DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COLECCIÓN ENTOMOLÓGICA FORESTAL DE LA FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

LEIDY ESPERANZA RAMÍREZ ORTIZ

DIEGO LEON QUEBRADA ARISTIZABAL



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

INGENIERÍA TOPOGRÁFICA

BOGOTÁ D.C.

SEPTIEMBRE 2017.

DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COLECCIÓN ENTOMOLÓGICA FORESTAL DE LA FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

LEIDY ESPERANZA RAMÍREZ ORTIZ
CÓDIGO: 20121032027

DIEGO LEON QUEBRADA ARISTIZABAL
CÓDIGO: 20121032013

PROYECTO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO TOPOGRÁFICO.

DIRIGIDO POR
JOSÉ MIGUEL CEPEDA RENDÓN

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

INGENIERÍA TOPOGRÁFICA

BOGOTÁ D.C.

SEPTIEMBRE 2017.

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN. 6

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. 12

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO 14

3. OBJETIVOS. 16

3.1. GENERAL. 16

3.2. ESPECIFICOS. 16

4. MARCO TEÓRICO 17

4.1. COLECCIONES BIOLÓGICAS 17

4.2. ENTOMOLOGÍA 19

4.4. BASE DE DATOS 25

4.5. BASE DE DATOS ESPACIAL 27

4.6. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) 28

4.7. MODELO TRIDIMENSIONAL 32

5. METODOLOGÍA. 34

5.1. DIAGRAMA DE FLUJO 34

5.2. ACTUALIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS. 35

5.3. MODELADO EN TERCERA DIMENSIÓN (3D). 37

5.3.1. CONSTRUCCIÓN DE LOS PROTOTIPOS DE BASES GIRATORIAS. 39

5.3.2. TOMA DE LAS FOTOGRAFÍAS. 44

5.3.3. CREACIÓN DE LOS MODELOS 3D. 55

5.4. DISEÑO DEL SIG. 59

5.5. CONEXIÓN DEL SIG CON EL VISUALIZADOR 62

6. RESULTADOS 68

7. CONCLUSIONES 75

8. BIBLIOGRAFÍA. 79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Número de Fotografías por espécimen (insectos pequeños) 38
Tabla 2 Número de Fotografías por espécimen (insectos grandes) 39

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Muestra de la base de datos.....36
Ilustración 2 Prototipos de las bases en sus 3 tamaños 40
Ilustración 3 Bases escogidas para la realización del proyecto.....41
Ilustración 4 Primer modelo de la base (sin microporosa) 42
Ilustración 5 Base adecuada con fomi y microporosa 43
Ilustración 6 Base con las respectivas marcaciones laterales.....44
Ilustración 7 Enfoque con el estereoscopio.....46
Ilustración 8 Escenario adecuado para la toma de las fotografías 46
Ilustración 9 Iluminación del estereoscopio para la toma de las fotos.....47
Ilustración 10 Toma fotográfica con Remote Capture.....48
Ilustración 11 Giro de la base para la siguiente fotografía 49
Ilustración 12 Proceso de toma de las fotos.....49
Ilustración 13 Selección del espécimen.....50
Ilustración 14 Selección del espécimen.....51
Ilustración 15 Escenario para la toma de los insectos grandes 52
Ilustración 16 Espécimen ubicado en la base giratoria.....53
Ilustración 17 Escenario optimizado para la toma de fotografías 53
Ilustración 18 Trabajo con apoyo del director del proyecto.....54
Ilustración 19 Interfaz de trabajo Web Rotate 360 (Spot Editor) 55
Ilustración 20 Creación del proyecto en Web Rotate 360 56
Ilustración 21 Creación de modelo - vista frontal.....57
Ilustración 22 Creación del modelo - vista lateral 57
Ilustración 23 Visualización del espécimen en el navegador edge 58
Ilustración 24 Vínculo entre el SIG y el visualizador 60
Ilustración 25 SIG en ArcGIS Online.....61
Ilustración 26 Creación del dominio en Byethost.....63
Ilustración 27 Software FILEZILLA - Transferencia de datos 64
Ilustración 28 Configuración del complemento de Web Rotate 360 para Wordpress 65
Ilustración 29 Código de programación para la publicación del modelo.....66
Ilustración 30 Página principal del visualizador.....66

Ilustración 31 Visualizador en línea 67
Ilustración 32 Visualización del SIG en un dispositivo móvil 69
Ilustración 33 Selección de un espécimen en el mapa 71
Ilustración 34 SIG con análisis por distribución de familia 72
Ilustración 35 Análisis de densidad de población 73
Ilustración 36 Superposición de la distribución por familia y la densidad de población 74

INTRODUCCIÓN.

Las colecciones científicas son aquellos lugares en donde reposan organismos de flora y fauna, en estos sitios el objetivo principal es la conservación de las especies una vez son extraídas de su hábitat natural, esto es posible gracias a la investigación, la difusión y la docencia, no tienen ánimo de lucro y están abiertas a todo público, con el fin de servir a la comunidad educativa y la sociedad en general. (Rodriguez, et al, 2005)

Dentro de las colecciones científicas existe una subdivisión que corresponde a las colecciones biológicas, integradas por grupos de organismos o partes de estos, los cuales se organizan de modo que se pueda consultar información relacionada con su procedencia, recolección e identificación de cada uno de sus especímenes; este tipo de colecciones son de gran importancia, debido a que, muestran la enorme riqueza en biodiversidad del patrimonio natural, ya que, constituyen la memoria histórica, así como lo son las bibliotecas y bancos de datos para el hombre, razón por la cual deben ser protegidas, mantenidas y curadas debidamente para garantizar su permanencia en el tiempo. (Rodriguez, et al, 2005).

Las colecciones biológicas se encuentran clasificadas en cuatro categorías, las cuales son: botánicas y herbarios, invertebrados, entre las que se encuentran las colecciones entomológicas, vertebrados y colecciones vivas. (Acolado et al. 2016).

En el año 2000 el ministerio de medio ambiente, vivienda y desarrollo territorial colombiano, expidió el decreto 309 acerca de la investigación científica de la biodiversidad en el territorio nacional, además ese mismo año emitió la resolución 1115 por medio de la cual se determina el procedimiento para el registro de las colecciones biológicas con fines de investigación científica.

El registro único nacional de colecciones biológicas, RNC es un instrumento que busca consolidar, difundir y visualizar la información básica sobre las colecciones biológicas. El reconocimiento y uso de la información disponible, permiten la gestión de la biodiversidad y los servicios ecosistémico. **En el país están registradas** 208 colecciones biológicas, las cuales poseen alrededor de 6 millones de ejemplares en 25 departamentos.

En Colombia existe una colección entomológica propiedad de la universidad Distrital Francisco José de Caldas, recibe el nombre de colección entomológica forestal (CEFUD), es operada por el laboratorio de sanidad forestal de la universidad, el cual cuenta con elementos, equipos e insumos especializados, para desarrollar actividades de investigación y docencia, en campo y oficina en todo lo relacionado con el área de fitosanitaria forestal, en esta colección podemos encontrar especímenes recolectados en bosques y plantaciones, como resultado de proyectos de investigación tanto propios como en asociación con otras instituciones.

La colección mencionada anteriormente, se encuentra en el registro único nacional de colecciones biológicas, RNC y tiene las siguientes características:

- Tipo de colección: Preservado.
- Fecha de registro de la colección: 10 de agosto de 2001 a las 00:00:00 horas.
- Acrónimo: CEFUDFJC.
- Año de fundación: 1995.
- Sistematización y publicación: Base de datos en hojas de cálculo con códigos de barras. La colección se encuentra en proceso de articulación para poder ser cargada a la Base Specify.
- TIPOS EN LA COLECCIÓN ¿La colección cuenta con ejemplares tipo? Sí.
- NIVEL DE CATALOGACIÓN, SISTEMATIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN.
- Grupo biológico: Invertebrados.
- Subgrupo biológico: Insectos.
- No. Ejemplares: 4000.
- Ejemplares catalogados 95 %.
- Ejemplares sistematizados 0 %.
- Ejemplares identificados solamente al nivel de filo 0 %.
- Ejemplares identificados solamente al nivel de orden 0 %.
- Ejemplares identificados solamente al nivel de familia 90 %.
- Ejemplares identificados solamente al nivel de género 4 %.
- Ejemplares identificados solamente al nivel de especie 6 %.

- Nombre de la colección: Colección Entomológica Forestal Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", correspondiente a la Colección No. 45.

En la actualidad se cuenta con un Software de gestión de bases de datos que funciona a nivel internacional, recibe el nombre de Specify, esta es una aplicación que funciona mediante una plataforma web, en la cual es posible hacer la gestión de datos de colecciones biológicas, en las que reposa información sobre la ubicación, el número de especímenes que contienen, los grupos biológicos a los cuales pertenecen, entre otros aspectos propios de cada especie; esto se da gracias a la información que auto declaran periódicamente las organizaciones o personas que administran las colecciones biológicas que contiene la plataforma.

Las colecciones entomológicas pueden integrarse con distintas herramientas de análisis con el fin de hacer su labor más completa, una de estas herramientas son los Sistemas de información geográfica, los cuales nos brindan los instrumentos necesarios para articular distintas bases de datos e información geográfica entre sí, gracias a esto es posible hacer análisis espaciotemporales. Los SIG facilitan la labor de realizar análisis, consultas, estudios, lo que hace más sencillo la toma de decisiones y la búsqueda de soluciones a los problemas que se presenten.

Un SIG es un “sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de

planificación y gestión” (National Center for Geographic Information and Analysis de USA, 1990 citado en (Del Bosque González, 2012)).

Según Armando Guevara (1992) La distinción entre un SIG y un sistema de información convencional es que un SIG maneja información bajo un concepto espacial dentro de un marco de referencia geográfico. Por lo tanto, un SIG se distingue por manejar entonces una base de datos espaciales. Por consiguiente, la base de datos va a representar uno de los componentes más importantes en la implementación del SIG. En este sentido el componente principal de un SIG es el dato espacial y su plano de orientación es la superficie de la tierra.

Con el fin de facilitar la actualización y el manejo de la información de la colección entomológica Forestal de la Facultad del Medio Ambiente y recursos Naturales de la Universidad Distrital se pretende diseñar, elaborar y poner en funcionamiento un Sistema de Información Geográfica, donde se contenga la información de la colección entomológica, por medio, de la adecuación de la base de datos existente, que se acople con las especificaciones del software Specify, con el fin de incorporarla a esta plataforma gestora de colecciones biológicas.

Por medio de este SIG se busca tener una herramienta donde no solamente se tenga acceso a información entomológica, sino también a información geográfica y espacial de cada espécimen que compone la colección, dando esto lugar a una multitud de análisis dentro de los cuales se encuentran estudios de biodiversidad,

vectores de enfermedades, monitoreo de cambios ambientales, entre otros, (Ramirez & Bernal, 2005). Esta herramienta será complementada con un aplicativo de visualización en tercera dimensión, que permita el acceso a esta información de una manera más dinámica y sencilla.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los insectos constituyen el grupo más diverso y más amplio del planeta, a ciencia cierta no se sabe exactamente cuántas especies de insectos existen, pero se estima, que aproximadamente constituyen algo más del 50% de los seres vivos que habitan en la tierra en la actualidad (EcuRed, 2016), por tal motivo, el manejo de la información acerca de estos se hace complicada debido al gran volumen de datos que se generan para el estudio de la fauna entomológica, por lo anterior, se hace necesario utilizar herramientas que permitan agrupar y clasificar dicha información, para poder consultarla de manera más sencilla, rápida y eficiente.

Existe gran cantidad de información entomológica en Colombia, gracias al clima tropical y la ubicación geográfica del país, debido a esto, manejar tan amplio volumen de información resulta complicado, ya que los estudios que se han hecho en este campo son bastantes, y en la actualidad se tiene mucha información importante, lamentablemente se encuentra desorganizada, por eso, desde hace algún tiempo se han venido utilizando bases de datos para la organización y posterior manipulación de dicha información; aunque esto no se ha desarrollado a plenitud, es un buen comienzo para poder organizar y mantener la información acerca de las especies entomológicas en el país.

El incorrecto manejo y almacenamiento de la información entomológica podría desencadenar en la pérdida de esta, y por ende la pérdida de varios años de investigación por parte de personas e instituciones que se dedican es estos estudios, por eso es importante recoger esta información para almacenarla y organizarla de tal manera que perdure en el tiempo y se tenga fácil acceso a esta.

