



16-

**FECHA** Miércoles, 19 de Junio de 2019

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>UNIDAD REGIONAL</b>                        | Extensión Facatativá   |
| <b>TIPO DE DOCUMENTO</b>                      | Trabajo De Grado       |
| <b>FACULTAD</b>                               | Ingeniería             |
| <b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b> | Pregrado               |
| <b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>                     | Ingeniería de Sistemas |

El Autor(Es):

| <b>APELLIDOS COMPLETOS</b> | <b>NOMBRES COMPLETOS</b> | <b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b> |
|----------------------------|--------------------------|--|
| CAICEDO CANCHÓN            | DAVID FELIPE             | 1070966809                             |
| HERNÁNDEZ BELLO            | JUAN CAMILO              | 1074186455                             |
|                            |                          |  |
|                            |                          |  |



Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

| APPELLIDOS COMPLETOS | NOMBRES COMPLETOS |
|----------------------|-------------------|
| ANDRADE RAMÍREZ      | JAIME EDUARDO     |
| PEDRAZA HERNANDEZ    | LUZ DARY          |
|                      |                   |

| TÍTULO DEL DOCUMENTO   |
|--|
| CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA AUTOMÁTICO PARA CAPTURA, REGISTRO Y CLASIFICACIÓN DE MARIPOSAS EN EL PARQUE METROPOLITANO MARIA LUCIA DE VILLAVICENCIO |

| SUBTÍTULO<br>(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje) |
|---|
|   |

| TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:<br>Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía |
|---|
| INGENIERO DE SISTEMAS   |

| AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO | NÚMERO DE PÁGINAS |
|------------------------------|-------------------|
| 17/06/2019                   | 92                |

| DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS<br>(Usar 6 descriptores o palabras claves) |             |
|---|-------------|
| ESPAÑOL   | INGLÉS      |
| 1. Trampa   | Trap        |
| 2. lepidópteros   | Lepidoptera |
| 3. RNA  | RNA         |
| 4. Patrones   | Patterns    |
| 5.  |             |
| 6.  |             |



**RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS**  
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español)

**RESUMEN**

El siguiente proyecto muestra el desarrollo de un prototipo automático para la captura, registro y clasificación de lepidópteros que habitan el Parque Metropolitano María Lucía (PMML) en Villavicencio – Colombia, mediante la construcción de un prototipo de trampa en físico para captura de lepidópteros y el uso de Redes Neuronales Artificiales (RNA). Inicialmente se seleccionó y adecuó los sistemas mecánicos y electrónicos a la trampa, la especie fue atraída por la comida suministrada por un dosificador dentro de la trampa para poder capturarla, luego se realizó una toma de información por medio de imágenes fotográficas, una vez finalizado el registro se activó un actuador eléctrico para liberar la especie, se estableció la comunicación desde la trampa hasta el servidor para realizar la transmisión de las imágenes. Al ser recibidas se realizó el tratamiento de la misma, pasando desde una etapa de filtrado, hasta la representación matricial de la imagen en formato RGB (en esta parte se menciona que ya se ha realizado previamente el entrenamiento de la RNA), seguidamente se establecieron los patrones de cada una de las imágenes y se presentaron a la etapa de aplicación de la RNA, posteriormente la RNA identificó los patrones presentados y generó un resultado de decisión, el cual estableció si la especie analizada se encontró en la base de datos o pertenece a una nueva especie. Si la especie analizada está en la base de datos se clasifica de acuerdo a las especies que habitan en el PMMLV, en caso contrario se almacena un nuevo registro a la espera de que se registren los datos característicos por parte del experto, luego se presentaron los resultados del proceso en un aplicativo web, donde se muestra la clasificación de la especie, la fotografía, los datos característicos, ecológicos y ambientales, el lugar, la hora y la fecha del registro de cada especie analizada; finalmente se validaron los resultados presentados con apoyo de un experto del PMMLV.

