento que constituye un valor agregado al proceso que se realiza actualmente, gracias a que espacializa la información suministrada para decidir directamente en un área geográfica particular la ruta necesaria para conservar las especies priorizadas para tal fin.

Teniendo en cuenta lo anterior, el desarrollo del prototipo funcional se alinea con los objetivos de la línea de especies y propagación de la subdirección científica del Jardín, los cuales buscan promover la caracterización y el desarrollo de estudios de propagación de especies estratégicas, para su reincorporación en procesos de conservación, uso sustentable y coberturas urbanas, contribuyendo a la construcción de medidas para incentivar la protección vegetal, mediante métodos alternativos de control o la predicción de pérdidas producidas por enfermedades y plagas. Además, estimula los procesos de colecta, manejo, conservación, producción vegetal, para introducir especies adecuadas en diferentes espacios rurales y urbanos (Jardín Botánico de Bogotá, 2019)

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Desarrollar el prototipo funcional de un visor web geográfico que permite establecer la ubicación y distribución espacial de la población de especies nativas y silvestres colectadas y accesadas al banco de semillas del Jardín Botánico de Bogotá.

1.5.2 Objetivos específicos

- Elaborar los requerimientos funcionales y no funcionales asociados a la pregunta de investigación.
- Optimizar el proceso de muestreo de las especies nativas y silvestres accesadas al banco de semillas del Jardín Botánico.
- Diseñar un método de visualización y despliegue de la información geográfica de las especies colectadas por el banco de semillas del Jardín Botánico de Bogotá.
- Realizar el prototipo funcional del geovisor que contemple el método de visualización y muestreo de las especies nativas y silvestres priorizadas por el banco de semillas de Jardín Botánico de Bogotá.

2. MARCOS DE REFERENCIA

2.1 Marco Conceptual

La conservación de especies vegetales y la relación e implementación de esta con las bases científicas, técnicas, sociología y economía, han adquirido gran importancia en los últimos años, como respuesta a la amenaza y disminución de la biodiversidad. Una de las técnicas esenciales en la **conservación**, es la técnica *ex situ,* las cuales buscan conservar los recursos fitogenéticos o germoplasma vegetal (cualquier material capaz de transferir características genéticas de una generación a otra) fuera su ambiente original, este se puede almacenar o conservar a través de plantas completas en jardines botánicos o en bancos de genes, semillas o propágalos en bancos de germoplasma (De Viana, Morandini, Giamminola & Diaz, 2011).

Bancos de germoplasma o semillas. El germoplasma se define como cualquier material capaz de transferir características genéticas de una generación a otra; al hablar de germoplasma vegetal se hace referencia a diferentes estructuras vegetales, como son semillas, polen o plántulas. La conservación del germoplasma vegetal o recursos fitogenéticos se realiza en infraestructuras capaces de garantizar su viabilidad y posterior uso a largo plazo a los cuales se les denomina bancos de germoplasma o bancos de semillas si el material que se encuentra conservado son semillas (Bacchetta et al., 2008).

Accesiones. A cada una de las muestras de material vegetal que son recolectado e ingresada en el banco de semillas, se les denomina accesión. Una accesión representa un lote único de germoplasma de una unidad taxonómica específica y una población biológica definida relacionado a una única recolección (Bacchetta et al., 2008).

Paramos y Bosques altoandinos. Se considerar ecosistemas de alta montaña aquellos que se encuentran ubicados entre 2800msnm y 34000msnm, encontrando los bosques altoandinos entre los 3200m y 3400m, y los páramos hasta los 4700m. Estos ecosistemas se caracterizan por presentar una gran riqueza y diversidad biológica, son de gran importancia en la regulación hídrica y climática de las montañas; así mismo brindan diferentes servicios ecosistémicos a la sociedad, desempeñando un papel fundamental en la agricultura y el turismo por lo cual son de gran importancia en la economía de las comunidades andinas.

Los páramos ocupan un 2,5% aproximadamente del área total continental de Colombia, en donde se encuentra una gran diversidad vegetal (4000 especies aproximante) y sirven de hábitat de a muchas especies de animales entre los cuales se encuentran aves, mamíferos e insectos (Marín & Parra, 2015).

Visor Web. La ventaja de este tipo de servicios es que permiten la interacción del usuario con la cartografía, es decir, un usuario solicita un mapa al Servidor Web y el Servidor pasa la solicitud al Servidor de Internet SIG, generalmente a una extensión del servidor HTTP, quien entrega conjuntamente todos los datos como un mapa resultante que es devuelto al Explorador Web del usuario a través de Internet (Caballero et al., 2007; Campos et al., 2011).

SIG. "Sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión". (National Center for Geographic Information and Analysis, 1990).

Base de datos. Una base de datos es un conjunto de datos almacenados sin redundancias innecesarias en un soporte informático y accesible simultáneamente por distintos usuarios y aplicaciones. Los datos deben de estar estructurados y almacenados de forma totalmente independiente de las aplicaciones que la utilizan. (Cobo, 2007).

2.2 Estado del Arte

En la práctica han sido varias las instituciones que han trabajado a nivel mundial con la recolecta y accesión de material vegetal enfocado en diversas estrategias, pero para el presente trabajo, el estado del arte se enfoca en las experiencias frente a recolección y accesión de material para procesos de conservación de especies amenazadas y/o en peligro de extinción y haciendo especial hincapié en los casos de estudio que utilizan aplicaciones SIG para la consecución de las anteriores estrategias.

En primer lugar, debe definirse el marco global en el cual se adelantan esta clase de iniciativas, comenzando por el Convenio de Diversidad Biológica (CDB), que se denomina cómo:

> "es un tratado internacional jurídicamente vinculante con tres objetivos principales: la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. Su objetivo general es promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible". (ONU, 2019).

De esta manera el CDB se ha convertido en el principal instrumento de conservación del potencial ecosistémico y de diversidad genética que tiene el planeta, el cual propone adelantar estrategias que busquen minimizar el impacto que genera la acción antrópica sobre el medio que le rodea. Estrategias como el Global Strategy for Plant Conservation (GSPC) el cuál fue adaptado en la decisión X/17 del CDB, han generado en colaboración con el Botanic Gardens Conservation International (BGCI), la Asociación Mundial para la Conservación de las Plantas (GPPC en inglés) y la Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, diferentes actividades y planes de acción frente a la conservación de la biodiversidad (Convention on Biological Diversity, 2014).

Una de las metas de la GPSC es generar una evaluación del estado de conservación de las plantas conocidas, con el fin de poder emplear esta información en las medidas de conservación. Para dar respuesta a este objetivo el Royal Botanic Gardens, Kew, ha generado un proyecto que brinda un conjunto de herramientas GIS, que proporcionan una evaluación de la conservación vegetal basada en las categorías y criterios de la Lista Roja de especies

amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Estas herramientas permiten generar una evaluación preliminar de la conservación basada en el grado de ocurrencia, área de ocupación, número de subpoblaciones y número de localidades para una o varias especies (Royal Botanic Gardens, Kew, 2019).

El Jardín Botánico de Nueva York posee un laboratorio SIG, el cual tiene como objetivo integrar toda la información adquirida en cada una de las dependencias del Jardín para estudiar la geografía y distribución de la diversidad de las plantas; los estudios del laboratorio SIG constituyen la base de las evaluaciones de conservación de plantas, los cuales son fundamentales en la determinación del estado de riesgo de las especies en función de su alcance geográfico. Estos estudios son empleados en las decisiones humanas sobre la conservación del hábitat para las especies amenazadas, y las prácticas para la protección de las especies en peligro de extinción (The New York Botanical Garden, 2019).

2.3 Marco teórico

La conservación *ex situ* de especies vegetales a través de Bancos de Semillas, son una estrategia para almacenar durante largos periodos de tiempo y en espacio reducidos una muestra representativa de la diversidad biológica de las especies. Para esto se deben tener en cuenta ciertos conocimientos básicos acerca de las especies que se desean conservar y su ubicación biogeográfica, como son las características y criterios de selección de las especies a conservar, la fecha de fructificación de estas, la localización geográfica, los tamaños de las poblaciones y la incidencia de depredación de semillas para algunas especies (Gold, K., *et al*. 2004).

La selección y priorización de especies para fines de conservación se basa en la selección de características específicas de algunas especies, de acuerdo a los objetivos de los distintos proyectos. Para esto se emplean criterios biológicos y ecológicos como son la conducta de almacenamiento (ortodoxa o recalcitrante), estado de conservación de la planta, forma y ciclo de vida, rol ecológico, origen, distribución geográfica de las especies y uso potencial, así como la amenaza de factores antrópicos. Así mismo se deben tener en cuenta aspectos como la información taxonómica de las especies y la información geográfica, el clima, la accesibilidad y distribución geográfica de las plantas priorizadas (Gold, K., *et al*. 2004).

La identificación y evaluación de la población para la recolección de semillas en campo, el proceso de recolección de semillas, la toma de datos en campo y el manejo de las semillas después de colectadas se realizan según el Manual de Recolección de Semillas de Plantas Silvestres, Para conservación de a largo plazo y restauración ecológica Gold, K., *et al*. 2004 y el Manual de recolección, procesamiento y almacenamiento de semillas de plantas silvestres, Proyecto Banco de Semillas de Boyacá, Colombia (2018).

2.4 Marco jurídico

La recolección de semillas y de cualquier material biológico este sujeto a las leyes y reglamentos nacionales. En el caso de Colombia esta es el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 en su ARTÍCULO 2.2.2.9.2.2 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”, en este se define la recolección de especímenes como el proceso de captura y/o remoción o extracción temporal o definitiva del medio natural de especímenes de la diversidad biológica, para la realización de

inventarios y caracterizaciones que permitan el levantamiento de línea base de los estudios ambientales (ANLA,2018).