El principal problema que se tiene actualmente con la colección CEFUD, es el acceso a la información que allí reposa por parte de los estudiantes de la Universidad Distrital, ya que únicamente pueden hacerlo de manera presencial, lo que en ocasiones resulta en un proceso tedioso, en consecuencia, se ve la necesidad de crear una herramienta que brinde a los estudiantes la posibilidad consultar esta información a través de un SIG online que les permita ver en un mapa los lugares en donde fueron recolectados los insectos, y al hacer clic en alguno de estos lugares, se despliegue toda la información disponible debidamente clasificada y organizada de cada uno de los especímenes que tienen relación con esa ubicación, adicionalmente que pueda hacerse este proceso de manera contraria, de modo que cuando el usuario busque algún espécimen en específico, pueda observar su información biológica, y también se aprecie su lugar de recolección por medio de coordenadas y de un marcador en el mapa, y como valor agregado se busca la posibilidad de adecuar al SIG un visualizador 3D que permita ver cada espécimen de manera más realista e interactuar con él.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

La importante labor de hacer y mantener las colecciones biológicas hace necesario idear maneras que permitan un manejo más sencillo para estas, ya que las funciones que nos brindan son diversas, ya que es posible documentar el patrimonio y diversidad de un país o región a lo largo del tiempo, a través de la información de sus especímenes y datos que se asocian a estos, este tipo de colecciones aportan información científica que puede ser utilizada en distintas investigaciones, adicionalmente gracias a estas colecciones es posible transmitir conocimientos a través de las generaciones, además que las actividades que con estas se desarrollan no solo tienen fines netamente científicos y académicos, sino también económicos y sociales. (EcuRed, 2016)

Las bases de datos son una herramienta de gran utilidad a la hora de realizar el proceso de automatización para las colecciones entomológicas, con estas es posible organizar la información de manera sistemática para ponerla al servicio de la sociedad y la ciencia para actuales y futuras generaciones, además la automatización de las colecciones a través de un programa único, como lo es el software Specify, que facilita la comunicación y apoyo entre las mismas, agiliza la extracción e intercambio de la información contenida en ellas, contribuye a su conservación, ya que disminuye la manipulación directa de los ejemplares y les evita daños físicos, adicionalmente hace más fácil la búsqueda de la información evitando

la complicada tarea de consultar inventarios, (EcuRed, 2016), ya que con unos simples pasos es posible generar un despliegue de la información de interés.

La automatización de la información por medio del SIG, permite que se avance en el tema de la conservación y mantenimiento de la colección y los especímenes que en esta reposan, con la implementación de este sistema, será posible acceder a la información entomológica y realizar estudios, análisis y confrontaciones, sin la necesidad de realizar manipulación directa de los especímenes, lo que disminuye el deterioro o pérdida del elemento, razón por la cual no se hace necesario el reemplazo del ejemplar y se logra la preservación de la gran mayoría de los elementos de la colección por un tiempo prolongado.

Debido al gran volumen de información que se tiene en la colección entomológica del laboratorio de ingeniería forestal de la universidad Distrital Francisco José de Caldas, se busca implementar un SIG enfocado a la entomología, que permita almacenar y clasificar la información de la colección de forma automática, por medio de la articulación de información biológica de los insectos y demás especímenes que componen la colección, con su respectiva localización; lo que facilitara la identificación y consulta de las diferentes especies de las cuales se tiene registro.

3. OBJETIVOS.

3.1. GENERAL.

Diseñar un Sistema de Información Geográfica, que permita obtener la representación espacial y gráfica mediante modelado 3D de los insectos almacenados en la base de datos de la colección entomológica del laboratorio de sanidad forestal de la Universidad Distrital.

3.2. ESPECIFICOS.

- Actualizar la base de datos existente en concordancia con las especificaciones de la plataforma Specify con la finalidad de integrarla a esta.
- Modelar en tercera dimensión de los especímenes, para articularlos al sistema de información geográfica.
- Facilitar la visualización e interacción en 3D de los especímenes.

4. MARCO TEÓRICO.

Los pocos SIG que se han realizado de entomología han sido enfocados a analizar los comportamientos e incidencias que tiene una especie en particular, sobre terrenos, cultivos agrícolas o la salud humana, con el fin de llevar a cabo un control de plagas y generar estrategias para la solución de dichos problemas. En estos, no se tiene información completa acerca da las especies de alguna región en específico, por eso se hace necesario agrupar la información que está almacenada en las colecciones biológicas, en un SIG más completo.

4.1. COLECCIONES BIOLÓGICAS

Las colecciones biológicas son depositarios de biodiversidad, que puede entenderse como riqueza, abundancia y variabilidad de especies, comunidades y procesos ecológicos, son archivos que contienen información de la vida pasada y presente del planeta, que sirve como instrumento de estudio para las diferentes ramas de la biología. El trabajo que se relaciona directamente con las colecciones biológicas consiste en la recolecta, preparación, identificación, curación y actualización taxonómica de los ejemplares, (Acolado et al, 2016).

Las colecciones biológicas se dividen en cuatro grandes categorías, que se presentan a continuación:

1. Botánicas y herbarios: dentro de esta categoría podemos incluir algas, hongos y plantas.

2. Invertebrados: invertebrados marinos, invertebrados terrestres y **entomológicas.**

3. Vertebrados: Peces, anfibios, réptiles y mamíferos.

4. Colecciones vivas: Ceparios, jardines botánicos, herpetarios, acuarios y zoológicos. (Acolado *et al,* 2016).

Colombia es reconocida internacionalmente, como un país mega diverso, el cual alberga el 10 % de la biodiversidad del planeta, representando actualmente, un 20 % del total de aves del mundo, 7 % de mamíferos terrestres y 6 % del total de reptiles (FIERRO, 2012, citado en Ossa *et al,* 2016). En el país están registradas 208 colecciones biológicas las cuales poseen alrededor de 6 millones de ejemplares en 25 departamentos.

La importancia de estas colecciones biológicas recae en el aporte de información necesario para la consolidación de un Inventario Nacional de la Biodiversidad (SIB Colombia; HUMBOLDT; COLCIENCIAS, 2016, citado en Ocampo, Trabajo de grado, 2016).

4.2. ENTOMOLOGÍA

En términos científicos, la entomología es la ciencia encargada del estudio de los animales artrópodos, conocimiento que surge desde análisis ecológicos (de campo o laboratorio, de poblaciones, comunidades, evolutivos, energéticos, entre otros) y anatómicos (estudios de laboratorio: anatómicos, organográficos, histológicos, fisiológicos); presentando un previo estudio taxonómico, el cual generará la información de clasificación de las especies. Esencialmente, esta ciencia se divide en básica y aplicada: la básica estudia los procesos de obtención de información, y la aplicada se encarga del desarrollo de los estudios de dicha información. (Cáceres Aroca, et al, Trabajo de Grado, 2015)

La agricultura ha sido uno de los pocos sectores que han hecho uso de los SIG aplicados a entomología, para poder hacer un control de las especies que transmiten plagas y afectan sus cultivos. No obstante, cabe destacar que existen otras ciencias, que hacen de la entomología, una herramienta de investigación y solución de problemas, como lo es la medicina, la ciencia forense, la economía, la zoología, entre otras; pero en la actualidad no se cuenta con SIG que agrupe todas las especies en un solo sistema.

Las diversas ramas de la entomología, están clasificadas de acuerdo con el área y objeto de estudio así:

- Entomología general.
- Entomología agrícola.
- Entomología económica.
- Entomología médica.
- Entomología forense.

Entomología general: La entomología general es la que se ha venido tratando durante el presente documento, la cual tiene como objetivo el estudio generalizado de los insectos, vista desde la rama de la zoología, es decir, abarca todo lo concerniente a su morfología, su reproducción y desarrollo, sus órganos y funciones vitales, además de su clasificación.

Entomología agrícola: Esta es la rama de la entomología que se encarga de analizar los insectos que son perjudiciales para los distintos tipos de plantas que el hombre cultiva, o aquellas nativas de las cuales el hombre hace uso, además de estudiar este tipo de insectos, la entomología agrícola estudia las especies que aportan beneficios, entre las cuales podemos encontrar aquellas que combaten las plagas, parásitos y predadores.

Entomología Económica: Parte de la entomología que busca estudiar los insectos de acuerdo a su importancia económica, este tipo de entomología tiene en cuenta los beneficios o afectaciones que estas especies puedan causar**,** dentro de esta rama podemos incluir también la entomología agrícola.

Entomología Médica: Esta rama de la entomología se dedica a estudiar las especies de insectos que perjudican de una u otra manera al ser humano y a ciertas especies de animales, por medio del contagio de enfermedades, generando molestias o algún tipo de trastorno.

Entomología Forense: Este tipo de entomología se encarga del estudio de las especies de insectos relacionadas con cadáveres, que se basa en la sucesión ecológica de los artrópodos que están presentes en estos, por medio, de diferentes cálculos para cuantificar la reproducción de ciertas moscas, todo esto con el fin de determinar el momento de la muerte de una persona o animal, así como el traslado de los mismos si es que lo hubiese. (EcuRed, 2016).

4.3. COLECCIÓN ENTOMÓLOGICA

En una colección entomológica es donde se resguardan gran cantidad de ejemplares de insectos, debidamente clasificados y bajo estrictas condiciones de preservación. Las colecciones entomológicas constituyen un archivo histórico natural de un país o región, donde la preservación de los especímenes y su información asociada, son la base para estudios taxonómicos, ecológicos, filogenéticos y biogeográficos. (Montaño, et al, 2012). La colección entomológica de la universidad Distrital Francisco José de Caldas cuenta con el depósito de especímenes de referencia desde el año 1995, a pesar de la antigüedad y el tamaño de esta, dicha colección se encentra en proceso de automatización por medio de una base de datos espacial con el fin de tener un registro más controlado y de fácil acceso a esta.

Una colección entomológica debe cumplir 3 objetivos fundamentales, uno de ellos es la investigación científica donde la preservación de los especímenes y su información asociada, son la base para estudios taxonómicos, ecológicos, filogenéticos y biogeográficos, de genética de poblaciones y de conservación de especies. (Cruz, 2014)

Otro de los objetivos fundamentales de las colecciones entomológicas es la educación y la exhibición, donde sirven para acercar el mundo natural y la enorme diversidad de especies existentes a los jóvenes, y al público en general, además para incentivar su amor por todas las formas de vida y mostrar el rigor científico y la metodología con que han de realizarse, para servir al propósito para el que fueron creadas.

Además, las colecciones juegan un papel esencial como testigos de la fauna de áreas que sufren perturbaciones humanas o están en vías de desaparición. Estos aspectos permiten que las colecciones sean esenciales en los campos de la sistemática, evolución, genética y biodiversidad. (Cruz, 2014)

Existes distintos tipos de colecciones entomológicas que varían de acuerdo a su objetivo.

COLECCIÓNES ENTOMOLÓGICAS SISTEMÁTICAS: Con este tipo de colecciones lo que se pretende es reunir un conjunto de individuos que represente la mayor parte de especies de insectos de un continente, pías, área, región o las especies de uno o varios ordenes o familias, estas colecciones deben ordenarse de acuerdo a un patrón sistemático o evolutivo.

COLECCIONES ENTOMOLÓGICAS SINÓPTICAS: Son aquellas que buscan agrupar un acervo que represente a las especies más conocidas importantes y llamativas de todos los hexápoda, o de algunos órdenes y familias destacados de una región. Tales colecciones pueden ordenarse en forma sistemática, pero incluyendo series muy pequeñas, o incluso solo parejas, de las especies seleccionadas y también con enfoque ecológico, agrupando a las especies que ocupan biomas, hábitats o microhábitats especiales, por ejemplo: monte serrano, desechos vegetales, medios lóticos, nidos de aves, plagas por cultivos, etc. Estas colecciones requieren de espacios más pequeños (Agurto, 2011).

COLECCIONES ENTOMOLÓGICAS FUANÍSTICAS: Las colecciones faunísticas por su parte pretenden reunir un conjunto exhaustivo de las especies presentes en un determinado bioma o región geográfica bien delimitada, incluyendo series muy grandes de ejemplares con datos ecológicos parecidos, que representen muestras de las poblaciones en cada una de sus etapas fenológicas, incluyendo muestras de ninfas, larvas y pupas. El arreglo de este tipo de conjunto puede orientarse en forma sistemática o ecológica y requiere de personal especializado, así como de asesores externos, ya que los estudios faunísticos tienen una gran complejidad, que requieren de trabajo interdisciplinario. (Agurto, 2011).

4.4. BASE DE DATOS

Una base de datos consiste en una colección de datos interrelacionados, que contienen información relevante para quien la maneja, se diseñan con el fin de gestionar grandes cantidades de información, además de proveer mecanismos para la manipulación de ésta (Silberschatz, Korth, & Sudarshan, 2002). Las bases de datos deben brindar fiabilidad en la información que almacenan. Existen variaciones a las bases de datos, una de estas son las bases de datos espaciales, la principal variación que tienen estas con una base de datos convencional, se refiere a la naturaleza de la información que contiene.

Existen diferentes tipos de bases de datos, las más comunes son las OLTP y OLAP, Las bases de datos de tipo OLTP (On Line Transaction Processing) también son llamadas bases de datos dinámicas lo que significa que la información se modifica en tiempo real, Las bases de datos de tipo OLAP (On Line Analytical Processing) también son llamadas bases de datos estáticas, lo que significa que la información en tiempo real no es afectada, es decir, no se insertan, no se eliminan y tampoco se modifican datos; solo se realizan consultas sobre los datos ya existentes para el análisis y toma de decisiones. (Morales J. D., 2014).