Para la realización de las pruebas se ubicó la trampa de mariposas en una columna de hierro la cual estaba enterrada en una caneca llena de tierra para mantener el equilibrio teniendo en cuenta el peso de los materiales y circuitos. A continuación, se mostrará una imagen de lo que se diseñó para adecuar la trampa.

Se logró el diseño de un prototipo mecánico y electrónico para la captura, registro y clasificación de mariposas. Para ello utilizamos sistemas eléctricos para la realización de circuitos y funcionamiento de actuadores mecánicos y electrónicos, también utilizamos tres laminas circulares de madera con un diámetro no más de 30 cm, y por último se adecuó una tela quirúrgica de color negro para que la trampa quede sellada, como resultado final logramos construir el prototipo de un metro de alto con la facilidad de poderlo dividir en dos partes para obtener mayor comodidad al momento de transportarlo, la primera parte contiene todo el sistema mecánico y electrónico como también el controlador que almacena los datos, y en la segunda parte se encuentra la base donde posa la mariposa mientras se alimenta, también se encuentra ubicada la puerta de la trampa.

Para la adecuación de la trampa en el parque y la comodidad de la realización de las pruebas se utilizó una caneca cubierta de tierra, en ella se introdujo un tubo largo en el cual se instaló los sistemas de comunicación inalámbrica (Access Point), como se muestra en la **(Figura 1)** el tubo que sostiene la trampa está en la parte superior levemente doblado, esto se realizó con el fin de que al momento de instalar el panel solar que alimenta los circuitos



que contiene la trampa quede fijamente apuntando hacia arriba y permita la estabilidad de la estructura, por último se colocó la trampa de mariposas en la esquina libre del tubo para que quedara suspendida sobre el suelo.

El desarrollo del prototipo se hizo con el fin de tratar de mejorar el método de registro y clasificación de mariposas ya que la captura se realiza por un método común ya existente que es con trampas Van Someren-Rydon (Figura 11) La diferencia del prototipo que desarrollamos con respecto al método de captura de especies lepidópteras de forma manual es que permitimos por medio de la robótica, la Inteligencia Artificial y el desarrollo de software mostrar resultados fotográficos del análisis de las especies que se encuentran en el PMMLV esto con el fin de intentar no lastimar estas especies para poder realizar su estudio correspondiente, para ello realizamos la captura de la especie, la captura de imágenes fotográficas y la liberación de la especie con el prototipo físico, luego, la clasificación de las imágenes obtenidas de las especies con el aplicativo de escritorio y por último la publicación de los resultados obtenidos en un aplicativo web.

#### ABSTRACT

This document shows the development of an automatic prototype for the capture, registration and classification of lepidoptera that inhabit the María Lucía Metropolitan Park (PMML) in Villavicencio - Colombia, through the construction of a prototype trap in physics for the capture of Lepidoptera and the Use of Artificial Neural Networks (RNA). Initially it was selected and adapted to the mechanical and electronic systems to the physical trap, the species was attracted to the food supplied to the doser the trap to capture it, then an information was taken through the medium of photographic images, once a After the registration was activated in an electric actuator to release the species, communication was achieved from the trap to the server to perform the transmission of the images. When it was received, the treatment was carried out, passing through a filtering stage, until the matrix representation of the image in RGB format (we have established) the patterns of each one of the images and the stage of the application of RNA, then the RNA, the patterns of information and response are identified. to a new species. If the analyzed species is in the database it is classified according to the species that inhabit the PMMLV, otherwise a new record is stored waiting for the characteristic data to be recorded by the expert, then the results of the process in a web application, showing the classification of the species, the photograph, the characteristic, ecological and environmental data, the place, time and date of registration of each species analyzed; Finally, the results are validated with the support of a PMMLV expert.