2.5 Marco geográfico Mapa y ubicación

El presente trabajo se enmarca en las áreas de recolección de material vegetal del banco de semillas para el desarrollo de diferentes proyectos enmarcados en las metas de la subdirección científica del Jardín Botánico de Bogotá, las cuales comprenden el distrito capital de Bogotá y los municipios de Cabrera, Choachí, Cota, El Rosal, Guachetá, San Antonio del Tequedama, Sibaté, Silvania, Soacha, Subachoque y Villapinzón pertenecientes al departamento de Cundimarca y los municipios de Raquirá, San Miguel de Sema y Chinavita pertenecientes al departamento de Boyacá (Figura 1). Estos municipios han sido seleccionados según la oferta y disponibilidad del material vegetal en ellas, y de las necesidades de la línea de investigación, en estas áreas se encuentran Bosques Altoandinos y Páramos tales como Calderitas, Curibital, Cabrera, El Tablazo, Guacheneque, Pasquilla, San Francisco, Sumapáz y Verjones.



Figura 1. Área de estudio. Elaboración propia con fuente DANE.

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este prototipo funcional se empleó una metodología que integra las características de los modelos orientados a reutilización y Scrum, con un enfoque ágil, teniendo en cuenta que las anteriores permiten realizar los objetivos en el tiempo programado, lo que satisface los requerimientos del producto de una forma adecuada.

3.1 Fases del proyecto

Este proyecto explora la metodología en tres fases, la primera fase enmarca la identificación, diagnóstico de la necesidad y la adquisición de la información geográfica; la segunda fase detalla el análisis y diseño del prototipo y la tercera enmarca el desarrollo del mismo.

3.2 Población

Este trabajo busca facilitar el acceso a la información geográfica de las accesiones del Banco de Semillas del Jardín Botánico de Bogotá a la comunidad en general que se encuentra interesada y/o a la comunidad científica que esté desarrollando planes de conservación o restauración vegetal.

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 Primera Fase: Identificación y diagnostico

4.1.1 Entrevista

Para el desarrollo de este trabajo se realizaron diferentes visitas al Banco de semillas de la Subdirección científica del Jardín Botánico de Bogotá (Figura 1), con el objetivo de conocer e identificar las instalaciones de la institución y la metodología que se emplea en la

recolección y almacenamiento de los recursos fitogenéticos. Así mismo se realizaron entrevistas con el investigador Carlos Iván Suárez Ballesteros para definir las necesidades y requerimientos del producto (Figura 2), en estas el contratista detalló el procedimiento para la adquisición y catalogación del material, y se identificaron las ventajas de optimizar los procesos de recolección y visualización de la información en el banco de semillas.



Figura 2. Visita y entrevista en el Banco de Semillas.

4.1.2 Recolección de datos

En las entrevistas realizadas en el Jardín Botánico el investigador indicó el manual que siguen al momento de realizar las recolecciones, el cual es "Manual de recolección, procesamiento y almacenamiento de semillas de plantas silvestres, Proyecto Banco de Semillas de Boyacá, Colombia" (Di Sacco, *et al.* 2018) y relato el proceso de adquisición y tratamiento de cada una de las especies que se encuentran almacenadas en el Banco de Semillas. Este proceso se divide en diferentes etapas, iniciando con la colecta de material vegetal en campo y posteriormente las etapas en laboratorio, las cuales incluyen la limpieza de semillas, diferentes pruebas de viabilidad, disminución de la humedad de la semilla y

finalmente el almacenamiento de semillas a bajas temperaturas. Por último, detallo la información tomada en campo, la cual posteriormente se empleó en la elaboración del visor geográfico.

La primera etapa inicia con la selección de las especies de plantas nativas de bosque altoandinos y páramos priorizadas para la conservación, estas son escogidas según diferentes criterios como son su endemismo o rareza, estado de conservación, importancia a nivel ecológico, económico y social, y sus características fisiológicas y morfológicas. Se selecciona el área de recolección de las especies, estas áreas son naturales o semi naturales, y se tiene en cuenta características geográficas de las zonas, la accesibilidad del sitio, el tiempo de viaje, la duración de la salida, las poblaciones cercanas, las características del ambientales, entre otras. También se identifican patrones de organización de la población, la edad promedio de las especies, las características fenológicas y el ciclo de desarrollo, para poder definir una fecha adecuada de recolección en la cual las plantas estén en su etapa de dispersión.

En cada una de las expediciones se llenan formatos de campo, las cuales sirven de referencia para cada una de las colectas, en esta se incluye información taxonómica de las especies (familia, genero, especie y nombres comunes), información geográfica (coordenadas geográficas, región, vereda, pueblo, localidad) y características topográficas del lugar como pendiente, tipo de suelo, exposición y hábitat, información ecológica (tipo de vegetación, especies asociadas y dominancia), información de la población (tamaño aproximado, estructura y número aproximado de individuos, fenología y características adicionales observadas en la población), información de la recolección (fecha de recolecta,

nombre de los recolectores, numero de colecta, cantidad de individuos muestreados, superficie muestreada, tipo de fruto, número estimado de frutos por planta y método de recolección utilizada). Se asigna un código (Figura 3) que debe asociar la ficha de recolección descrita anteriormente con la muestra de semillas, este código hace referencia al número de colecta el cual debe ser único y exclusivo, y posteriormente se emplea para cada una de las accesiones al momento de ser ingresada en laboratorio y finalmente a la colección.



Figura 3. Código de una accesión almacenadas en el Banco de Semillas

El procesamiento de las semillas en laboratorio inicia con el registro, identificación y clasificación del muestreo, para esto se emplea el número de colecta que identifica la muestra y a partir de este se genera y asigna un código único a cada accesión, este se compone de una sigla característica del banco de semillas o del proyecto, seguida de un número único y seriado (Figura 3), de igual forma se registra toda la información posible sobre la morfología de los frutos y las semillas.

Posteriormente se realiza la limpieza de las semillas y diferentes pruebas de viabilidad, como son pruebas de tetrazolio o tinción de embriones, esta se realiza con el objetivo de identificar si las semillas se encuentran metabólicamente activas o no; y pruebas de germinación en cajas Petri con medios de cultivo o papel filtro, bajo condiciones controladas de laboratorio en una cámara germinadora (20/10 °C día/noche, fotoperiodo 12h, HR 75%); estas pruebas determinan la viabilidad o capacidad de germinación de una semilla.

A continuación, se realiza un proceso de secado, con el objetivo de disminuir los contenidos de humedad y bajar la actividad metabólica de las semillas para poder almacenarlas a bajas temperaturas sin afectar la integridad de los tejidos. Esto se realiza en un cuarto de secado sellado, el cual contiene frascos con gel de sílice (Figura 4) en los que se almacenan las semillas por un tiempo determinado hasta bajar el contenido de humedad al deseado (4-7%).



Figura 4. Frascos de almacenamiento en el área de secado.



Figura 5. Accesión almacenada en el Banco de Semillas

Finalmente, se almacenan las semillas en frascos de vidrio herméticos, con el objetivo que las semillas no absorban el aire del refrigerador o cámara fría. Cada una de las muestras de campo se almacenan como accesiones en frascos individuales, con su debida identificación (código, nombre del banco o proyecto, número de accesión, especie, lugar y fecha de colecta) (Figura 5).

Esta institución cuenta con dos espacios para almacenar las semillas, uno de ellos es un refrigerador el cual se encuentra a una temperatura de -20°C y una humedad relativa de 15%. El otro es una cuarto frio que se encuentra a una temperatura de alrededor de 5°C y un porcentaje de humedad relativa de 15% (Figura 6). Estas temperaturas y porcentajes de humedad se utilizan con el objetivo de causar el menor daño posible en las semillas, ya que humedades más bajas eliminan el agua estructural de las moléculas, afectando el desarrollo de estas.

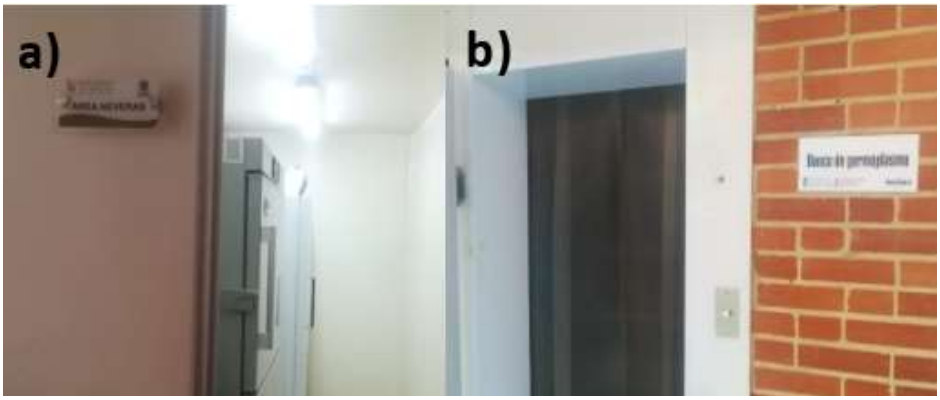


Figura 6. Banco de semillas

a) Área de Neveras del Banco de Semillas del JBB. **b)** Banco de Germoplasma o cuarto frio del JBB

4.2 Segunda Fase: Análisis y diseño

4.2.1 Levantamiento de requerimientos

Según las necesidades identificadas con el investigador del Jardín Botánico, las características definidas para el producto y sus respectivas restricciones, se establecieron los siguientes requerimientos funcionales y no funcionales, detallados en las Tablas 1 y 2 respectivamente.

Tabla 1. Requerimientos funcionales

RF	*DESCRIPCIÓN*
RF-01	Realizar autentificación de los usuarios para la carga y modificación de los datos.
RF-02	Visualización de los puntos de colecta.
RF-03	Permitir la consulta de información
RF-04	Los datos deben presentar una tendencia espacial
RF-05	Los datos se deben recolectarse a través de una interfaz de captura de información.