Las Bases de datos se dividen en diferentes clases:

BASE DE DATOS PLANA: Consiste en representar la información de manera plana, como una tabla - organizada por renglones y un archivo de texto, Es limitada y sólo es apropiada para tareas sencillas.

BASE DE DATOS EN RED: Una base de datos de red es una base de datos conformada por un conjunto de registros, los cuales están conectados por medio de enlaces en una red. El registro es similar al de una entidad como las empleadas en el modelo relacional.

BASE DE DATOS JERÁRQUICA: Los datos se organizan en forma similar a un árbol (visto al revés), en donde un nodo padre de información, puede tener varios hijos, El nodo que no tiene padres es llamado raíz y a los nodos que no tienen hijos se les conoce como hojas; Permite relaciones entre entidades, uno a uno, o uno a muchos, de un directorio que puede contener un archivo o muchos archivos**.**

BASE DE DATOS RELACIONAL: Los sistemas relacionales ofrecen muchos tipos de procesos de datos, como: simplicidad y generalidad, facilidad de uso para el usuario final, períodos cortos de aprendizaje y las consultas de información se especifican de forma sencilla, generalmente, contendrán muchas tablas, una tabla sólo contiene un número fijo de campos, el nombre de los campos de una tabla

es distinto, cada registro de la tabla es único, el orden de los registros y de los campos no está determinado, para cada campo existe un conjunto de valores posible.

4.5. BASE DE DATOS ESPACIAL

Una base de datos espacial o también conocida como base de datos Geográfica, es aquella donde se almacenan entidades del mundo real con sus dos componentes (coordenadas), según un modelo espacial, de forma estructurada y sin duplicaciones. Estas entidades, abstractas o no, ocupan un lugar en el espacio según un sistema de referencia, mantienen unas relaciones espaciales entre ellas y con el resto de los elementos del entorno, poseen unos atributos propios que las diferencian entre sí. (Del Bosque González, *et al*, 2012), una base de datos geografica debe estar organizada de tal manera que sea util para adecauarla a uno o mas SIG.

El componente principal de una BDE son los datos espaciales, estos corresponden a las caracteristicas geográficas que describen los objetos (ubicación, tamaño, geometría) (ESRI, 1998, citado en (Morales L. , 2013)), el complemento de los datos espaciales son lo datos no espaciales, que describen de una u otra manera las

entidades de la base de datos, este tipo de datos por lo general son almacenados en tablas .

4.6. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

El concepto de Sistema de Información Geográfica, puede abordarse desde 3 grandes perspectivas, una está basada en las funcionalidades, en la capacidad para crear modelos digitales de la realidad y en la potencialidad de las herramientas que esta disciplina proporciona; otra entendida como una extensión del concepto en sí de base de datos, enfatizando en las diferencias en cuanto a la estructuración de los mismos y las distintas posibilidades de manejo de la información espacial; y la tercera atendiendo a aspectos que podrían denominarse “organizativos” o de las instituciones o personas que manejan la componente geográfica, donde los SIG se configuran como potentes sistemas de información de ayuda a la gestión y la toma de decisiones. (Del Bosque González, *et al,* 2012).

En pocas palabras, un Sistema de Información Geográfica es un sistema para capturar, almacenar, validar, integrar, manipular, analizar y representar datos referenciados sobre la tierra. (Departamento de medio ambiente Británico, 1987, citado en (Del Bosque González, et al, 2012)).

El funcionamiento de un SIG está basado principalmente en una base de datos goegráfica, que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en un mapa. (Langlé, 2010).

Un SIG está compuesto por 5 elementos principales, que cumplen cada uno una función especifica e interactuan con los demas para la correta ejecución y funcionameinto del mismo.

El primero de los componentes es el Hadware, es el equipo de computo o compuatador, donde se ejecuta todo el procesamiento de las operaciones, que basado en algoritmos, dan solución a las consultas y análisis definidos por el usuario.

Otro de los componentes es el software, gracias a este, es posible anlizar, organizar, y desplegar la información geográfica, el software debe contar con un Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD), herramientas de análisis, consulta y visulización de datos, además de una interfaz gráfica para que el usuario tenga facíl acceso a dichas herramientas.

Uno de los componentes más importantes de un SIG es el talento humano, dentro de este grupo estan los desarrolladores, progrmadores, administradores y por último los usuarios, a los cuales va finalemte dirigido el producto, en este caso el SIG.

La base de un SIG es el dato, elemento principal para lograr una correcta información. Es decir una vez conocido el objeto del modelo del mundo real, se identifican las propiedades que lo forman, por ejemplo, sus atributos que se refieren a los elementos descriptivos y el tipo de geometría como el elemento espacial. En las consultas espaciales es necesario conocer el tipo de geometría entre los objetos del mundo real que se relacionan topológicamente. (Morales L. , 2013)

Por último, los metodos, son los planes de un buen diseño y las normas por parte de la empresa, son modelos y prácticas de operación de cada organización. [E.S.R.I., 2001 citado en (Morales L. , 2013)].

Un SIG debe garantizar que cumple con ciertas funciones, algunas de estas son:

ENTRADA DE INFORMACIÓN: esta función nos permite ingresar y editar los datos geográficos para su posterior visualización.

ALMACENAMIENTO: luego de haber capturado la información y generado gran cantidad de datos, dicha información debe ser almacenada, y posteriormente distribuida a otros centros de lamacenamiento mediante transmición de datos o copias de seguridad.

GESTIÓN: Una vez se ha capturado y almacenado la información, el siguiente paso es selccionar la información necesaria de acuerdo a los reuqerimientos o necesidades existentes, también mediante la gestión es posible controlar el amlamacenamiento, recuperar y actualizar dicha información.

ANÁLISIS ESPACIAL: Las funciones de análisis espacial son las que en definitiva atribuyen valor a los datos geográficos, al revelarnos cosas que de otra forma no conseguiríamos percibir. Conocer y comprender las operaciones espaciales es útil para planificar mejor y de forma más eficiente el trabajo con los SIG.

Dichas funciones pueden clasificarse en cuatro grupos (Arnoff, 1989): Recuperación, superposición, vecindad, conectividad; y entre ellas se incluyen operaciones de consulta, medición de áreas o perímetros, superposición de capas

de información, y álgebra de mapas o reclasificación de datos (asignación de una nueva categoría o valor a las entidades). (CONSTRUMÁTICA, s.f.)

SALIDA Y REPRESENTACIÓN GRÁCIFA Y CARTOGRÁFICA: las funciones de salida o representación gráfica y cartográfica de la información mediante un SIG son las que permiten transferir los datos, imágenes o mapas contenidos en él a otro medio o soporte.

De este modo se pueden representar los datos almacenados a partir de una serie de criterios (criterios que pueden basarse en capas de información, simbología o el fenómeno que uno quiera representar) que permitirán visualizar la información en función de los objetivos establecidos. (CONSTRUMÁTICA, s.f.)

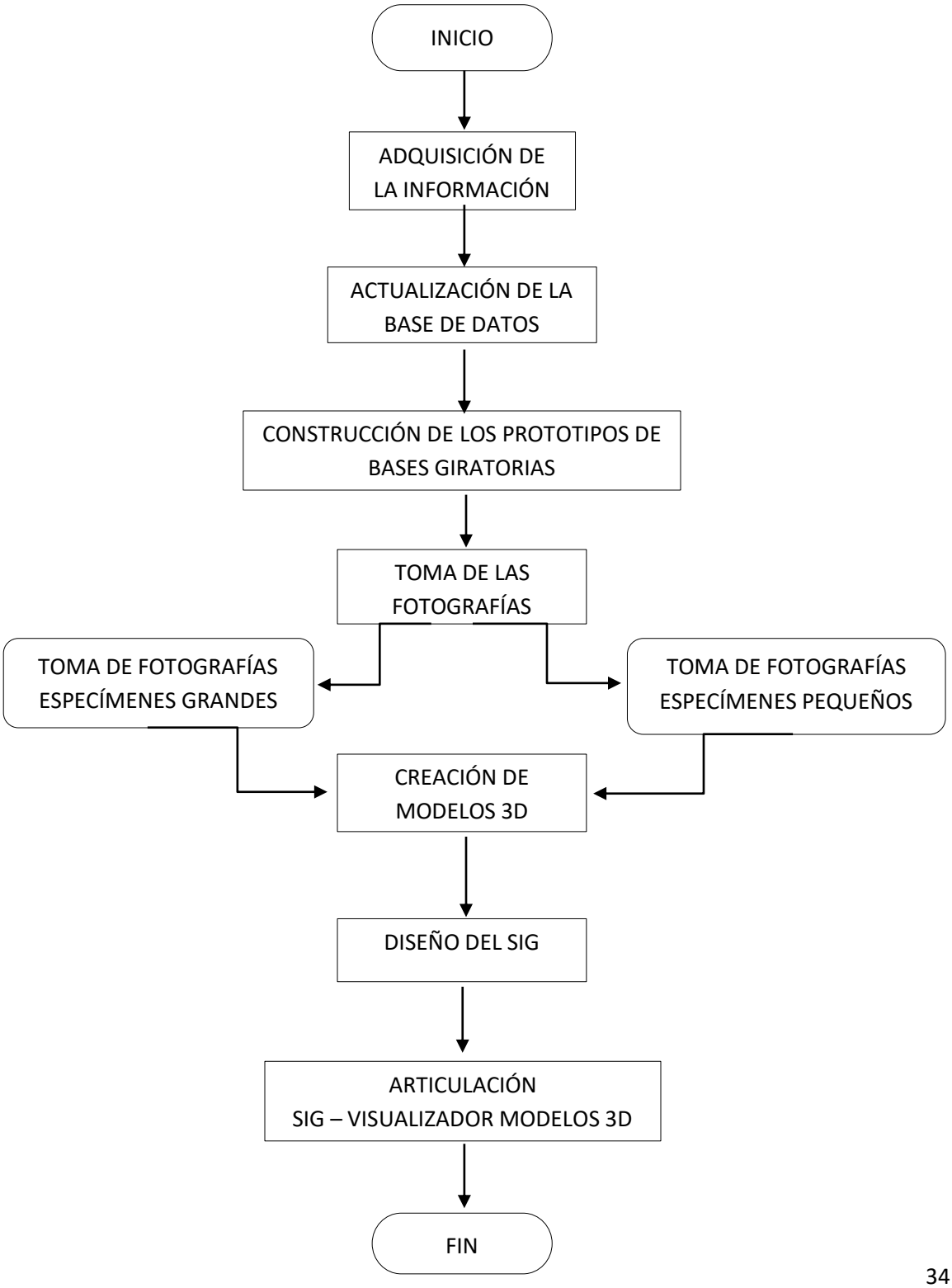
4.7. MODELO TRIDIMENSIONAL

El modelado en tres dimensiones puede entenderse como el proceso para lograr la representación de algún objeto, bien sea real o abstracto, como la representación esquemática visible a través de un conjunto de elmentos y propiedades, que una vez procesados se convierten en una imagen o animación 3D. (Alegsa, 2016). El modelado en tres dimensiones busca la posibilidad de visulaizar de manera mas

exacta un objeto sin la necesidad de tenerlo consigo, de manera tal, que se pueda interactuar con este y percibir en la medida de las posibilidades todas sus características, para esto se utilizan diversas herramientas y conceptos matemáticos, que permiten una fiel representación de lo que se quiere mostrar.

5. METODOLOGÍA.

5.1. DIAGRAMA DE FLUJO



5.2. ACTUALIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS.

El Diseño del SIG de la colección entomológica CEFUD inicialmente requiere, de la actualización de la base de datos existente, para organizar la información, mediante el software Access, acoplándola a los requerimientos del software Specify, sistema gestor de bases de datos de colecciones biológicas. En el proceso se definieron tanto los tipos de datos como los campos que debe manejar la colección, creando un formulario ejecutable, el cual permite: realizar consultas, ingresar nueva información, borrar o modificar los registros existentes, con el fin de optimizar el trabajo del manejo de la colección, ya que, debido a su volumen es una tarea muy dispendiosa, en un archivo de Excel.