The design of a mechanical and electronic prototype for the capture, registration and classification of butterflies was achieved. For this we use electrical systems for the realization of circuits and operation of mechanical and electronic actuators, we also use three circular sheets of wood with a diameter of no more than 30 cm, and finally we fit a black surgical fabric so that the trap is left sealed, as a final result we managed to build the prototype of a meter high with the ease of being able to divide it into two parts for greater convenience when transporting it, the first part contains the entire mechanical and electronic system as well as the controller that stores the data , and in the second part there is the base where the butterfly perches while feeding, also the trapdoor is located.

For the adaptation of the trap in the park and the convenience of carrying out the tests, an earth-covered canopy was used, in which a long haul was introduced in which the wireless communication systems (Access Point) were installed, as shows in the (Figure 1) the had to



hold the trap is in the slightly bent top, this was done so that when installing the solar panel that feeds the circuits contained in the trap is fixedly pointing upwards and allow the stability of the structure, finally placed the butterfly trap in the free corner of the had to be suspended on the ground.

The development of the prototype was made with the purpose of trying to improve the method of registration and classification of butterflies since the capture is done by an existing method that is already with Van Someren-Rydon traps (Figure 11) the difference of the prototype that we developed with the human methodology of capture of lepidoptera species manually is that we allow by means of robotics, Artificial Intelligence and software development to show photographic results of the analysis of the species found in the PMMLV this in order to try not to hurt these species to be able to carry out their corresponding study, for this we realize the capture of the species, the capture of photographic images, the release of the species, the classification of the images obtained from the species and the publication of the results obtained in a web application.

### AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito Autorizamos a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre nuestra obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:



| AUTORIZO (AUTORIZAMOS) |   | SI | NO |
|------------------------|---|----|----|
| 1.                     | La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.   | X  |    |
| 2.                     | La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.   | X  |    |
| 3.                     | La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones. | X  |    |
| 4.                     | La inclusión en el Repositorio Institucional.   | x  |    |

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso nuestra obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizamos en nuestra calidad de estudiantes y por ende autores exclusivos, que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de nuestra plena autoría, de nuestro esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de nuestra creación original particular y, por tanto, somos los únicos titulares de la misma. Además, aseguramos que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifestamos que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de nuestra competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaremos conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.



De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI \_\_\_ NO X\_\_.

En caso afirmativo expresamente indicaré indicaremos, en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

**LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

Como titulares del derecho de autor, conferimos a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los Autores, garantizamos que el documento en cuestión, es producto de nuestra plena autoría, de nuestro esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de nuestra creación original particular y, por tanto, somos los únicos titulares de la misma. Además, aseguramos que no contiene citas, ni transcripciones de otras

obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifestamos que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de nuestra competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**


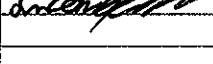
Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en los siguientes archivos.



| Nombre completo del Archivo Incluida<br>su Extensión<br>(Ej. PerezJuan2017.pdf)  | Tipo de documento<br>(ej. Texto, imagen, video, etc.) |
|--|---|
| 1. IV ENCUENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN ESCUELAS DE POLICIA GUARNICIÓN BOGOTÁ UNIVERSIDADES SEDE FACATATIVÁ.  | TEXTO   |
| 2. ARTÍCULO DE PROPUESTA UNILLANOS   | TEXTO   |
| 3. TERCERA SEMANA DE LA CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN   | TEXTO   |
| 4 CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA AUTOMÁTICO PARA CAPTURA, REGISTRO Y CLASIFICACIÓN DE MARIPOSAS EN EL PARQUE METROPOLITANO MARIA LUCIA DE VILLAVICENCIO.pdf | TEXTO   |
| 5 DOCUMENTACION DEL APLICATIVO DE ESCRITORIO   | TEXTO   |
| 6 DOCUMENTACION DEL APLICATIVO WEB   | TEXTO   |
| 7 DOCUMENTACION DEL SISTEMA FISICO   | TEXTO   |

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

| APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS | FIRMA<br>(autógrafa)   |
|-------------------------------|--|
| CAICEDO CANCHÓN DAVID FELIPE  |  |
| HERNÁNDEZ BELLO JUAN CAMILO   |  |
|                               |  |
|                               |  |