Tabla 2. Requerimientos no funcionales

RNF	*DESCRIPCIÓN*
RNF-01	El acceso a la carga de datos solo es permitido por los investigadores y colectores autorizados por el banco.
RNF-02	En lo posible el desarrollo se debe realizar en software libre.
RNF-03	El sistema se debe adaptar a navegadores web comunes, sin necesidad de utilizar plugins o software emulador.
RNF-04	El diseño debe cumplir la ficha de recolección de datos del Manual de recolección, procesamiento y almacenamiento de semillas de plantas silvestres (Kew, 2018).

RNF-05	Los usuarios que visualizan no podrán adicionar o editar información.
RNF-06	El sistema debe contar con parámetros de usabilidad.
RNF-07	El sistema debe ser intuitivo para el usuario y mostrar la información de manera dinámica, ágil y estética.
RNF-08	Debe ser implementado en idioma español.
RNF-09	En caso de presentarse alguna excepción, el sistema debe mostrar un mensaje de error que muestra la descripción del evento

4.2.2 Diseño del modelo de datos

El modelo de datos se definió teniendo en cuenta las necesidades del visor y el objetivo de establecer una relación espacial entre los puntos de colecta y la información de cada especie colectada. De esta forma se establecieron dos modelos principales para los datos: un modelo conceptual y un modelo lógico.

Modelo Conceptual

En el modelo conceptual o de entidad-relación podemos observar las principales entidades establecidas para el manejo de la información colectada en campo a través de una base de datos y su relación. Estas entidades son Especie y Colector, Registro es la relación existente entre estas dos entidades. Así mismo se pueden observar los atributos pertenecientes a cada una de las entidades, como son ID y Nombre científico (compuesto de familia, genero, epíteto y autor), para el caso de especie y Nombre completo (compuesto de nombre y apellido), celular, email e ID, para el caso de Colector. Así mismo podemos observar que la relación presenta atributos como Ubicación, fecha de colecta y número de colección (Figura 7).

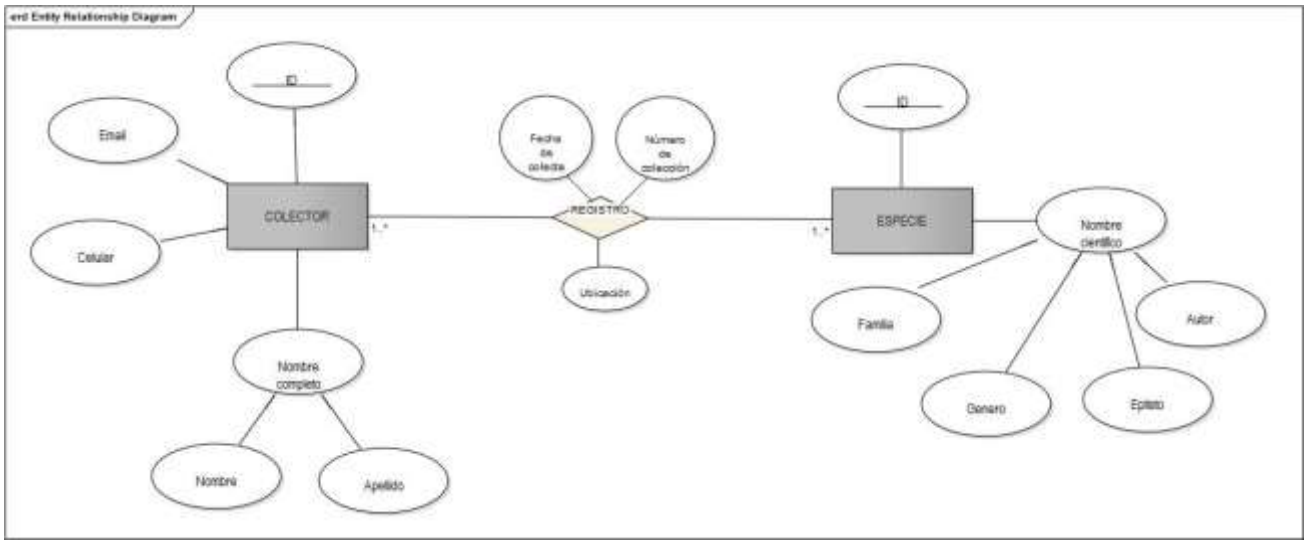


Figura 7. Modelo relacional

Modelo Lógico

En el modelo lógico se especifican los atributos de cada una de las entidades y la relación que se establecieron en la Base de Datos (Figura 8).

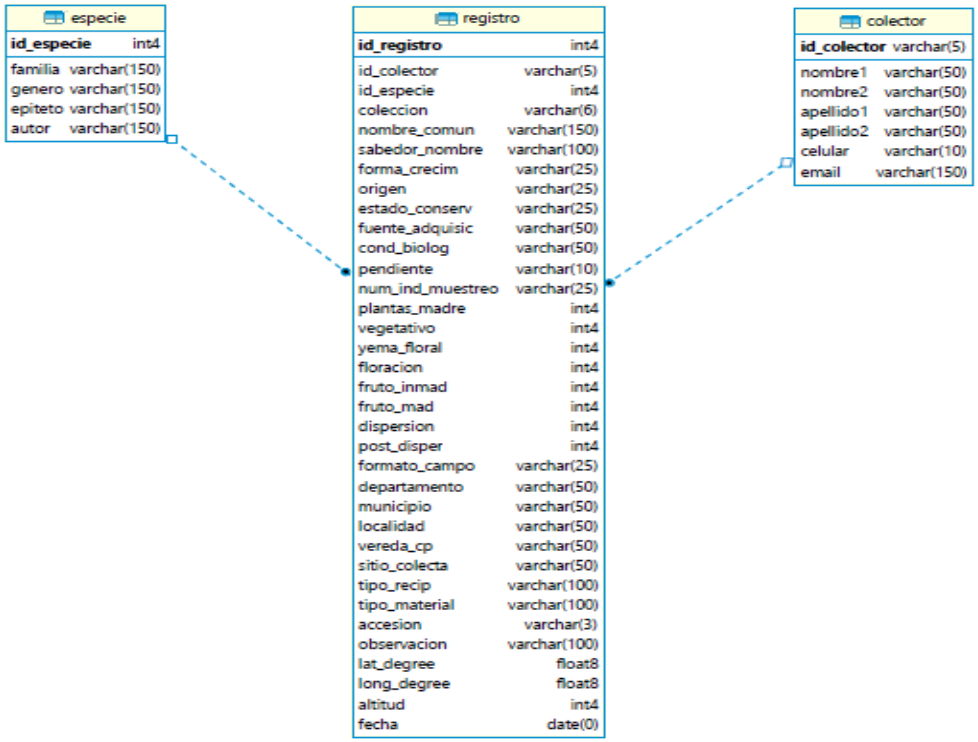


Figura 8. Modelo lógico

4.2.3 Definición de actores

Teniendo en cuenta los requerimientos determinados y el objetivo del visor, se establecieron tres actores diferentes que interactúan con el visor, estos se describen en la Tabla 3.

Tabla 3. Actores del sistema

ACTOR	***NOMBRE***	***DESCRIPCIÓN***
AC-01	Usuario	Persona que consume los servicios del visor geográfico. Puede visualizar y consultar la información geográfica del visor.
AC-02	Colector	Persona que colecta la información en campo. Debe autentificarse, puede cargar información geográfica de cada colecta e interactuar con el visor como lo hacen los usuarios.
AC-03	Editor	Persona que puede editar información. Tiene las mismas capacidades que el colector y adicionalmente puede modificar y eliminar la información correspondiente a las accesiones.

4.2.4 Casos de uso

Se definieron cinco casos de uso los cuales se detallan en la tabla 4; estos se establecieron teniendo en cuenta las funcionalidades del visor y las capacidades de cada uno de los actores (Figura 9):

Tabla 4. Casos de uso

CASO DE USO	***ACTOR/ES***	***DESCRIPCIÓN***
CU-01 Autentificar	Colector y editor	Permite a los actores acceder al sistema mediante el uso de un id y una contraseña única proporcionada por el banco de semillas, para hacer uso de las diversas funcionalidades que provee el sistema de acuerdo con los permisos otorgados.

CU-02 Consultar información	Colector, editor y usuario	Permite que quien esté utilizando el visor pueda ver la información relacionada con cada punto de colecta, especie o familia, a través de una ventana emergente (Pop-up).
CU-03 Visualizar capas geográficas	Colector, editor y usuario	Permite que lo primero que se visualice al ingresar al visor geográfico sea un mapa base y la capa geográfica de puntos de colecta.
CU-04 Interactuar con la vista de mapa	Colector, editor y usuario	Permite que el actor interaccione con las capas ya sea acercando, alejando o desplazando la extensión de la vista.
CU-05 Modificar información	Editor	Permite al editor del Banco de semillas modifique la información existente en el visor y cargar nueva información.