Caja___ubic	Date_inic	Country	State	County	LATITUD	LONGITUD	Kingdom	Phylum1	Class1	Order1	Familia
8	17-may-7	Colombia	Córdoba	Tierra Alta	8°1'51.34''	-76°6'41.14''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Apidae
5	1-feb-09	Colombia	Bolívar	Zambrano	09°40'37''	-74°51'29''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Apidae
20	26-abr-14	Colombia	Córdoba	Planeta Rica	08°22'20.66"	-75°32'01.19"	Animalia	Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Apidae
1	3-nov-13	Colombia	Vichada	La Primavera	5°14'27.45''	-70°23'30.04''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Apidae
9	30-nov-08	Colombia	Risaralda	Dosquebradas	4°36'59.97''	-75°57'59.97''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Apidae
9	29-nov-08	Colombia	Risaralda	Dosquebradas	4°44'42''	-75°35'34.98''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Apidae
9	16-abr-10	Colombia	Casanare	Villanueva	4°38'25''	-72°52'0.01''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Apidae
7	6-may-10	Colombia	Antioquia	Yarumal	6°52'18.01''	-75°22'53''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Apidae
1	6-feb-10	Colombia	Antioquia	La María	8°0'20.01''	-76°11'41.99''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Apidae
15	12-ene-08	Colombia	Risaralda	Dosquebradas	4°44'42''	-75°35'34.98''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae
19	23-oct-08	Colombia	Casanare	Villanueva	4°40'26''	-72°52'59.98''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae
6	12-feb-09	Colombia	Caldas	Villa María	5°1'18.98''	-75°25'42.99''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae
20	12-jun-09	Colombia	Caldas	Manizales	5°17'13.99''	-75°9'14''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae
17	12-feb-09	Colombia	Quindío	Buenavista	4°23'7''	-75°43'59.98''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae
17	12-abr-09	Colombia	Caldas	Manzanares	5°16'27.01''	-75°12'14''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae
17	12-may-9	Colombia	Caldas	Pensilvania	5°21'46''	-75°8'16''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae
20	12-ene-09	Colombia	Caldas	Chinchiná	4°58'0.01''	-75°39'0''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae
16	6-jun-10	Colombia	Córdoba	Tierra Alta	8°34'8''	-76°11'57.01''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae
16	6-jun-10	Colombia	Antioquia	Yarumal	6°52'18.01''	-75°22'53''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae
1	3-nov-13	Colombia	Vichada	La Primavera	5°13'54.98''	-70°23'23.92''	Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae

Ilustración 1 Muestra de la base de datos
Fuente: Elaboración propia

5.3. MODELADO EN TERCERA DIMENSIÓN (3D).

Una vez se actualizada la base de datos, se realizó el procedimiento para representar mediante modelos en 360°, una muestra representativa de la colección, se escogieron 50 especímenes, de diferentes formas, tamaños y tonalidades, se eligió un espécimen por familia, por consiguiente, se crearon 50 modelos, con los cuales posible interactuar en un visualizador de objetos de 360°, se tomaron entre 80 y 90 fotografías por cada espécimen, el número varía dependiendo del nivel de detalle requerido, en total obtuvieron un total de 4130 fotografías, posteriormente estas fueron procesadas en el software Web Rotate 360 , obteniendo el modelo 3D de cada espécimen seleccionado.

INSECTOS PEQUEÑOS	
ESPECIMEN (Familia)	**NUMERO DE FOTOS**
Aniara Sepulcralis	83
Apidae	88
Catascopellus	83
Cercopidae	83
Cercopidae	88
Chrysomelidae	84
Cicadellidae	80
Cicindelidae	79
Coccinellidae	84
Curculionidae	82
Dercylus	91
Diptera	83
Erotylidae	89
Formicidae	75

Gryllacrididae	80
Hemiptera	90
Hemiptera (Formicidae)	85
Hymenoptera	82
Ichneumonidae	81
Lygaeidae	84
Halictidae	80
Membracidae	85
Multilidae	84
Notiobia	81
Odonata (Anisoptera)	85
Pentatomidae	82
Pheropsophus	86
Pyrrhocorodidae	81
Scarabaeidae	82
Scarites	82
Scutelleridae	80
Stenolophus	82
Tenebrionidae	82
Tetracha cribata	81
Tetracha Sobrina	43
Vespidae	84
TOTAL	2954

Tabla 1 Número de Fotografías por espécimen (insectos pequeños)
Fuente: Elaboración propia

INSECTOS GRANDES	
ESPECIMEN (Familia)	**NUMERO DE FOTOS**
Enceladus Gigas	80
Galcerta Americana	82
Belostomatidae	92
Pentatomidae	90
Halictidae	81
Pompilidae	82
Gryllotalpidae	87
Acrididae	84
Gryllidae	83
Scarabaeidae	82

Cerambycidae	83
Tettigoniidae	81
Odonata	87
Heteronemiidae	82
TOTAL	1176

Tabla 2 Número de Fotografías por espécimen (insectos grandes)
Fuente: Elaboración propia

El proceso requirió la creación de bases giratorias (prototipos), la toma de las fotografías y el procesamiento de las mismas para la creación de los modelos; pasos que serán explicados a continuación.

5.3.1. CONSTRUCCIÓN DE LOS PROTOTIPOS DE BASES GIRATORIAS.

La toma de las fotografías de cada espécimen, requirió de la creación de varios prototipos de bases giratorias, las cuales variaban en función de sus dimensiones, la finalidad de estos prototipos es poder ubicar el espécimen, por medio de un alfiler, de tal manera que, fuera posible girar la base y tomar las fotografías desde distintos ángulos, procurando no manipular los insectos, con el fin que no sufrieran daño alguno y preservar la colección, finalmente se llegó a la construcción de 3 prototipos diferentes, con el fin capturar las imágenes de insectos de tres tamaños diferentes, los más grandes, que no caben en el estereoscopio, los medianos que se pueden ver a simple vista, pero no en detalle y se hace necesario el uso del estereoscopio,

para poder obtener la captura más detallada posible y un tercer tamaño para los insectos más pequeños, que no se pueden observar ni detallar a simple vista ni en el estereoscopio convencional y por tanto, se utiliza un estereoscopio más complejo, especializado y de mayor detalle. Cabe destacar que, no fue posible utilizar el último de los prototipos de base giratoria, el cual fue diseñado para tomar fotografías de mayor detalle, esta base giratoria no se utilizó, en consecuencia, se utilizaron 2 de los 3 prototipos construidos, con los cuales fue posible realizar todas las tomas necesarias para la creación de los modelos.



Ilustración 2 Prototipos de las bases en sus 3 tamaños
Fuente: Elaboración propia

Los 2 prototipos que se utilizaron, contaron con las siguientes características, uno con diámetro de 5.2 cm y de 11 cm, respectivamente, el primero se ubica de manera vertical para tomar fotografías de insectos pequeños y medianos con ayuda de una

cámara conectada a un estereoscopio, con el fin de aumentar nivel de detalle de cada espécimen, el segundo prototipo se ubica de manera horizontal para fotografiar insectos más grandes con una cámara digital profesional y un trípode.



Ilustración 3 Bases escogidas para la realización del proyecto
Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar, que en un principio se pretendía trabajar únicamente con la base de madera, sin embargo, al momento de comenzar con la toma de las fotografías, se evidencio que era necesario, adecuar el sistema de soporte para la fijación del alfiler para el anclaje del insecto, debido a que la madera es una superficie bastante dura y maciza, por tanto, no permitía que el alfiler se fijara a la base y mantuviera su posición inicial.



Ilustración 4 Primer modelo de la base (sin microporosa)
Fuente: Elaboración propia

La solución de este inconveniente, se logró, adecuando a la base una lámina de fomi, no obstante, esta solución no fue del todo satisfactoria, por ser era una lámina muy delgada y a la hora de fijar el alfiler, este no se mantenía en una posición fija.

Finalmente, se ensayó con una lámina de micro porosa, de 1.8 cm de espesor, este es un material similar al fomi, pero con una mayor densidad y dureza, lo que permite anclar el alfiler de manera tal que al girar la base este mantenga su posición de manera fija y estable, permitiendo así un escenario óptimo para la toma de las fotografías solucionando el problema inicial y, por lo tanto, después de esta adecuación a los prototipos, se obtuvieron las bases giratorias definitivas, con las cuales se llevó a cabo la toma de las fotografías.

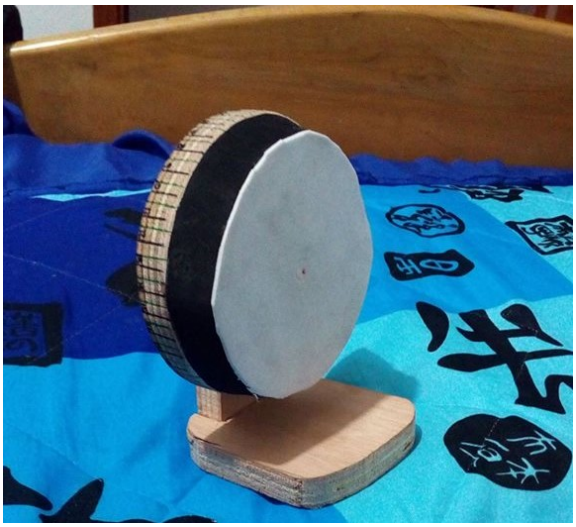


Ilustración 5 Base adecuada con fomi y microporosa
Fuente: Elaboración propia

Con el fin llevar a cabo un registro fotográfico preciso y ordenado de cada espécimen, se realizaron marcaciones cada 4.5 grados, en el perímetro de la base, con 80 divisiones en los 360 grados de la circunferencia, equivaliendo cada una a una fotografía y, registrando así todas las perspectivas posibles.



Ilustración 6 Base con las respectivas marcaciones laterales
Fuente: Elaboración propia

5.3.2. TOMA DE LAS FOTOGRAFÍAS.

Con el fin de obtener el modelo de cada espécimen, se le tomaron fotografías detalladas, de forma que se puede observar en todos sus ángulos y perspectivas.

La toma de las fotografías se realizó mediante dos metodologías distintas, las cuales varían en función del tamaño del espécimen, la primera de estas metodologías, se ejecutó, con la base giratoria de 5.2 cm de diámetro y, consiste en la captura de las imágenes con la ayuda de un estereoscopio que permite la visualización de especímenes medianos y pequeños. El estereoscopio conecta a una cámara digital,

y esta a su vez al computador, por medio de un software se captura y almacena la imagen. La segunda metodología se lleva a cabo con la base giratoria más grande, para la toma de fotografías de especímenes de mayor tamaño, la cual se lleva a cabo con una cámara profesional, un macro de gran detalle y un trípode, que se ubica al frente de la base, la cual se va girando y tomando una a una las fotografías por cada marcación de la base.

5.3.2.1. TOMA DE FOTOGRAFÍAS POR MEDIO DE ESTEREOSCOPIO.

La metodología para la toma de las fotografías con ayuda del estereoscopio, es un proceso que comienza con la adecuación del escenario, para esto la base giratoria (prototipo) de menor tamaño, se ubica y fija en el estereoscopio con cinta adhesiva, de manera, que, al girar esta base, no se presente ningún movimiento diferente al de la rotación del disco; posteriormente, con la ayuda del alfiler en el cual está ubicado el insecto, se coloca este en el centro de la base, se enfoca el estereoscopio y se activa la fuente de luz, para mejorar la calidad de la toma, de manera tal que, se aprecie claramente el espécimen.

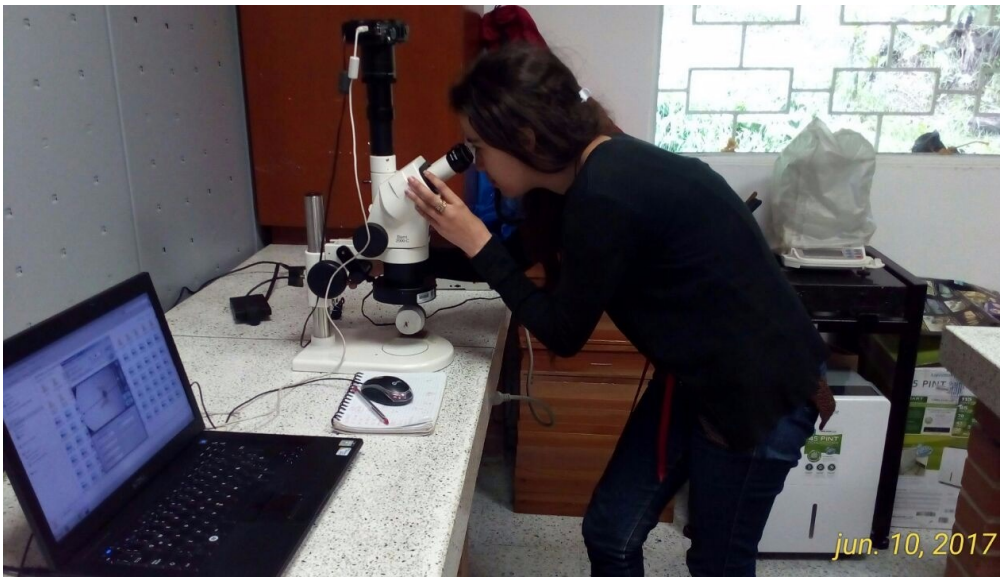


Ilustración 7 Enfoque con el estereoscopio
Fuente: Elaboración propia

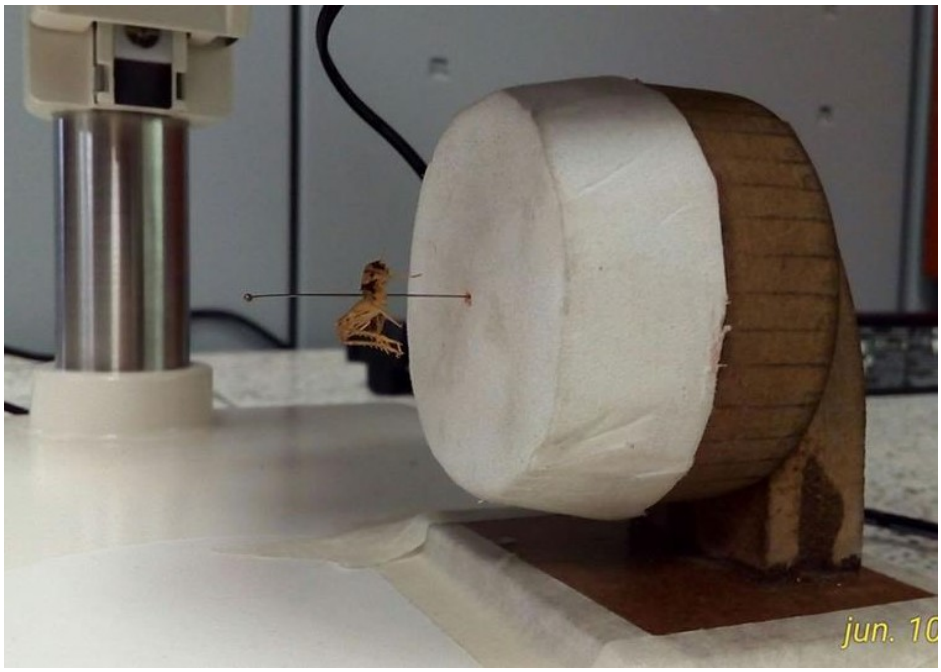


Ilustración 8 Escenario adecuado para la toma de las fotografías
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 9 Iluminación del estereoscopio para la toma de las fotos
Fuente: Elaboración propia

Una vez ubicado el espécimen y el estereoscopio se ha enfocado, se conecta la cámara por medio del computador, mediante la ayuda del software Remote Capture Canon, para Windows 7, se obtura la cámara, para de esta manera obtener la fotografía del espécimen.