21.1-40

**CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA AUTOMÁTICO PARA  
CAPTURA, REGISTRO Y CLASIFICACIÓN DE MARIPOSAS EN EL PARQUE  
METROPOLITANO MARIA LUCIA DE VILLAVICENCIO**

**AUTORES**

**DAVID FELIPE CAICEDO CANCHÓN**

**JUAN CAMILO HERNANDEZ BELLO**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS  
FACATATIVÁ, MARZO DE 2019**

**CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA AUTOMÁTICO PARA  
CAPTURA, REGISTRO Y CLASIFICACIÓN DE MARIPOSAS EN EL PARQUE  
METROPOLITANO MARIA LUCIA DE VILLAVICENCIO**

**AUTORES**

**DAVID FELIPE CAICEDO CANCHÓN**

**JUAN CAMILO HERNÁNDEZ BELLO**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL  
TITULO DE INGENIERO DE SISTEMAS**

**DIRECTOR: ING. JAIME EDUARDO ANDRADE RAMÍREZ**

**CODIRECTORA: LIC. LUZ DARY PEDRAZA HERNÁNDEZ**

**GRUPO DE INVESTIGACION DE SISTEMAS Y TECNOLOGÍA DE FACATATIVÁ  
(GISTFA)**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGIA (CIT) DE FACATATIVÁ**

**SEMILLERO DE ROBOTICA FACATATIVA (SERFAC)**

**CENTRO DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES (CIAM) DE VILLAVICENCIO**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**FACATATIVÁ, MARZO DE 2019**

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este proyecto primeramente a Dios por permitirnos culminar este nuevo logro, a nuestras familias, porque nos brindaron su apoyo siempre de manera incondicional y permanente. Finalmente, a nuestros amigos y/o compañeros de estudio que nos respaldaron incondicionalmente en todos y cada uno de los requerimientos de nuestro proyecto haciéndolo mucho más agradable y realizable.

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestro agradecimiento y gratitud a las siguientes personas por su valioso aporte y apoyo en la realización de este proyecto:

Al profesor Jaime Eduardo Andrade Ramírez, Docente Universidad de Cundinamarca extensión Facatativá. Director de proyecto de grado.

A la Licenciada Luz Dary Pedraza, Docente Universidad del Meta. Coinvestigador de proyecto de grado.

A los profesores de la carrera de Ingeniería de Sistemas quienes pacientemente nos compartieron su conocimiento.

## **COMPROMISO DEL AUTOR**

Yo David Felipe Caicedo Canchón identificado con la cédula de ciudadanía No. 1.070'966.809 de Facatativá – Cundinamarca y con código No. 461214105, estudiante del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cundinamarca, declaro que:

El contenido del presente documento es un reflejo de mi trabajo personal y manifiesto que, ante cualquier notificación de plagio, copia o falta a la fuente original, soy responsable directo legal, económico y administrativo sin afectar al director del trabajo, a la Universidad y a cuantas instituciones que hayan colaborado en dicho trabajo, asumiendo las consecuencias derivadas de tales prácticas.

En constancia de lo anterior firma:

---

David Felipe Caicedo Canchón

C.C. 1.070'966.809 Facatativá – Cundinamarca

Yo Juan Camilo Hernández Bello identificado con la cédula de ciudadanía No. 1.074'186.455 del El Rosal – Cundinamarca y con código No. 461214124, estudiante del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cundinamarca, declaro que:

El contenido del presente documento es un reflejo de mi trabajo personal y manifiesto que, ante cualquier notificación de plagio, copia o falta a la fuente original, soy responsable directo legal, económico y administrativo sin afectar al director del trabajo, a la Universidad y a cuantas instituciones que hayan colaborado en dicho trabajo, asumiendo las consecuencias derivadas de tales prácticas.