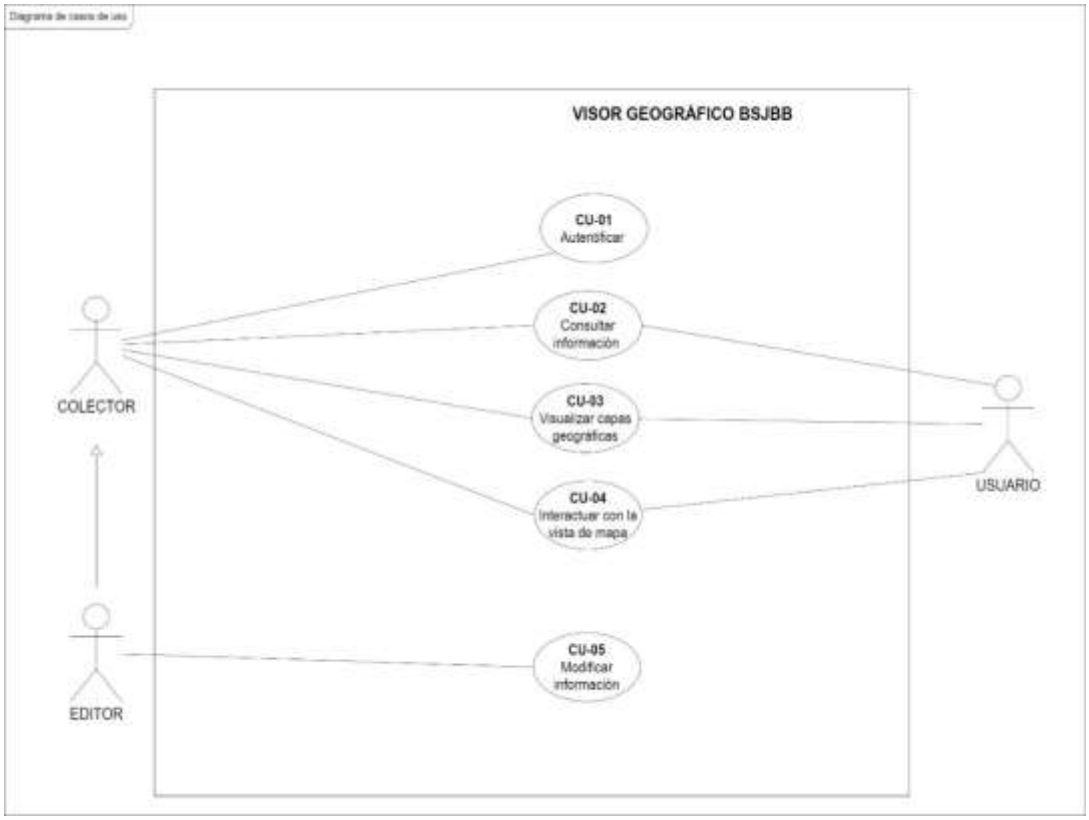


Figura 9. Diagrama de casos de uso

4.2.5 Diagrama de clases

Teniendo en cuenta los requerimientos y casos de uso establecidos para el visor geográfico BSJBB, se establecieron 9 clases en su modelamiento con sus correspondientes atributos, operaciones e interacciones (Figura 10). Se puede observar que se presenta una herencia de las características y operaciones en la clase usuario con colector y este con Editor. Se identifican las asociaciones entre Usuario con Vista Mapa, Colecta y ConexionBD; Capa con VistaMapa y Pop-Up, y ConexiónBD con Formulario.

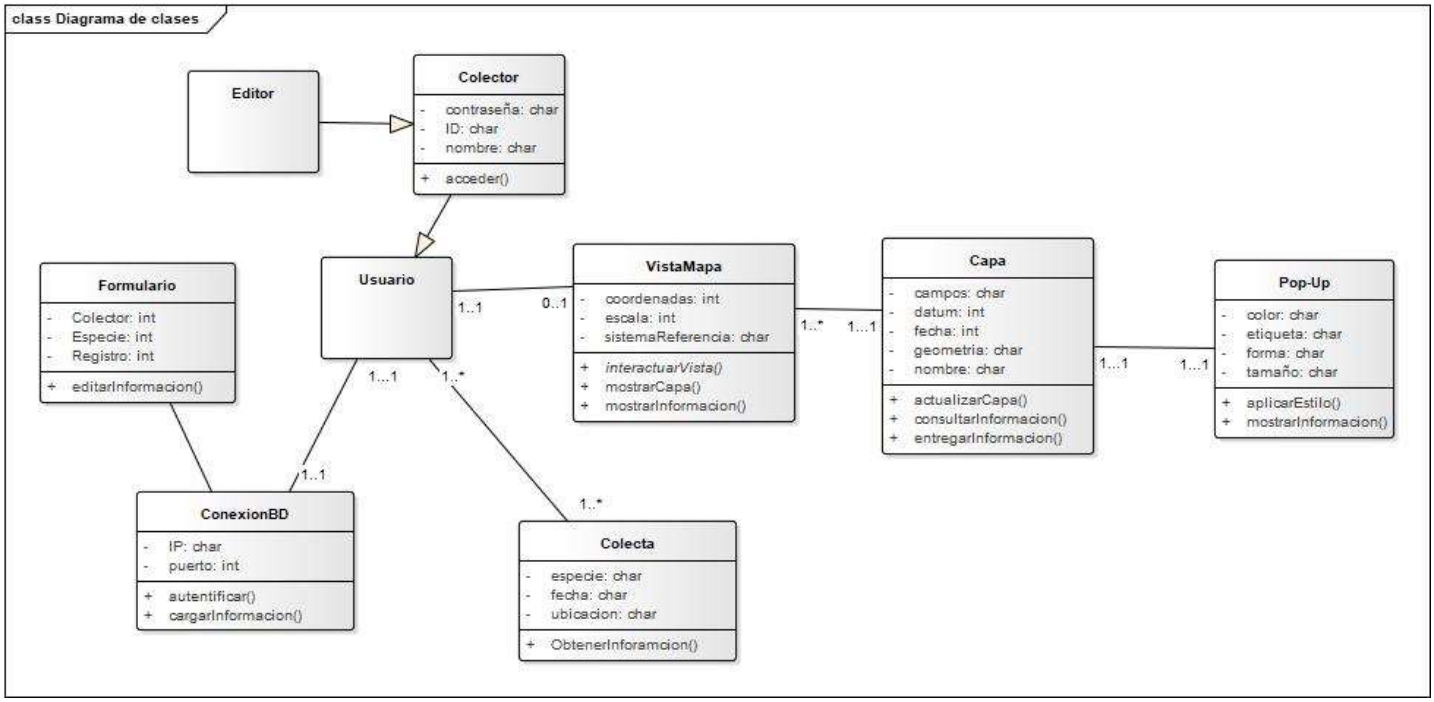


Figura 10. Diagrama de clases

4.2.6 Diagrama de secuencias

El diagrama de secuencias permite identificar las clases y las interacciones que intervienen en cada una de las funcionalidades del visor, estos se reflejan a través de mensajes u operaciones que satisfacen los casos de uso y los requerimientos. De los diagramas elaborados, uno de los más significativos es el de el caso de uso 2 “Consultar información” (Figura 11). Para este caso intervienen las clases usuario, colecta, capa y vista mapa. Este caso de uso permite al usuario del visor pueda ver la información existente relacionada a un punto especifico.

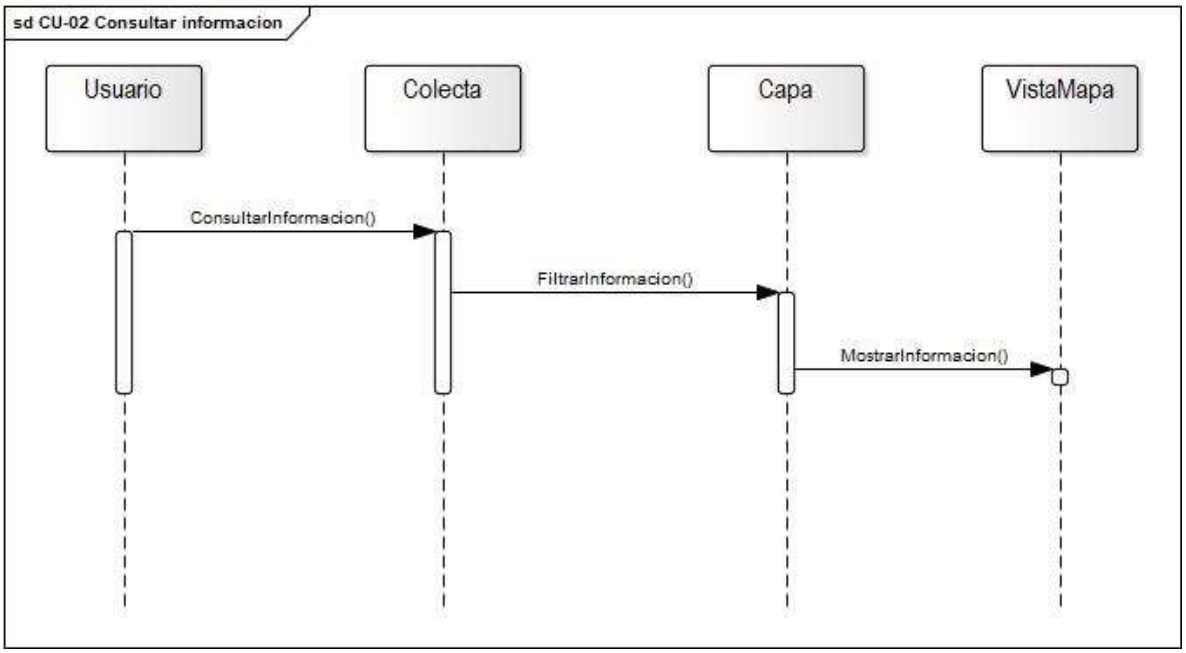


Figura 11. CU 02 Consultar Información

4.2.7 Diagrama de paquetes

El diagrama de paquetes permite organizar y agrupar las clases establecidas con el objetivo de simplificar el modelo y facilitar la comprensión de las actividades requeridas para

el desarrollo del visor geográfico, esto se realizó teniendo en cuanta la cercanía y dependencia entre las funcionalidades de cada clase. En este modelo se definieron tres paquetes, en el primero se establecieron los actores que interviene en la ejecución de visor, este paquete se denomina Usuario; el segundo contiene la vista de mapa, colecta, capa y pop-up, estos se relacionan con la información del visor y su visualización; por último, se encuentra el Formulario que contiene la conexión con la base de datos y el formulario (Figura 12).