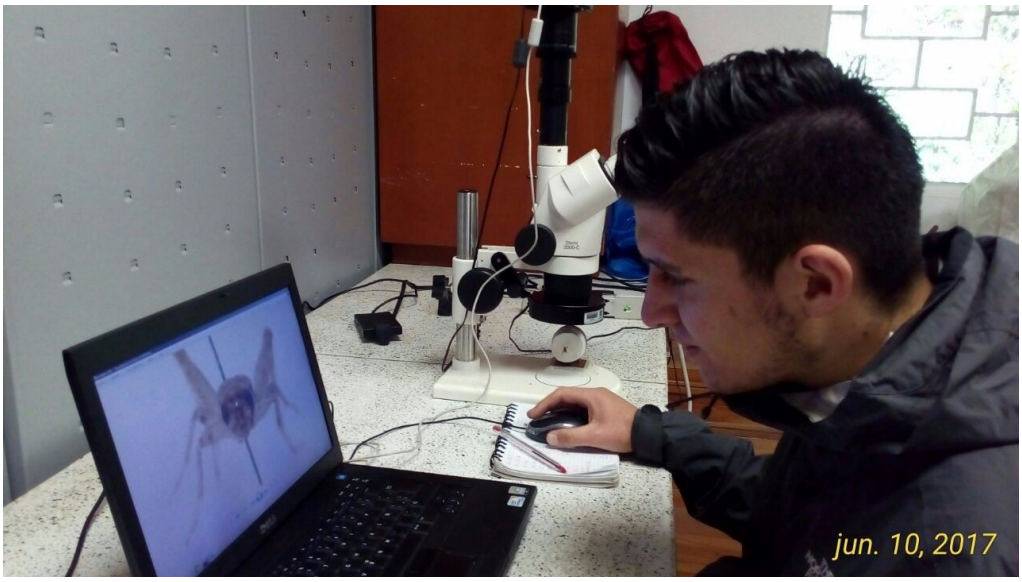


Ilustración 10 Toma fotográfica con Remote Capture
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se gira la base, hasta la siguiente marca de la misma, generando así la siguiente fotografía. Este proceso se realiza hasta dar la vuelta completa a la base, de donde resultan entre 80 y 90 fotografías de cada espécimen, dependiendo del nivel de detalle, el procedimiento se repite para los demás especímenes; mediante este procedimiento se fotografiaron un total de 36 insectos, de tamaño entre mediano y pequeño, mediante la captura de 2954 fotografías.



Ilustración 11 Giro de la base para la siguiente fotografía
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 12 Proceso de toma de las fotos
Fuente: Elaboración propia

5.3.2.2. TOMA DE FOTOGRAFÍAS POR MEDIO DE CÁMARA PROFESIONAL Y TRIPODE.

La segunda metodología para la toma de fotografías, consiste en la captura de los especímenes de mayor tamaño que conforman la colección, la cual se realiza mediante el uso de una cámara profesional, un macro de gran detalle y un trípode robusto que soporte el peso de la cámara y del macro. En primera fase de esta metodología, consiste en seleccionar los especímenes de mayor tamaño, que se quieran representar.



Ilustración 13 Selección del espécimen
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 14 Selección del espécimen
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se adecúa el escenario, ubicando la base giratoria de mayor diámetro, sobre un mesón del laboratorio, de forma horizontal, fijándola por medio de cinta adhesiva, para que esta no presente ningún movimiento que pueda afectar o modificar la toma a la hora de girar el disco.



Ilustración 15 Escenario para la toma de los insectos grandes
Fuente: Elaboración propia

Una vez ha sido fijada la base, en el centro de la misma se ubica el alfiler que fija el insecto; cuando se tiene lista la escena se fija el macro a la cámara y a la vez se ancla esta al trípode el cual se posiciona justo frente a la base sobre el mesón, de forma tal que, quede completamente horizontal, luego al macro, se le ajusta una fuente de luz, con el fin de obtener la mejor escena posible, tras la obtención del escenario más adecuado para la captura, se enfoca el macro, de tal forma que, la fotografía se ajuste a la escena y el espécimen quede lo más claro y detallado posible.



Ilustración 16 Espécimen ubicado en la base giratoria
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 17 Escenario optimizado para la toma de fotografías
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se obtura la cámara y se obtiene la primera fotografía, luego se gira el disco hasta la siguiente marcación y se toma la segunda fotografía, este procedimiento se repite por cada marca hasta que se gire todo el disco y se obtengan todas las vistas y perspectivas del espécimen, en general se obtienen entre 80 y 90 fotografías, una vez definida la metodología se capturaron 14 insectos, de los cuales resultaron un total de 1176 fotografías.



Ilustración 18 Trabajo con apoyo del director del proyecto
Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que, para las dos metodologías, el número de fotografías varía, dependiendo del nivel de detalle que se requiera alcanzar de una toma específica, es decir si se desea centrar el detalle en la escena del rostro del espécimen, no se toma una fotografía por cada marca de la base giratoria, sino dos o tres tomas por cada marcación, lo cual aumenta el nivel de detalle del modelo y, por tanto, el número de fotografías finales de cada insecto.

5.3.3. CREACIÓN DE LOS MODELOS 3D.

Tras la obtención de las fotografías de cada espécimen, se crean los modelos en 3D de cada insecto, para lo cual, se utiliza el software Web Rotate 360, en su versión libre, el cual es descargado directamente desde la página del producto. Una vez se obtiene el software, se abre el espacio de trabajo del módulo Spot Editor.



Ilustración 19 Interfaz de trabajo Web Rotate 360 (Spot Editor)
Fuente: Elaboración propia

Para la creación de cada modelo, en este módulo, se crea un nuevo proyecto, en el cual se relaciona el nombre, la ubicación de la carpeta donde se encuentran las fotografías, la ruta de salida y el ángulo de rotación del modelo si se desea modificar la rotación original con que vienen las fotografías.

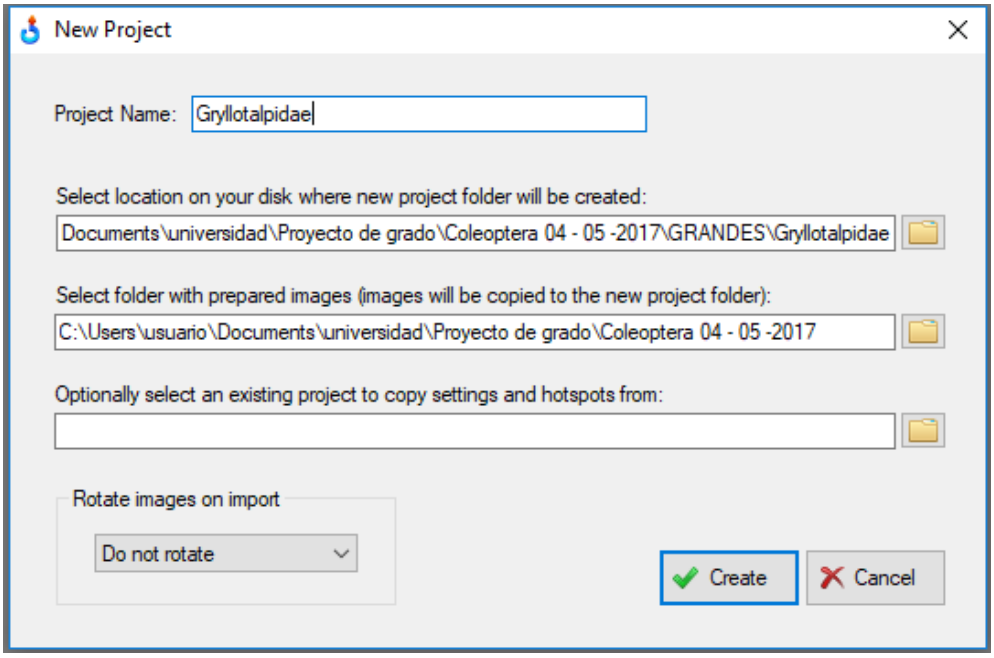


Ilustración 20 Creación del proyecto en Web Rotate 360
Fuente: Elaboración propia

Creado el proyecto se genera el modelo inicial del espécimen, el cual es modificado posteriormente, según se requiera, en aspectos como el tamaño del modelo, el nivel de zoom o acercamiento del insecto, la velocidad de reproducción, entre otros factores.