En constancia de lo anterior firma:

---

Juan Camilo Hernández Bello

C.C. 1.074'186.455 El Rosal – Cundinamarca

## RESUMEN

El siguiente proyecto muestra el desarrollo de un prototipo automático para la captura, registro y clasificación de lepidópteros que habitan el Parque Metropolitano María Lucía (PMML) en Villavicencio – Colombia, mediante la construcción de un prototipo de trampa en físico para captura de lepidópteros y el uso de Redes Neuronales Artificiales (RNA). Inicialmente se seleccionó y adecuó los sistemas mecánicos y electrónicos a la trampa, la especie fue atraída por la comida suministrada por un dosificador dentro de la trampa para poder capturarla, luego se realizó una toma de información por medio de imágenes fotográficas, una vez finalizado el registro se activó un actuador eléctrico para liberar la especie, se estableció la comunicación desde la trampa hasta el servidor para realizar la transmisión de las imágenes. Al ser recibidas se realizó el tratamiento de la misma, pasando desde una etapa de filtrado, hasta la representación matricial de la imagen en formato RGB (en esta parte se menciona que ya se ha realizado previamente el entrenamiento de la RNA), seguidamente se establecieron los patrones de cada una de las imágenes y se presentaron a la etapa de aplicación de la RNA, posteriormente la RNA identificó los patrones presentados y generó un resultado de decisión, el cual estableció si la especie analizada se encontró en la base de datos o pertenece a una nueva especie. Si la especie analizada está en la base de datos se clasifica de acuerdo a las especies que habitan en el PMMLV, en caso contrario se almacena un nuevo registro a la espera de que se registren los datos característicos por parte del experto, luego se presentaron los resultados del proceso en un aplicativo web, donde se muestra la clasificación de la especie, la fotografía, los datos característicos, ecológicos y ambientales, el lugar, la hora y la fecha del registro de cada especie analizada; finalmente se validaron los resultados presentados con apoyo de un experto del PMMLV.

Para la realización de las pruebas se ubico la trampa de mariposas en una columna de hierro la cual estaba enterrada en una caneca llena de tierra para mantener el equilibrio teniendo en cuenta el peso de los materiales y circuitos. A continuación, se mostrará una imagen de lo que se diseñó para adecuar la trampa.

Se logro el diseño de un prototipo mecánico y electrónico para la captura, registro y clasificación de mariposas. Para ello utilizamos sistemas eléctricos para la realización de circuitos y funcionamiento de actuadores mecánicos y electrónicos, también utilizamos tres laminas circulares de madera con un diámetro no mas de 30 cm, y por último se adecuó una tela quirúrgica de color negro para que la trampa quede sellada, como resultado final logramos construir el prototipo de un metro de alto con la facilidad de poderlo dividir en dos partes para obtener mayor comodidad al momento de transportarlo, la primera parte contiene todo el sistema mecánico y electrónico como también el controlador que almacena los datos, y en la segunda parte se encuentra la base donde posa la mariposa mientras se alimenta, también se encuentra ubicada la puerta de la trampa.

Para la adecuación de la trampa en el parque y la comodidad de la realización de las pruebas se utilizó una caneca cubierta de tierra, en ella se introdujo un tubo largo en el cual se instalo los sistemas de comunicación inalámbrica (Access Point), como se muestra en la **(Figura 1)** el tubo



que sostiene la trampa esta en la parte superior levemente doblado, esto se realizó con el fin de que al momento de instalar el panel solar que alimenta los circuitos que contiene la trampa quede fijamente apuntando hacia arriba y permita la estabilidad de la estructura, por ultimo se coloco la trampa de mariposas en la esquina libre del tubo para que quedara suspendida sobre el suelo.