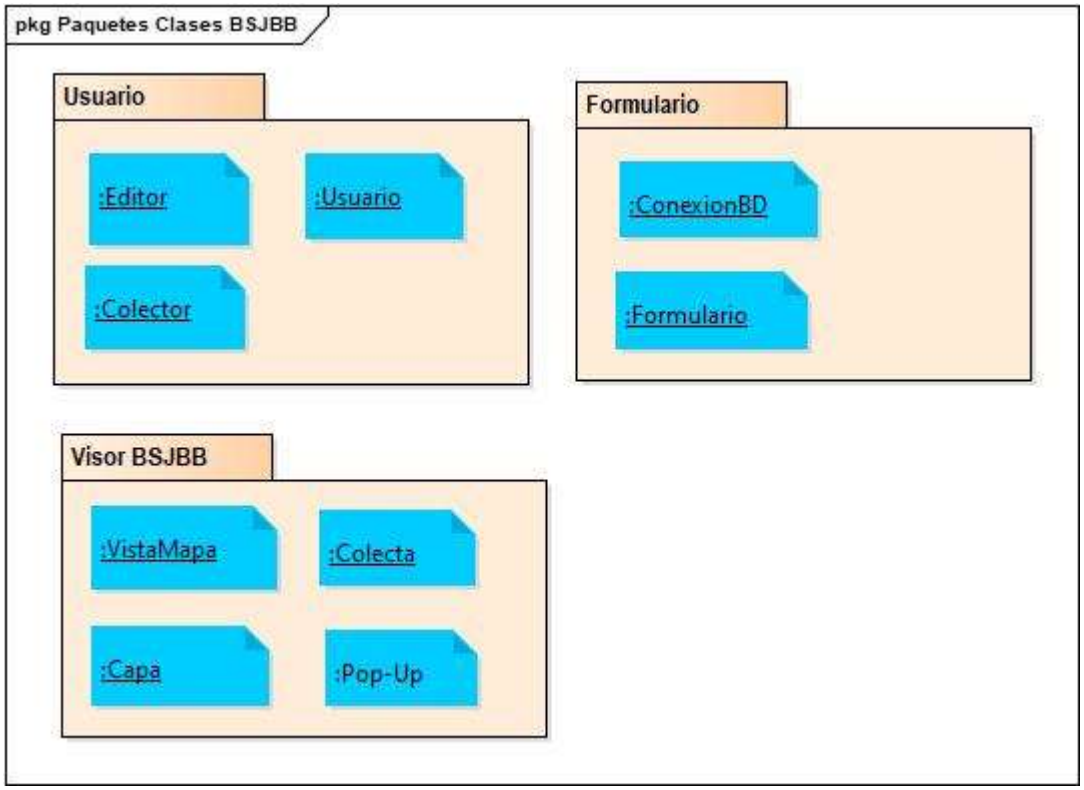


Figura 12. Diagrama de Paquetes de Clases

4.2.8 Diagrama de componentes

En el diagrama de componentes (Figura 13), podemos observar cuales son los componentes físicos que conforman el sistema del prototipo del visor geográfico BSJBB y

su interfaz, así como la relación entre estos. En este caso el diagrama se elaboró con cinco componentes principales los cuales son PostgreSQL, Visor BSJBB, ODK Aggregate, ODK Collect y Navegador Web; cada uno cos sus respectivas relaciones.

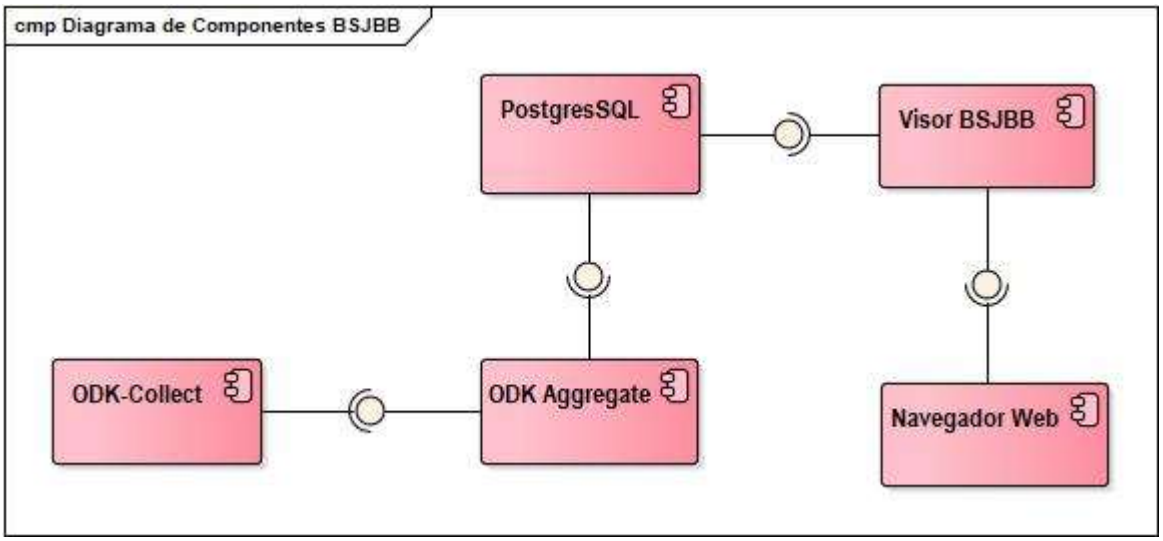


Figura 13. Diagrama de componentes

4.2.9 Diagrama de despliegue

El diagrama de despliegue nos permite representar la distribución física de los componentes del software en la red, a través de nodos, entornos de desarrollo y la comunicación entre los mismos. En este caso el diagrama del visor se compone de dos nodos principales, los cuales son Usuario con un navegador y Servidor con cuatro entornos de desarrollo diferentes los cuales son Java que abarca Android con ODK Collect, Tomcat con el Visor BS-JBB y Apache con ODK Agreggate (Figura 14).

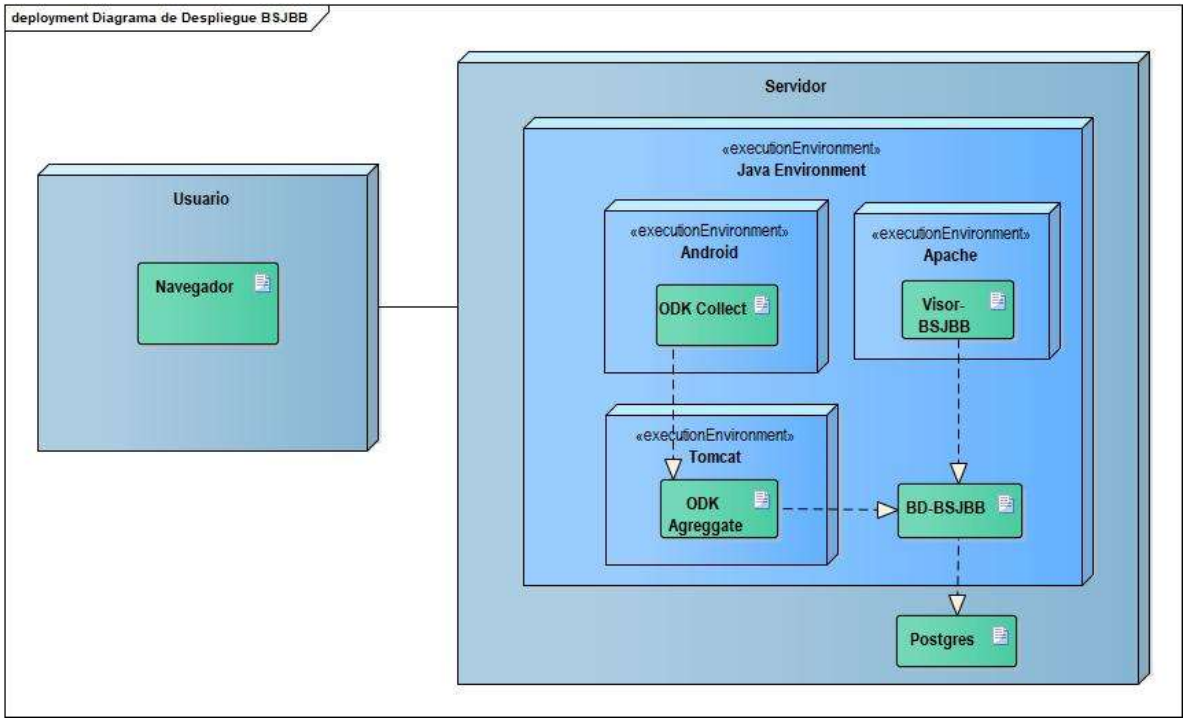


Figura 14. Diagrama de despliegue

4.3 Tercera Fase: Desarrollo del prototipo funcional

Esta fase se desarrolló en diferentes etapas iniciando por la normalización y depuración de la información proporcionada por el Banco de Semillas del Jardín Botánico, posteriormente se estructuró dicha información en una base de datos, seguido a ello, se elaboró un formulario que permite recolectar información de forma más sencilla y dinámica, así mismo se realizó la conexión entre este formulario y la base de datos. Finalmente, se establecieron las conexiones necesarias entre los componentes y se realizó la adecuación visual y de código del prototipo del visor geográfico.

4.3.1 Información:

La información proporcionada por el banco de semillas del Jardín Botánico de Bogotá, se encontraba en una base de datos en Excel, con la información que se colecta en campo, la cual está constituida por información del colector, número de referencia de la colecta, familia, género, especie, coordenadas de la accesión, fecha de recolección, y características propias de la especie, como lo es forma de crecimiento de la especie, su origen, estado de conservación y características vegetativas. Así mismo se encontró información del sitio de colecta, pendiente y el número de individuos en la población.