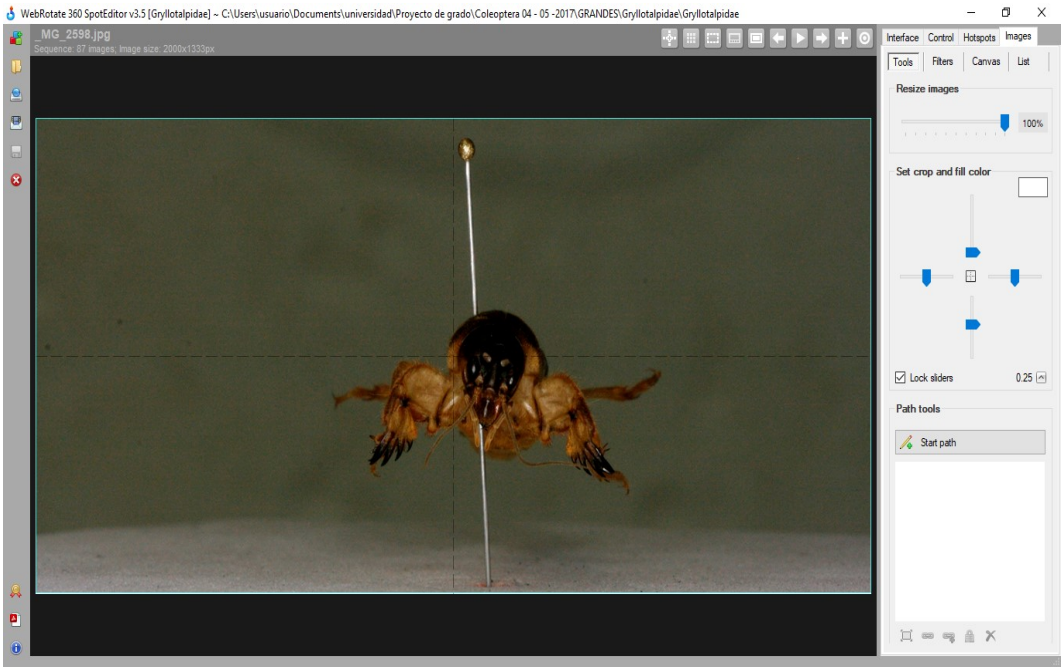


Ilustración 21 Creación de modelo - vista frontal
Fuente: Elaboración propia

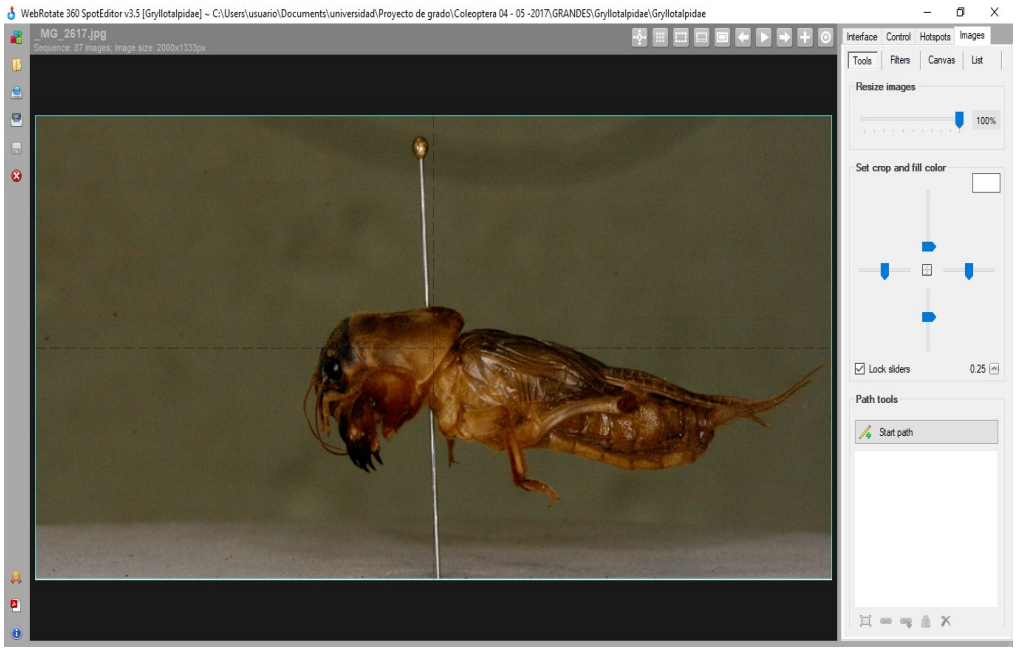


Ilustración 22 Creación del modelo - vista lateral
Fuente: Elaboración propia

Teniendo el modelo definitivo del espécimen, se procede a realizar la publicación del mismo, para ello, se relaciona la ruta de salida del archivo a publicar, el nombre del modelo, el navegador de internet en el cual se visualizará, el formato de la imagen y la calidad de la misma, tras relacionar esta información se publica el modelo y se obtiene como resultado el espécimen modelado, al cual se podrá acceder desde el navegador seleccionado e interactuar con él, realizando acercamientos y visualización de cada toma, el enlace resultante se vincula al sistema de información geográfica, como una herramienta de identificación y reconocimiento de cada espécimen, permitiendo la interacción del usuario del SIG, con el visualizador y por ende con el espécimen, dando la opción de conocer la taxonomía del insecto e interactuar con ella.

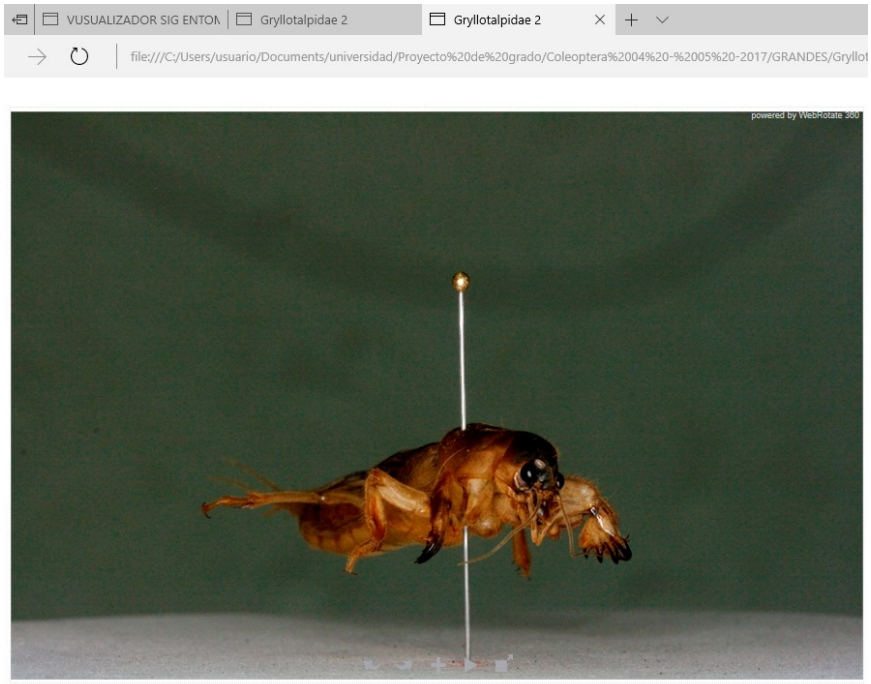


Ilustración 23 Visualización del espécimen en el navegador edge
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se genera un archivo tipo Gif, que corresponde al formato de intercambio de gráficos, donde se visualiza el modelo generado, como una animación donde se muestra el movimiento del espécimen, con el fin de articularlo al sistema de información geográfica, siendo una herramienta de visualización e identificación del elemento representado.

5.4. DISEÑO DEL SIG.

Posteriormente, se procede a realizar la articulación de la base de datos actualizada, con los modelos en tercera dimensión y la imagen en formato Gif de cada espécimen, obtenidos en el visualizador, por medio, de la relación de la información propia de cada elemento de la colección con su información espacial, que da cuenta de su lugar de captura, para que sea posible visualizarla en un mapa base, en donde se tenga la posibilidad de elegir alguno de los lugares de captura, y con un solo clic se despliegue la información acerca de cada uno de los especímenes que allí fueron recolectados, y que si se desea buscar un espécimen en particular se resalte en el mapa su lugar de ubicación y sea posible acceder a está.

El SIG, se crea por medio, de la base de datos, la cual se carga en el software ArcGis Online y se relaciona por medio de las coordenadas de latitud y longitud, en

formato decimal, con el fin de visualizar la ubicación geográfica de cada espécimen de la colección; una vez se visualiza la información, se procede a modificar la ventana emergente del espécimen, con el fin de obtener una visualización más amena al usuario, con esta configuración, se genera la conexión del modelo y la imagen en formato Gif con el SIG, esto se da por medio de un enlace URL, por el cual, se vincula el ámbito de ArcGis online con una página donde se permite interactuar con el visualizador en 3D de cada espécimen.



Ilustración 24 Vínculo entre el SIG y el visualizador
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 25 SIG en ArcGIS Online
Fuente: Elaboración propia

Para finalizar se elabora el manual del usuario, donde, se dan las indicaciones para el uso de la base de datos, demostrando la manera de cómo crear nuevos registros, además, cómo consultarlos y eliminarlos, también se dan las pautas para el funcionamiento del SIG, y se enseña la manera de actualizarlo una vez se hallan ingresados nuevos registros a la base de datos.

5.5. CONEXIÓN DEL SIG CON EL VISUALIZADOR

Para la conexión del SIG con los modelos 3D de cada insecto, se planeó hacerlo mediante una dirección URL que permitiera a la hora de desplegar los atributos de cada espécimen, acceder a un link que llevará directamente al modelo, en un principio se intentó importando el modelo y todas sus carpetas auxiliares a Google Drive, pero cuando se abría el link únicamente aparecía el código de programación del modelo, se buscó conectarlo con diversas herramientas de visualización, en ningún caso el resultado fue satisfactorio. Indagando más a fondo en el problema, se descubrió que era necesario contar con ciertos complementos creados por la compañía que proporciona el software Web Rotate 360, con el fin de apreciar el modelo.

La solución que se encontró, fue la creación de una cuenta en un servidor hosting de acceso gratuito y con almacenamiento ilimitado llamado Byethost, una vez creada la cuenta se crea un dominio para la página que albergara los modelos, entre las pocas opciones por elegir se escogió el dominio (sigentomologia.is-great.net).

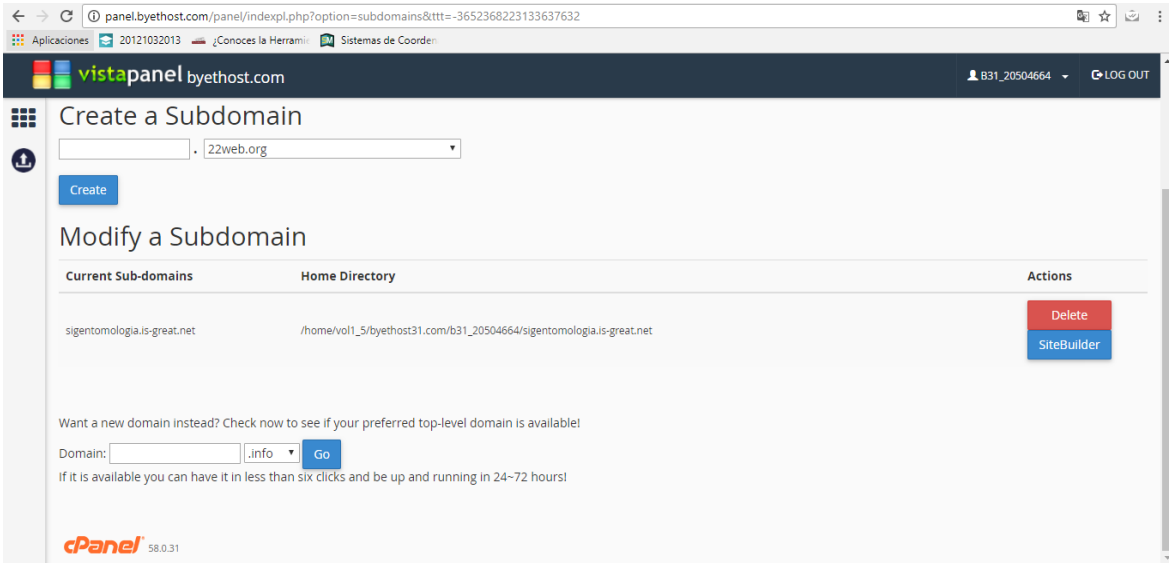


Ilustración 26 Creación del dominio en Byethost
Fuente: Elaboración propia

Con el dominio adquirido se buscó la manera de cargar la información al servidor, el software escogido fue el recomendado por la página prestadora del servicio de almacenamiento, FILEZILLA como es llamado, software de código abierto que ofrece una solución de transferencia de archivos entre un ordenador y el servidor de almacenamiento (hosting).

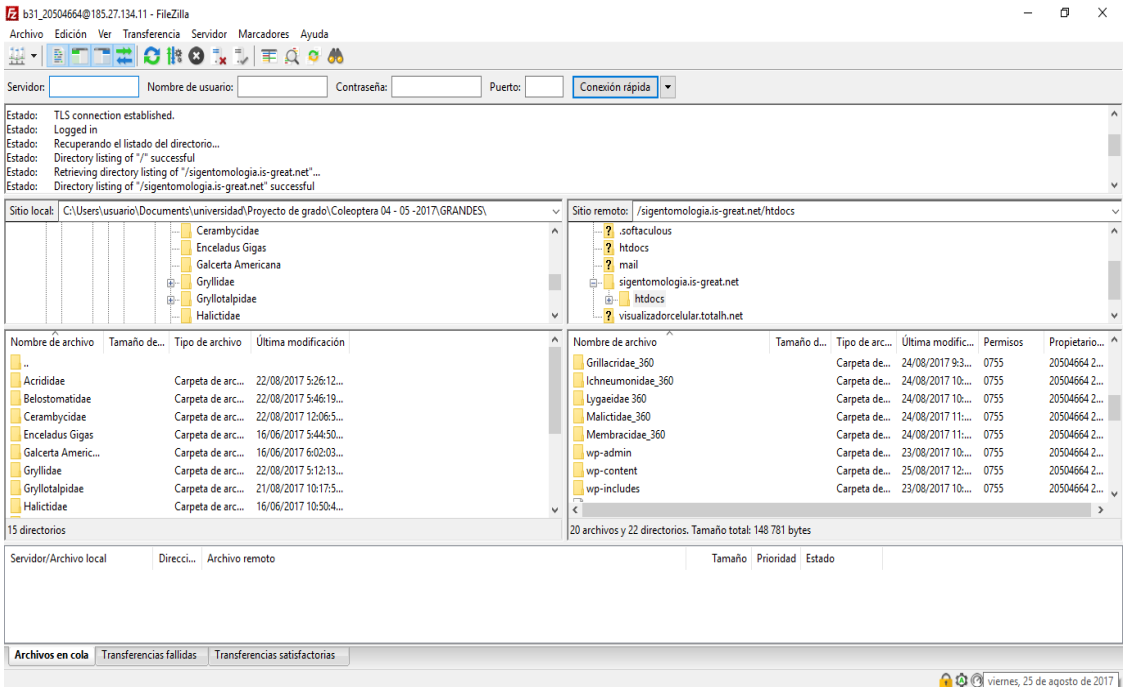


Ilustración 27 Software FILEZILLA - Transferencia de datos
Fuente: Elaboración propia

Una vez creada la cuenta para almacenar información en la web y conectarla al ordenador, se descargó un complemento del software libre de creación de páginas web Wordpress, en uno de sus archivos se hicieron las modificaciones correspondientes en cuanto a los enlaces de conexión al servidor y posteriormente los archivos que proporciona el creador de la página se montaron en el hosting, luego se ingresó la dirección del dominio adquirido, accediendo a la página ya creada, los pasos a seguir fueron de configuración de la cuenta para poder acceder y modificarla. Una vez creada la página, se descargó desde el sitio principal del software Web Rotate 360 una carpeta con el complemento de visualización exclusivo para wordpress, los archivos para el complemento fueron importados al

servidor con la ayuda de FILEZILLA, inmediatamente la página reconoce el complemento y lo que se procede a hacer es a activarlo y a configurarlo.