El desarrollo del prototipo se hizo con el fin de tratar de mejorar el método de registro y clasificación de mariposas ya que la captura se realiza por un método común ya existente que es con trampas Van Someren-Rydon (**Figura 11**) La diferencia del prototipo que desarrollamos con respecto al método de captura de especies lepidópteras de forma manual es que permitimos por medio de la robótica, la Inteligencia Artificial y el desarrollo de software mostrar resultados fotográficos del análisis de las especies que se encuentran en el PMMLV esto con el fin de intentar no lastimar estas especies para poder realizar su estudio correspondiente, para ello realizamos la captura de la especie, la captura de imágenes fotográficas y la liberación de la especie con el prototipo físico, luego, la clasificación de las imágenes obtenidas de las especies con el aplicativo de escritorio y por último la publicación de los resultados obtenidos en un aplicativo web.

**Palabras Clave:** Trampa, lepidópteros, RNA, Patrones.

## ABSTRACT

*This document shows the development of an automatic prototype for the capture, registration and classification of lepidoptera that inhabit the María Lucía Metropolitan Park (PMML) in Villavicencio - Colombia, through the construction of a prototype trap in physics for the capture of Lepidoptera and the Use of Artificial Neural Networks (RNA). Initially it was selected and adapted to the mechanical and electronic systems to the physical trap, the species was attracted to the food supplied to the doser the trap to capture it, then an information was taken through the medium of photographic images, once a After the registration was activated in an electric actuator to release the species, communication was achieved from the trap to the server to perform the transmission of the images. When it was received, the treatment was carried out, passing through a filtering stage, until the matrix representation of the image in RGB format (we have established) the patterns of each one of the images and the stage of the application of RNA, then the RNA, the patterns of information and response are identified. to a new species. If the analyzed species is in the database it is classified according to the species that inhabit the PMMLV, otherwise a new record is stored waiting for the characteristic data to be recorded by the expert, then the results of the process in a web application, showing the classification of the species, the photograph, the characteristic, ecological and environmental data, the place, time and date of registration of each species analyzed; Finally, the results are validated with the support of a PMMLV expert.*

*The design of a mechanical and electronic prototype for the capture, registration and classification of butterflies was achieved. For this we use electrical systems for the realization of circuits and operation of mechanical and electronic actuators, we also use three circular sheets of wood with a diameter of no more than 30 cm, and finally we fit a black surgical fabric so that the trap is left sealed, as a final result we managed to build the prototype of a meter high with the ease of being able to divide it into two parts for greater convenience when transporting it, the first part contains the entire mechanical and electronic system as well as the controller that stores the data , and in the second part there is the base where the butterfly perches while feeding, also the trapdoor is located.*

*For the adaptation of the trap in the park and the convenience of carrying out the tests, an earth-covered caneca was used, in which a long haul was introduced in which the wireless communication systems (Access Point) were installed, as shows in the (Figure 1) the had to hold the trap is in the slightly bent top, this was done so that when installing the solar panel that feeds the circuits contained in the trap is fixedly pointing upwards and allow the stability of the structure, finally placed the butterfly trap in the free corner of the had to be suspended on the ground.*

*The development of the prototype was made with the purpose of trying to improve the method of registration and classification of butterflies since the capture is done by an existing method that is already with Van Someren-Rydon traps (Figure 11) the difference of the prototype that we*

*developed with the human methodology of capture of lepidoptera species manually is that we allow by means of robotics, Artificial Intelligence and software development to show photographic results of the analysis of the species found in the PMMLV this in order to try not to hurt these species to be able to carry out their corresponding study, for this we realize the capture of the species, the capture of photographic images, the release of the species, the classification of the images obtained from the species and the publication of the results obtained in a web application.*