Al realizar una inspección más detallada de la información se encontraron errores de repetición, datos en mayúscula o minúscula, palabras con tilde y sin tilde, errores de digitación y unificación en los rangos y dominios; esto llevo a usar la primera y segunda forma normal para reducir las inconsistencias y anomalías lógicas, unificando valores de dominio consistentes para los campos de familia, género, epíteto, colección, forma de crecimiento, origen, estado de conservación, condición biológica, departamento, municipio, localidad, tipo de recipiente, tipo de material y accesión; rangos adecuados para los campos de pendiente y número de individuos de muestreo, estandarizando los datos contenidos en formatos adecuados para la base de datos como lo son la unificación del formato de fecha (YYYY-MM-DD) y la conversión de las coordenadas de latitud y longitud a coordenadas decimales para su interpretación.

Posteriormente se realizó una separación de la información en tres tablas diferentes, denominadas Registro, Especie y Colector, separando igualmente valores multivaluados en las tablas evitando inconsistencias de dominio, caso que se presentó en la tabla colector en la

cual se discriminan por campos los datos básicos y el identificador de cada uno de los colectores.

4.3.2 Base de Datos:

La información se estructuró en una base de datos utilizando el administrador de base de datos de PGAdmin versión 4.11 y BD PostgreSQL versión 11.5 y el componente ODK Aggregate.

Para lograr una adecuada integración de los componentes, en primer lugar, se utilizó el ODK Aggregate cuyo instalador produjo un archivo .war (archivo web) que contiene el código configurado de ODK Aggregate y un script "create_db_and_user.sql" para crear la base de datos, un esquema "aggregate" y el usuario que ODK utiliza para acceder a la misma.

Con esta base de datos creada se procedió a estructurar el esquema "public" de la base creada con las tablas normalizadas creando las columnas y parámetros de las variables e importando los archivos en formato .csv correspondientes a cada una de las tablas ya separadas.

4.3.3 Formulario

A través de una entrevista y validación con el usuario, se generó un formulario de colecta en campo a través de la aplicación móvil, ODK Collect, la cual permite la recolección de datos *in situ* por medio de un dispositivo móvil y posteriormente los datos son agregados en el esquema de ODK Aggregate.

Se estructuró un formulario en Excel con cada una de las preguntas, tipos de variables y las opciones de respuesta que un colector necesita para llenar la información en campo. Tiene

una estructura específica para poder ser transformado en formato .xml con los parámetros que utiliza la aplicación móvil ODK Collect para visualizar las preguntas y respuestas. (Figura 15).

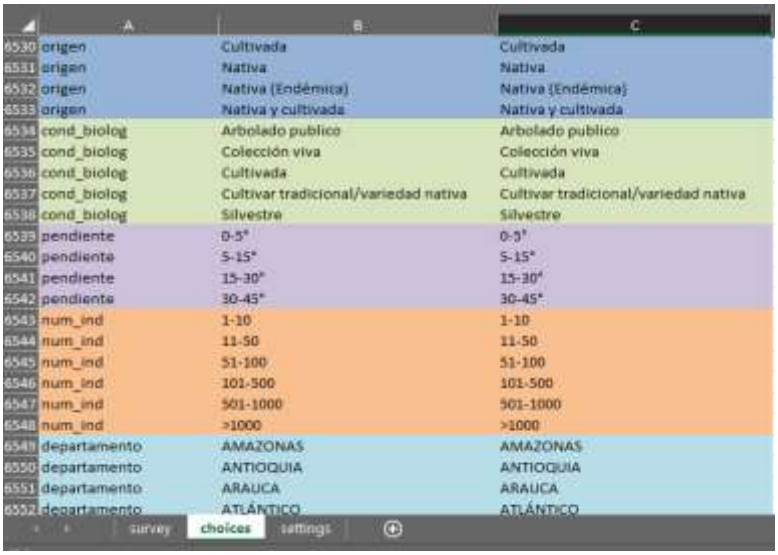


type	name	label	hint
text	coleccion	2. Indique el número de la colección	Indique el número de voucher de la colección (máximo 5 dígitos)
select_one familia	familia	3. Seleccione la familia de la acesión	
text	otro_familia	¿Cuál?	Escriba la familia en mayúsculas únicamente
select_one genero	genero	4. Seleccione el género de la accesión	
text	otro_genero	¿Cuál?	Escriba el género con la primera letra en mayúscula
select_one epiteto	epiteto	5. Seleccione el epíteto de la accesión	
text	otro_epiteto	¿Cuál?	Escriba el epíteto en minúsculas únicamente
text	nombre_comun	6. Indique el nombre común	
text	sabedor	7. Sabedor de nombre común	
select_one forma_crecim	forma_crecim	8. Seleccione la forma de crecimiento	
text	otro_forma_crec	¿Cuál?	Escriba la forma de crecimiento
select_one origen	origen	9. Seleccione el origen de la accesión	
text	fuente_adquisi	10. Indique la fuente de adquisición de la accesión	Indique por ejemplo: Arbolado público, bosque, rampo, cultivo, entre
select_one cond_biolog	cond_biolog	11. Seleccione la condición biológica de la accesión	
select_one pendiente	pendiente	12. Seleccione la pendiente	
select_one num_ind	num_ind	13. Seleccione el rango del número de individuos de la muestra	
integer	plantas_madre	14. Indique la cantidad de plantas madre	
begin group	grupo_porcent	Indique los valores de los siguientes parámetros	(Seleccione el rango adecuado, recuerde que la suma de los parámetros
range	vegetativo	15. Indique el % vegetativo	Seleccione el rango de 0 a 100%
range	yema_floral	16. Indique el % de yema floral	Seleccione el rango de 0 a 100%

survey | choices | settings

Figura 15. Formato de preguntas ODK Collect

Se adicionan, como se dijo anteriormente las opciones de respuesta en dominios que el colector pueda seleccionar y en campos de respuestas abiertas según sea requerido (Figura 16).



	A	B	C
6530	origen	Cultivada	Cultivada
6531	origen	Nativa	Nativa
6532	origen	Nativa (Endémica)	Nativa (Endémica)
6533	origen	Nativa y cultivada	Nativa y cultivada
6534	cond_biolog	Arbolado publico	Arbolado publico
6535	cond_biolog	Colección viva	Colección viva
6536	cond_biolog	Cultivada	Cultivada
6537	cond_biolog	Cultivar tradicional/variedad nativa	Cultivar tradicional/variedad nativa
6538	cond_biolog	Silvestre	Silvestre
6539	pendiente	0-5°	0-5°
6540	pendiente	5-15°	5-15°
6541	pendiente	15-30°	15-30°
6542	pendiente	30-45°	30-45°
6543	num_ind	1-10	1-10
6544	num_ind	11-50	11-50
6545	num_ind	51-100	51-100
6546	num_ind	101-500	101-500
6547	num_ind	501-1000	501-1000
6548	num_ind	>1000	>1000
6549	departamento	AMAZONAS	AMAZONAS
6550	departamento	ANTIOQUIA	ANTIOQUIA
6551	departamento	ARAUCA	ARAUCA
6552	departamento	ATLÁNTICO	ATLÁNTICO

survey | choices | settings

Figura 16. Formato de respuestas ODK Collect

El formulario se transforma a formato .xml utilizando el software ODK XLSForm Offline y el mismo se carga a la aplicación instalada de ODK Aggregate.

Al sincronizar los datos de acceso la aplicación móvil ODK Collect, descarga el formulario en blanco para ser llenado en el dispositivo móvil, permitiendo diligenciar los datos sin necesidad de conexión a internet.

El formulario ya cuenta con validaciones de obligatoriedad, restricción de tipo de dato y condicionados, de tal forma que todos aquellos campos que son necesarios para caracterizar correctamente la accesión se deben llenar para continuar a la siguiente pregunta y completar el formulario. Esta herramienta también presenta la ventaja de poder llenar múltiples veces un formulario, así como poder editar las respuestas si se ha cometido algún error, antes de proceder con su envío; el envío puede realizarse en cualquier momento en el colector seleccione la opción “enviar formularios finalizados” que se encuentra en la aplicación ODK Collect.

Una vez los datos han sido enviados se sincronizan con el ODK Aggregate, el cual los almacena en el esquema “aggregate” de la base de datos, relacionando cada pregunta con su debida respuesta.

Seguido a ello se hace uso de la herramienta Pentaho Data Integration (PDI), la cual permite vincular los datos almacenados en el esquema “aggregate” con el esquema “public” de la base de datos, creando un script programado, el cual queda habilitado para ejecutarse una vez al día para migrar los datos más recientes (comparando las fechas día a día) incluyéndolos en el esquema necesario, el cual utiliza el visor para espacializar los datos.

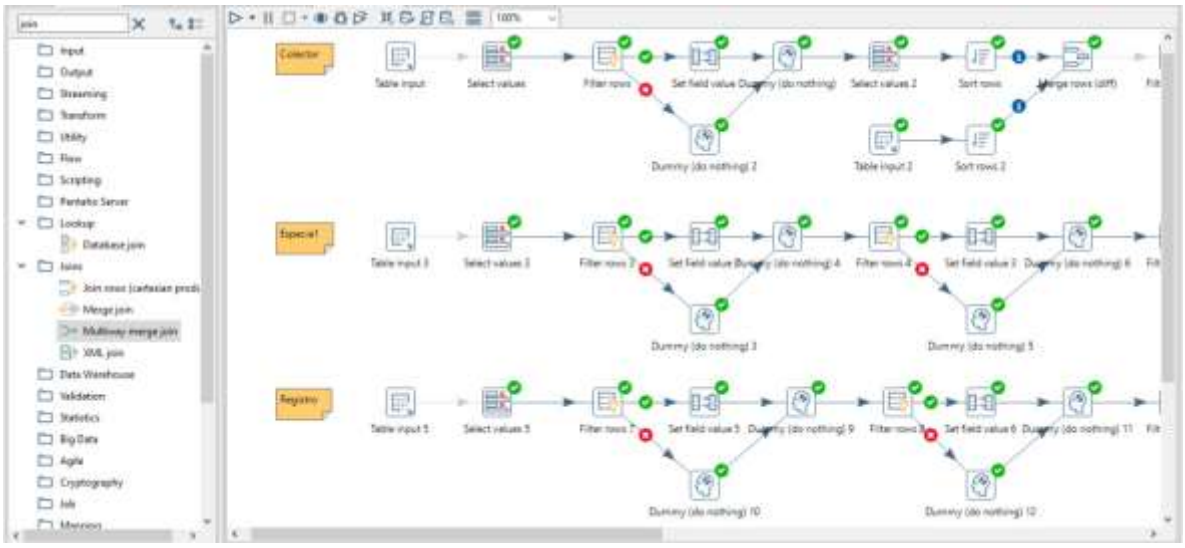


Figura 17. Pentaho

4.3.4 Prototipo del visor

Una vez han sido sincronizados los distintos componentes, se procedió a elaborar el código necesario para integrar los datos y visualizarlos, para tales efectos se emplearon los lenguajes HTML 5, JavaScript y PHP.