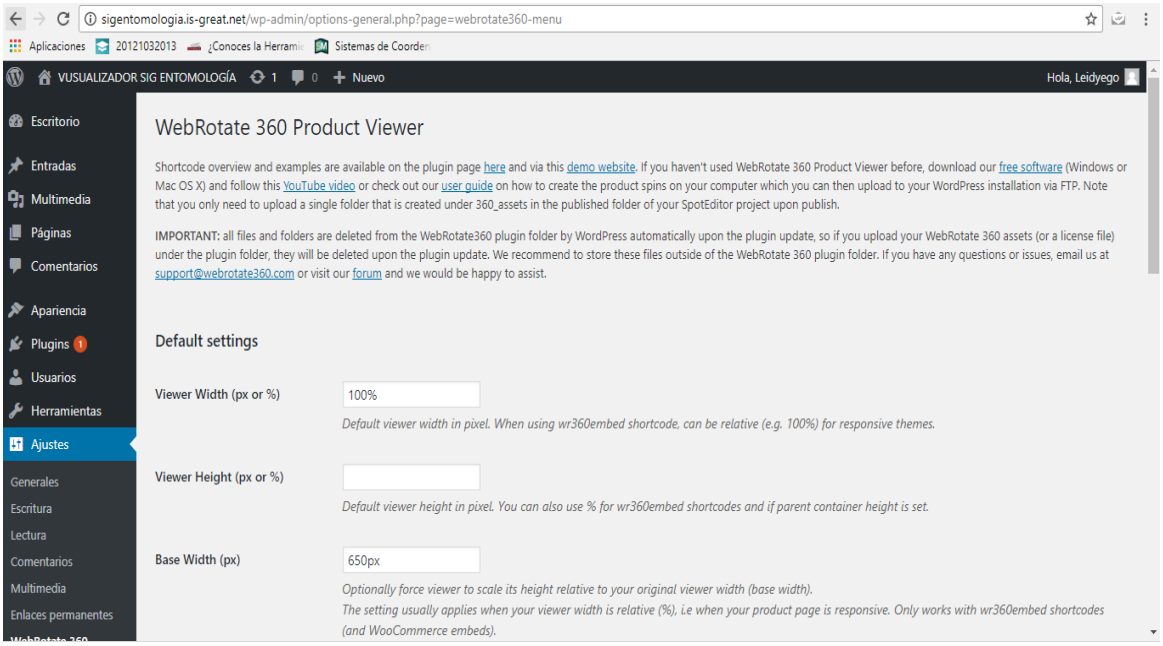


Ilustración 28 Configuración del complemento de Web Rotate 360 para Wordpress
Fuente: Elaboración propia

Con la página creada y el complemento activado se crea una nueva entrada en la misma, con la ayuda de un pequeño código de programación se enlaza el modelo que está almacenado en el servidor con la página web, de esta manera se crea un enlace único donde es posible ver e interactuar con el modelo de cada espécimen.

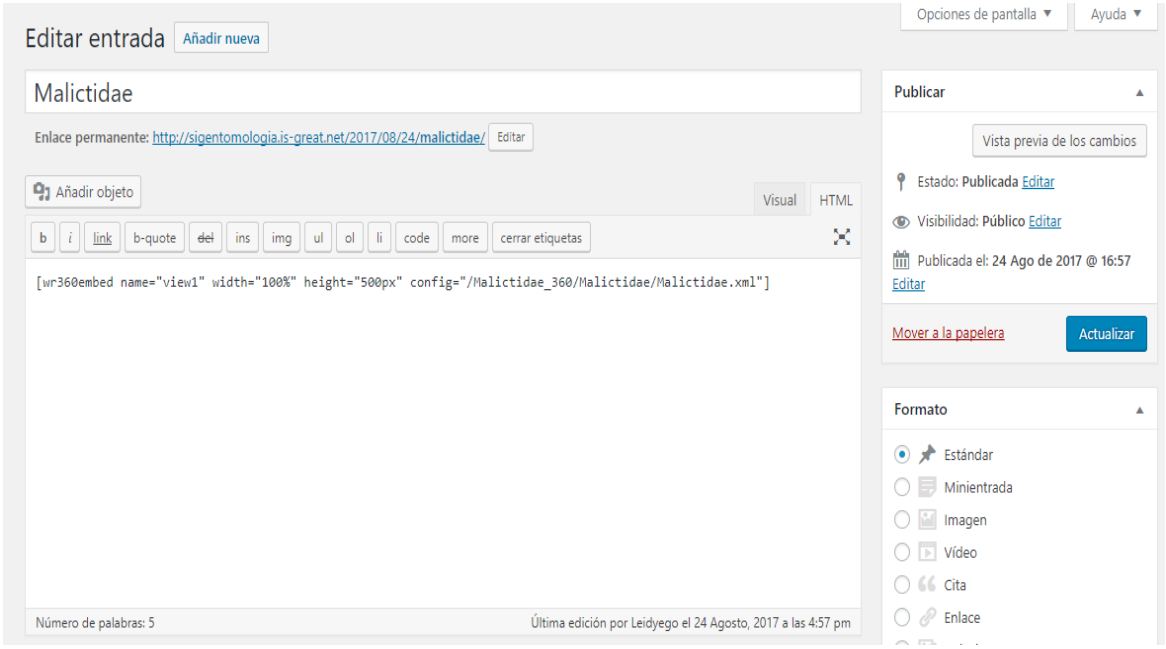


Ilustración 29 Código de programación para la publicación del modelo
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 30 Página principal del visualizador
Fuente: Elaboración propia

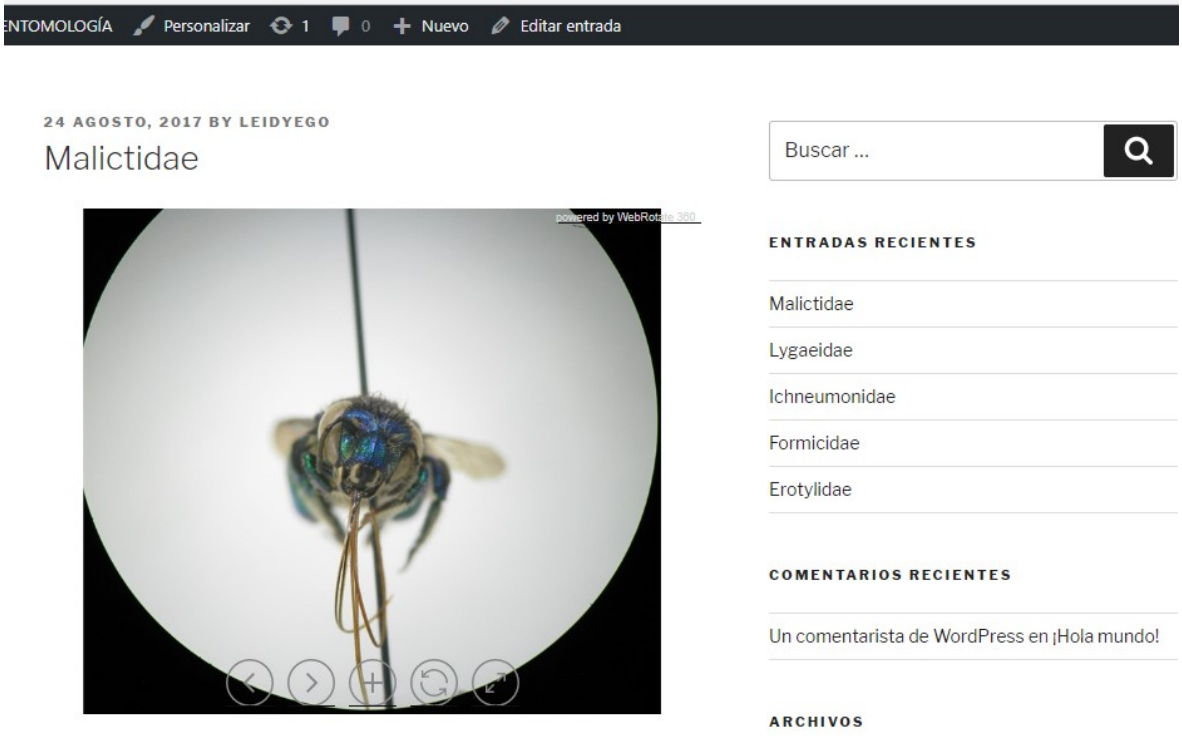


Ilustración 31 Visualizador en línea
Fuente: Elaboración propia

6. RESULTADOS

Tras la implementación de la aplicación SIG, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Con la implementación del sistema se obtiene una valiosa herramienta de aprendizaje, que le permite a los docentes y a los estudiantes, consultar la información de cada espécimen sin necesidad de un desplazamiento hasta el laboratorio, además de interactuar con el mismo gracias a la conexión con el visualizador en 3 dimensiones, donde es posible analizar la anatomía externa de cada insecto, gracias a la alta resolución y el elevado nivel de detalle de las fotografías tomadas y los modelos creados, donde se puede identificar minuciosamente las características anatómicas de cada espécimen lo que permite su clasificación taxonómica sin la necesidad de desplazarse al laboratorio para extraerlo de su lugar de almacenamiento, preservándolo en mejor estado y por más tiempo.

- Un SIG en línea de acceso libre para la comunidad académica que permite consultar información tanto entomológica como espacial de los especímenes que componen la colección desde un ordenador o un dispositivo móvil, desde cualquier lugar donde se tanga acceso a la red.



Ilustración 32 Visualización del SIG en un dispositivo móvil
Fuente: Elaboración propia

- Como resultado se obtiene un SIG que permite al personal encargado del laboratorio actualizar, modificar y agregar nueva información desde las instalaciones de la universidad y a las personas que están en campo encargadas de la recolección de los especímenes, subir la información acerca del espécimen colectado al sistema en tiempo real, evitando que se acumule en el laboratorio un gran volumen de datos recolectados en las salidas de campo, haciendo así más practica la labor de la persona encargada de alimentar la base.

- Se logró establecer un SIG que al permitir cargar los datos una vez colectados, disminuye el riesgo de pérdida de información en su traslado desde el punto de captura hacia el laboratorio.

- Fue posible crear un SIG que permite a los colectores de campo realizar consultas de especímenes recolectados cerca de su ubicación, y los lugares exactos donde fueron capturados, esto con el fin de facilitar la localización de posibles zonas de captura.

- Con el SIG on line se logró que señalando un punto se conocozcan la cantidad y el tipo de insectos que allí fueron recolecatados, además de conocer los atributos de cada uno de estos, e inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en el mapa.



Ilustración 33 Selección de un espécimen en el mapa
Fuente Elaboración propia

- Este proyecto es el punto de partida para sistematizar la totalidad de las colecciones con las que cuenta el laboratorio de sanidad forestal, y porque no las colecciones de otras instituciones, ya que se convierte en un nuevo medio de conservación de las colecciones debido al bajo nivel de manipulación de los especímenes una vez implementado el sistema.

- Como resultado se obtuvo una herramienta que brinda la posibilidad de realizar análisis espacio-temporales, ya que se cuenta con registros desde el año 1995 hasta la actualidad, lo que permite analizar el cambio en las

densidades de población, así como su expansión o disminución a lo largo del territorio nacional.