En primera instancia se diseñó el mapa base empleando plataforma de código abierto Mapbox, y utilizando la librería Mapbox GL JS. Esta plataforma es de código abierto y cuenta con herramientas de diseño y bibliotecas útiles para crear y personalizar mapas. Este mapa base genera un token de acceso y una URL de servicio, las cuales se utilizan en el código del visor como mapa base.

En segundo lugar, se emplea código PHP para establecer la conexión a la base de datos haciendo uso de la función pg.connect, la cual utiliza los datos de acceso para conectarse a una base en PostgreSQL. Una vez realizada la conexión, se utiliza la librería geoPHP la cual permite realizar operaciones con distintas geometrías y formatos.

Allí se introduce una sentencia en SQL, que selecciona aquellos datos que se utilizan en el visor. La librería toma las columnas de latitud y longitud que deben estar en grados decimales y construye la geometría indicándole que es de tipo punto; seguido a ello utiliza los demás campos y la geometría para estructurar un archivo en formato .geojson el cual es llamado finalmente en el script principal del visor. Allí también se genera un cierre de la conexión a la base de datos para evitar posibles vulnerabilidades de seguridad.

Finalmente se emplea la librería Leaflet 1.6.0, para construir la vista e invocar las capas del visor, como lo son el mapa base y el .geojson generado en el paso anterior, adicionalmente se utiliza la función "markerCluster" para mostrar la agrupación espacial de los puntos de colecta y generar pop-ups o marcadores de posición para cada uno de ellos con la información que el usuario puede consultar.

5. RESULTADOS

5.1 Información

La información brindada por el Banco de Semillas contiene 562 registros o accesiones con 54 familias, siendo Asteraceae, Melastomatace y Solanaceae las de mayor riqueza (Figura 18); estos datos fueron recolectados en Bogotá, Cundinamarca y Boyacá (454, 102 y 6 registros respectivamente), en 18 municipios y 14 localidades.

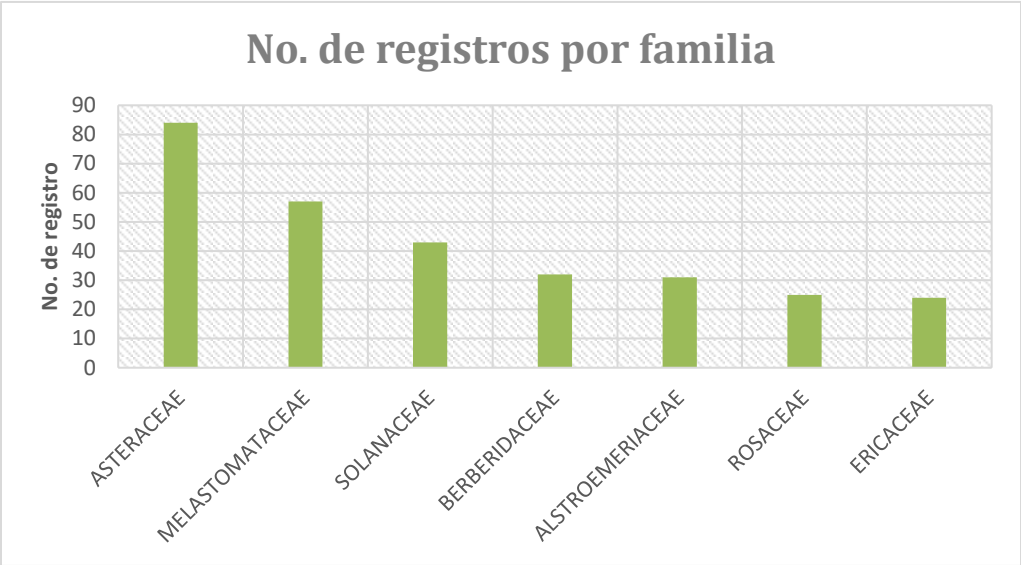


Figura 18. Número de especies presentes en el Banco de Semillas

5.2 Base de Datos

Se estructura la base de datos con dos esquemas, un esquema "aggregate" que contiene los datos del formulario que diligencian los colectores y que son sincronizados una vez enviados, a través del ODK Aggregate.

Adicionalmente, se estructura el esquema "public" (Figura 19), con las tablas Colector, Especie y Registro que contienen la información espacial y alfanumérica de cada una de las accesiones realizadas por los colectores del banco de semillas del Jardín Botánico de Bogotá.

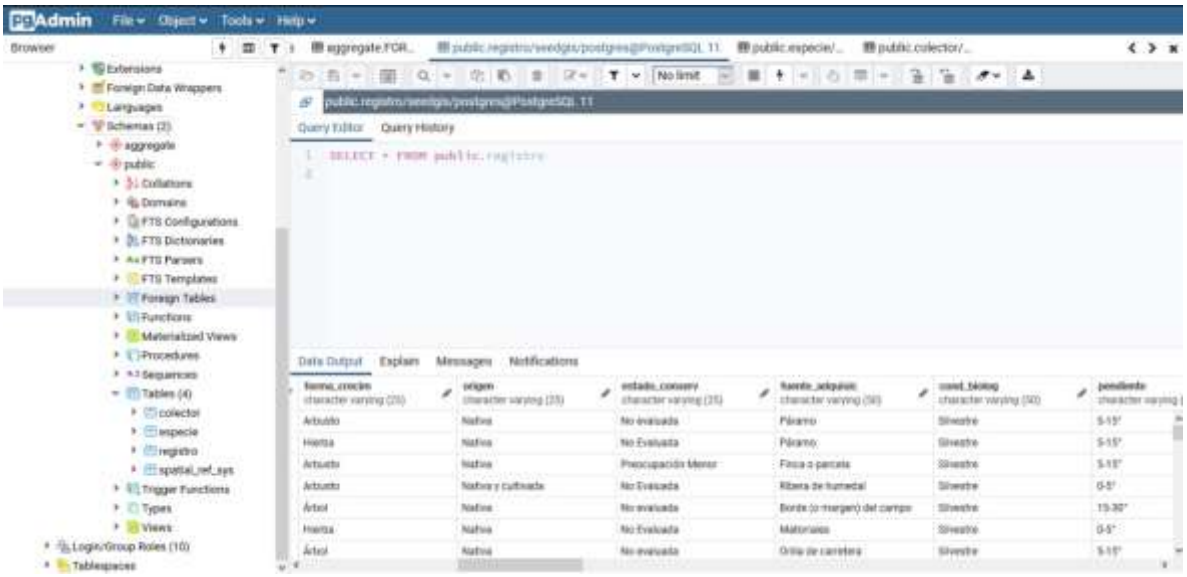


Figura 19. Base de datos

5.3 Formulario

El formulario está compuesto por 30 preguntas que recogen los datos del colector y de accesión de manera ágil y eficiente (Figura 20). La plantilla para llenar se encuentra cargada en el ODK Aggregate y se puede descargar en cualquier dispositivo que cuente con las credenciales de acceso al servidor donde esta alojada la aplicación, permitiendo realizar un control de cuentas de usuario, una autentificación según el rol de colector o editor, y un manejo de los tiempos y responsables de realizar las capturas en campo.

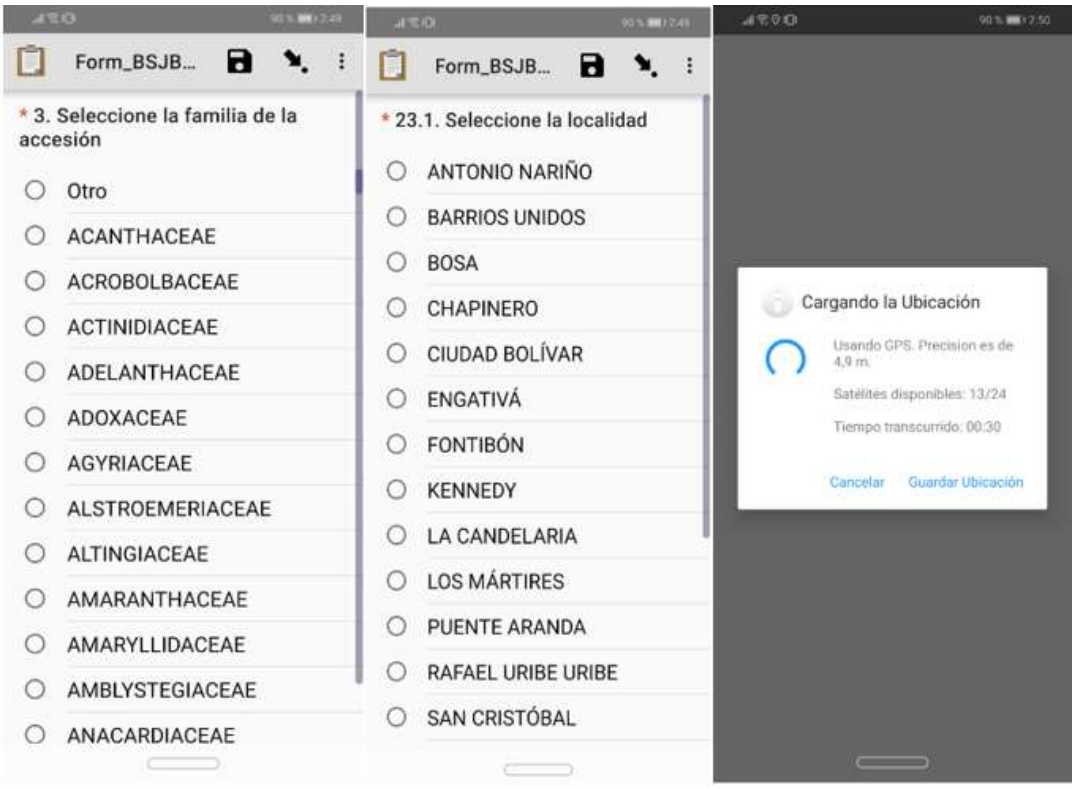


Figura 20. Formulario

5.4 Prototipo del visor

Por último, se desarrolló una interfaz gráfica que permite publicar y visualizar la información de las colectas en campo del Banco de Semillas del Jardín Botánico de Bogotá. Se generó el prototipo de un geovisor denominado Visor BSJBB (Figura 21) con un logo ilustrativo como referencia del diseño final, este visor permite que el usuario pueda visualizar e interactuar con la información geográfica de cada punto de colección, así como con la información y distribución de cada una de las especies muestreadas y almacenadas en el Banco de Semillas.



Figura 21. Vista general del visor

El visor permite navegar sobre el mapa base, desplazarse, acercase o alejarse sobre un punto especifico e identificar las coordenadas de este (Figura 21).

Adicionalmente, el usuario puede observar los puntos de colecta de forma llamativa e interactiva, ya que inicialmente estos puntos son agrupados por cercanía y se visualizan como un elemento circular que indica el número de elementos o puntos en cada grupo y a medida que se hace zoom se ajustan los grupos con respecto de la vista actual, cuando un grupo solo presenta un elemento, este se muestra como un marcador azul de ubicación (Figura 22). Esto le brinda al mapa mayor eficiencia y facilidad de interpretación por parte del usuario.



Figura 22. Vista de mapa

Este prototipo funcional le proporciona al usuario toda la información de un punto de colecta especifico, cuando este ubique el cursor y seleccione el marcador azul que indica la ubicación geográfica del punto de colecta, se despliega un pop-up que contiene información como el nombre del colector, el número de la colección y la fecha de colecta; información referente a la especie colectada como su familia, nombre científico y nombre común, el sabedor de este, su origen, y forma de crecimiento; y por último la información pertinente al sitio de colecta como su pendiente, el departamento, municipio y localidad donde se encuentra, la vereda, sitio o centro poblado y su altitud (Figura 23).



Figura 23. Información asociada a un punto de colecta

El prototipo cuenta con un manual de usuario que brinda una guía acerca del funcionamiento del formulario y del prototipo del visor, además de un manual de instalación que contiene el procedimiento para ejecutar e integrar apropiadamente los componentes (Ver Anexos).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo del prototipo funcional del visor web permitió utilizar conceptos, herramientas y componentes de los Sistemas de Información Geográfica y software libre para capturar organizar y espacializar la información de las poblaciones de especies nativas y silvestres colectadas por el Banco de Semillas del Jardín Botánico de Bogotá.

Este desarrollo involucró un diagnóstico de necesidades y potencialidades identificadas en el cambio de un registro manual a un proceso automatizado mediante una aplicación móvil que minimiza los errores en la toma de datos, agiliza la captura de los mismos y permite

convertirlos a datos estructurados para su posterior análisis; así mismo, potenció la organización y reestructuración de la información alfanumérica y espacial con que se cuenta actualmente en una base de datos relacional con un Gestor de Bases de Datos de código libre que proporciona un rápido acceso a los datos, integridad, seguridad, escalabilidad y estabilidad de los mismos.

De igual manera, se diseñó una interfaz de visualización y consulta sencilla pero bastante intuitiva que permite tanto a usuarios como a colectores y editores visualizar la información geográfica de cada una de las muestras recolectadas, pero con el valor agregado de mostrar la distribución espacial a través del uso de clústers, los cuales muestran las áreas geográficas que requieren una mayor atención para realizar colectas de especies cuyas semillas sean objeto de preservación y catalogación.

Este prototipo facilita la interpretación de la información de las accesiones conservadas en el banco de semillas del JBB, introduciendo herramientas de las tecnologías de la información y la comunicación con el fin de generar un impacto sobre la dimensión ambiental, es por ello que esta herramienta se convierte en la coyuntura que a futuro permitiría la integración del banco de semillas a distintas dependencias y líneas del Jardín, de manera que todo el conocimiento científico pueda plasmarse a través de este tipo de tecnologías.

A futuro, una vez se implemente este visor en el Banco de Semillas y contando con los servicios con los que cuenta el Jardín, es posible escalar las configuraciones de la base de datos, para acoger información que provenga de otras dependencias de la entidad, así como la creación de un dashboard que permita la gestión de la información geográfica como un

módulo extendido del visor, facilitando a los funcionarios una interacción más accesible y fácil con la herramienta. De igual manera se recomienda considerar un espacio de almacenamiento mayor a posteriori, que permita vincular a la captura, imágenes de las especies de manera tal que al consultar la información se visualice también una representación gráfica de la especie de la cual se realiza el muestreo.

En segunda instancia, gracias a la retroalimentación de los funcionarios que observaron la herramienta, se recomienda extender un formulario para el proceso de valoración y análisis en laboratorio de las semillas, gracias que esta herramienta también permite realizar cálculos según los valores seleccionados, agregando mayor potencialidad a la herramienta de captura y por ende a la gestión de la información en la base de datos.

7. AGRADECIMIENTOS

Son varias las personas que contribuyeron en la elaboración de este trabajo. Inicialmente agradecemos a la subdirección científica, a Ricardo Arturo Pacheco coordinador de la línea de especies y propagación del Jardín Botánico de Bogotá por brindarnos la oportunidad de elaborar este trabajo, al investigador del Banco de Semillas, Carlos Iván Suarez Ballesteros quien nos brindó la información empleada en este trabajo, la cual es un compendio de varios años de trabajo de diferentes contratistas, su asesoría, guía y colaboración en la depuración de la información y elaboración de los resultados de este proyecto. De igual forma agradecemos a Cristian Castañeda, que con sus conocimientos y apoyo contribuyó en el proceso de estructuración y culminación del proyecto.

Gracias a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por ofrecernos un espacio de formación y a cada uno de los docentes por el conocimiento compartido; así mismo gracias a nuestros padres y familiares quienes nos acompañaron a lo largo de este proceso.

8. BIBLIOGRAFÍA

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (s.f.) *Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales.* http://portal.anla.gov.co/permiso-estudio-recoleccion-especimenes-especies-silvestres-diversidad-biologica-fines-elaboracion (accessed Sep, 2019).

Bacchetta, G., Fenu, G., Mattana, E., Bueno Sanchez, A., Jiménez, B., Piotto, B., & Virevaire, M. (2008). *Conservación ex situ de plantas silvestres*. Oviedo: Jardín Botánico Atlántico/ Principado de Asturia.

Caballero, R., Brambilla, L., Civico, S., Núñez, G., (2007). SPIGVE *Sistema de Publicación de Información Geográfica Mediante Gráficos Vectoriales Basadas en Arquitecturas Cliente Servidor*, en IX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación: Trelew, Chubut, Argentina, UNPSJB Facultad de Ingeniería–Red UNCI, 519–524.

Campos, M., Toscana, A., Monroy, J., & Reyes, H. (2011). *Visualizador Web de información cartográfica de amenazas naturales.* Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 63(1), 71-82

Cobo, A. (2007). *Diseño y programación de base de datos.* Madrid: Vision Libros.

Convention on Biological Diversity, (2014). *Technical background document in support of the mid-term review of the global strategy for plant conservation*. Botanic Gardens Conservation International, Richmond, UK.

De Viana, M., Morandini, M., Giamminola, E., & Diaz, R. (2011). *Conservación ex situ: un banco de germoplasma de especies nativas*. Instituto de Ecología y Ambiente Humano, *1*(1), 7.

Di Sacco, A., Way, M., Léon, P. & Suarez, C. (2018) *Manual de recolección, procesamiento y almacenamiento de semillas de plantas silvestres.* Royal Botanic Gardens Kew. V 1.2

Doria, J. (2010). *Revisión bibliográfica: generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento.* Cultivos Tropicales, 31 (1), 74-85.

Gold, K., León, P., & Way, M. (2004). *Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica*. La Serena, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi.

https://www.kew.org/science/collections-and-resources/data-and-digital/tools/geocat-links (accessed Sep, 2019).

Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. (s.f.) *Especies y propagación.* http://www.jbb.gov.co/index.php/especies-y-propagacion (accessed Sep, 2019).

Marín, C. & Parra, S. (2015). *Bitácora de flora: Guía visual de planta de páramos de Colombia.* Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

National Center for Geographic Information and Analysis (s.f) http://www.ncgia.ucsb.edu/ (accessed Sep, 2019)

Royal Botanic Gardens, Kew (s.f.) *GeoCAT links. Useful links for the GeoCAT tool*.

The New York Botanical Garden (s.f.) *Geographic Information Systems.* https://www.nybg.org/plant-research-and-conservation/tour/geographic-info-systems/ (accessed Sep, 2019).

Varela, S., & Arana, V. (2010). *Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos.* Sistemas Forestales Integrados. Bariloche: INTA Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

9. ANEXOS

9.1 Cronograma de actividades

9.2 Script resumen de visualización del prototipo