Ilustración 34 SIG con análisis por distribución de familia
Fuente: Elaboración propia

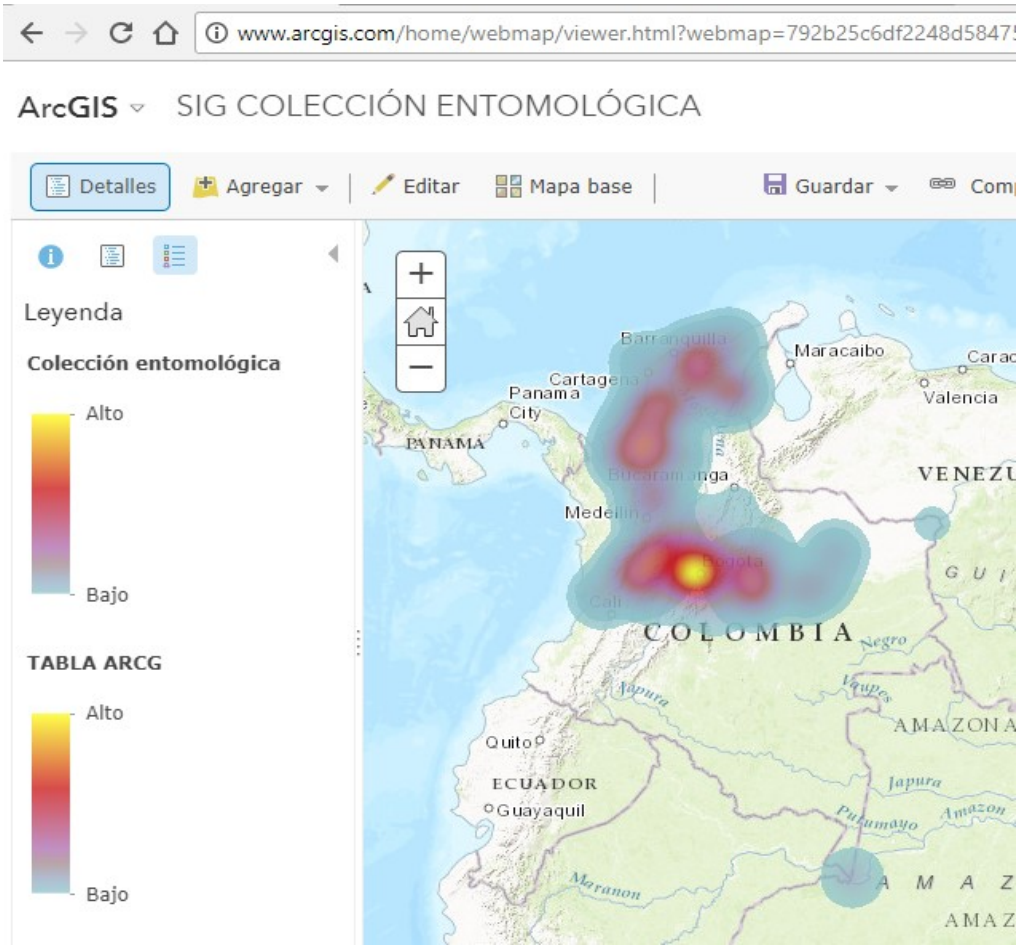


Ilustración 35 Análisis de densidad de población
Fuente: Elaboración propia

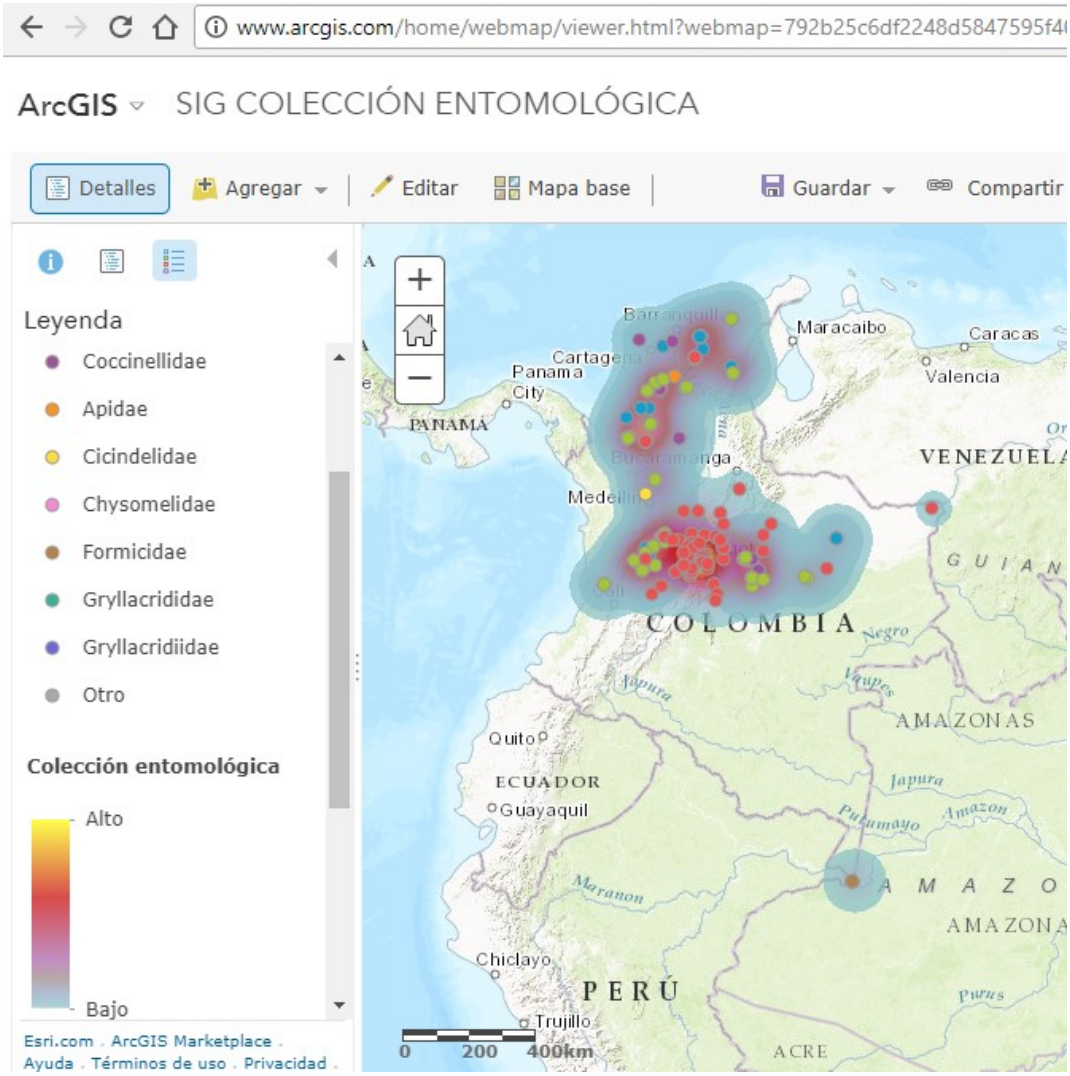


Ilustración 36 Superposición de la distribución por familia y la densidad de población
Fuente: Elaboración propia

- Se generó una actualización de la base de datos que se ajusta al formato requerido por el software gestor de bases de datos Specify.

7. CONCLUSIONES

- Tras la elaboración de este proyecto se abre una nueva puerta debido a la gran acogida de la aplicación por parte de la docente encargada del laboratorio de Sanidad Forestal de la Universidad Distrital y de la comunidad académica en general, que vio la posibilidad de utilizar esta herramienta para su labor docente.

- Con el nivel de detalle alcanzado en los modelos, es posible clasificar taxonómicamente el insecto gracias a que se pueden identificar características específicas de los especímenes como el numero tarsos, ocelos, tipo de alas, uñas, garras, entre otras.

- El SIG resultante cumple a cabalidad con todas las funciones que debe satisfacer un sistema de información geográfica, que va desde la captura de los datos, el almacenamiento, el despliegue o visualización, el análisis de la información y la movilidad la misma,

- Con la elaboración de este proyecto se sienta un precedente para su aplicación en la conservación y sistematización no solo de las colecciones entomológicas y biológicas, si no en cualquier ámbito en donde se requiera el almacenamiento y manejo de grandes volúmenes de datos con información geográfica y espacial.

- La herramienta de visualización en 3D no solo es funcional para los SIG aplicados a entomología, si no, que puede utilizarse para el modelamiento de especies animales y vegetales resguardados en otras colecciones, velando por su conservación, preservando así el patrimonio científico e histórico del país.

- Es posible realizar análisis espacio-temporales, ya que se cuenta con registros desde el año 1995 hasta la actualidad, lo que permite analizar el cambio en las densidades de población, así como su expansión o disminución a lo largo del territorio nacional.

- Para lograr un buen nivel de detalle en los modelos, es necesario tomar entre 80 y 90 fotografías por cada espécimen, para garantizar así una adecuada consecución en los traslapos de las fotografías, con el fin de que no se presente ningún salto abrupto, dando lugar a un movimiento uniforme y sucesivo del modelo.

- Para el acceso al SIG es necesario contar con acceso a internet, pues sin conexión es posible acceder a la aplicación ni al visualizador, debido a que estos se alojan mediante almacenamiento en la nube

- Es necesario contar con base de datos debidamente implementada y organizada, evitando campos sin registros, además de contar con un sistema de coordenadas unificado y procurando poner nombres cortos a los campos, ya que esto genera problemas a la hora de elaborar el SIG.

- En la adecuación del escenario para la toma de las fotografías un factor preponderante es la iluminación de le escena, esta debe ser constante y garantizar que al momento de un cambio en la iluminación natural no se presente ninguna alteración que pueda afectar la toma de las fotografías, ya que si las imágenes quedan con distinta iluminación esto se verá reflejado en la consecución y uniformidad del modelo.

- Con la creación del SIG aumentará considerablemente el porcentaje de especímenes automatizados y catalogados dentro de la colección.

- Este proyecto fue realizado en su totalidad con software de acceso libre, que va desde la captura de las imágenes con El software Remote Capture para Windows 7 (creado por Canon), la creación de los modelos en 3d con el software Web Rotate 360 en su versión libre, la creación del SIG y la aplicación web con ArcGIS online que es de acceso gratuito (creado por ESRI), el almacenamiento de los archivos de los modelos en 3d con el servidor byehost con una cuenta gratuita de almacenamiento ilimitado y la creación de la página con wordpress que es un software de código abierto

para la creación de páginas web creado por AUTOMATTIC, lo que da cuenta que es posible obtener buenos resultados a bajos costos, con herramientas accesibles a todo público.

- Se creó un SIG de acceso global y permanente a la información, ya que está disponible en cualquier parte del mundo y a cualquier hora, garantizando conectividad y movilidad de la información, con costos reducidos y utilización eficiente de los datos, proporcionado un uso amigable e intuitivo de la plataforma, lo que genera una mejora competitiva, productiva y colaborativa en el ámbito académico, científico e investigativo.

8. BIBLIOGRAFÍA.

Agurto, C. C. (2011). *MANUAL DE MANEJO PARA EL INSECTARIO DEL CENTRO DE INTERPRETACION DEL FUNDO SAN JOSÉ.* Junín.

Alegsa, L. (3 de Julio de 2016). *Diccinario de informática y tecnología*. Obtenido de Diccinario de informática y tecnología: http://www.alegsa.com.ar/Dic/modelo_en_3d.php

Cáceres Aroca, F. A., Cortés Castro, W. A., & León Salamanca, S. A. (2015). *PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA CON MODELADO 3D DE LA POBLACIÓN ENTOMOLÓGICA DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA, COLOMBIA.* Bogotá.

CONSTRUMÁTICA. (s.f.). Obtenido de CONSTRUMÁTICA: http://www.construmatica.com/construpedia/Componentes_y_Funcionalidades_de_un_SIG#Funciones_para_la_Entrada_de_Informaci.C3.B3n

Cruz, M. (23 de Julio de 2014). *BICHÓLOGO*. Obtenido de BICHÓLOGO: http://micruzbiological.blogspot.com.co/2014/07/hilando-insectos-y-colecciones.html

Del Bosque González, I., Fernández Freire, C., Martín-Forero Morente, L., & Pérez Asensio, E. (2012). *Los Sistemas de Información Geográfica y La Investigación en Ciencias Humanas y Sociales.* Madrid: Confederación Española de Centros de Estudios Locales.

EcuRed. (2016). *EcuRed*. Obtenido de EcurRed: https://www.ecured.cu/Colecciones_Biol%C3%B3gicas#Colecciones_Biol.C3.B3gicas_en_Cuba

Guevara, A. (1992). ESQUEMA METODOLÓGICO PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO. En I. F. Catolico, & O. d. Departamento de Geografía y, *V. COLOQUIO DE GEOGRAFÍA CUANTITATIVA* (págs. 21 - 30). Zaragoza.

Langlé, R. (Agosto de 2010). *SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA*. Obtenido de SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: https://langleruben.wordpress.com/%C2%BFque-es-un-sig/

Montaño, M., Meza, A. M., & Dias, L. (2012). LA COLECCIÓN ENTOMOLÓGICA CEBUC Y SU POTENCIAL COMO COLECCIÓN DE REFERENCIA DE INSECTOS ACUÁTICOS. *Boletín Cientifico - Centro de Museos* , 12.

Morales, J. D. (6 de Julio de 2014). *IBM developerWorks®*. Obtenido de IBM developerWorks®: https://www.ibm.com/developerworks/ssa/data/library/tipos_bases_de_datos/index.html

Morales, L. (2013). BASES DE DATOS GEOGRÁFICAS. MEXICO.

Ossa, P., Giraldo, J. M., López, G., Dias, L., & Rivera, F. (2012). *COLECCIONES BIOLÓGICAS: UNA ALTERNATIVA PARA LOS ESTUDIOS DE DIVERSIDAD GÉNETICA.* Manizales.

Oviedo, M. O. (2016). *CURADURÍA DE MATERIAL ENTOMOLÓGICO PARA LA COLECCIÓN DE ARTRÓPODOS Y OTROS INVERTEBRADOS CAUD-216.* Bogotá.

Ramirez, D. P., & Bernal, A. A. (2005). PROTOCOLOS PARA LA PRESERVACIÓN Y MANEJO DE COLECCIONES BIOLÓGICAS. *Boletín Cientifico - Centro de Museos*, 117 - 148.

Rodriguez, J. M., Almonacida, J. R., & Hernandéz, A. G. (2005). *Cuidado, manejo y conservacion de las colecciones biologicas.* Bogota: John E Simmons y Yaneth Muños-Saba.

Silberschatz, A., Korth, H., & Sudarshan, S. (2002). *FUNDAMENTOS DE BASES DE DATOS.* Madrid: McGRAW-HILL.