**Keywords:** *Trap, Lepidoptera, RNA, Patterns.*

## INDICE GENERAL

|  |            |
|--|------------|
| <b>DEDICATORIA.....</b>                                  | <b>III</b> |
| <b>AGRADECIMIENTOS.....</b>                              | <b>IV</b>  |
| <b>COMPROMISO DEL AUTOR.....</b>                         | <b>V</b>   |
| <b>RESUMEN.....</b>                                      | <b>VII</b> |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                     | <b>X</b>   |
| <b>LISTA DE TABLAS.....</b>                              | <b>XV</b>  |
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>                             | <b>XVI</b> |
| <b>LISTA DE ANEXOS.....</b>                              | <b>XIX</b> |
| <b>INTRODUCCION.....</b>                                 | <b>XX</b>  |
| <b>1. INFORME DE INVESTIGACION.....</b>                  | <b>21</b>  |
| <b>1.1 Estado del arte.....</b>                          | <b>21</b>  |
| <b>1.2 Línea de investigación.....</b>                   | <b>25</b>  |
| <b>1.3 Planteamiento del problema.....</b>               | <b>26</b>  |
| <b>1.4 Objetivo general y objetivos específicos.....</b> | <b>27</b>  |
| <b>1.4.1 Objetivo general.....</b>                       | <b>27</b>  |
| <b>1.4.2 Objetivos específicos.....</b>                  | <b>27</b>  |
| <b>1.5 Alcance e impacto del proyecto.....</b>           | <b>28</b>  |
| <b>1.6 Metodología.....</b>                              | <b>30</b>  |
| <b>1.6.1 Detección y captura de mariposas.....</b>       | <b>30</b>  |
| <b>1.6.2 Captura de imágenes fotográficas.....</b>       | <b>30</b>  |
| <b>1.6.3 Liberación de la especie.....</b>               | <b>30</b>  |
| <b>1.6.4 Envío de imágenes.....</b>                      | <b>30</b>  |
| <b>1.6.5 Recepción de imágenes.....</b>                  | <b>31</b>  |
| <b>1.6.6 Tratamiento de imágenes.....</b>                | <b>31</b>  |
| <b>1.6.7 Extracción de patrones.....</b>                 | <b>33</b>  |
| <b>1.6.8 Entrenamiento de la RNA.....</b>                | <b>34</b>  |

|                |  |           |
|----------------|--|-----------|
| <b>1.6.9</b>   | <b>Desarrollo del aplicativo RNA.....</b>                                      | <b>34</b> |
| <b>1.6.10</b>  | <b>Desarrollo del aplicativo Web.....</b>                                      | <b>35</b> |
| <b>1.6.11</b>  | <b>Validación.....</b>   | <b>35</b> |
| <b>1.7</b>     | <b>Marcos de referencia.....</b>   | <b>36</b> |
| <b>1.7.1</b>   | <b>Marco Histórico.....</b>  | <b>36</b> |
| <b>1.7.2</b>   | <b>Marco Teórico.....</b>  | <b>37</b> |
| <b>1.7.2.1</b> | <b>Trampa física.....</b>  | <b>37</b> |
| <b>1.7.2.2</b> | <b>Controlador Raspberry Pi.....</b>   | <b>39</b> |
| <b>1.7.2.3</b> | <b>Sensor de movimiento hc-sr501.....</b>                                      | <b>40</b> |
| <b>1.7.2.4</b> | <b>Motor paso a paso 28byj-48.....</b>   | <b>42</b> |
| <b>1.7.2.5</b> | <b>Cámara web GMI USB 15 mpx.....</b>  | <b>42</b> |
| <b>1.7.2.6</b> | <b>Ventilador 12 Voltios.....</b>  | <b>43</b> |
| <b>1.7.2.7</b> | <b>Transformador de voltaje.....</b>   | <b>43</b> |
| <b>1.7.2.8</b> | <b>Procesamiento de imágenes.....</b>  | <b>44</b> |
| <b>1.7.2.9</b> | <b>Entrenamiento de la red neuronal.....</b>                                   | <b>44</b> |
| <b>1.7.3</b>   | <b>Marco legal.....</b>  | <b>47</b> |
| <b>2.</b>      | <b>DOCUMENTACION DEL PROYECTO.....</b>   | <b>48</b> |
| <b>2.1</b>     | <b>Plan de proyecto.....</b>   | <b>48</b> |
| <b>2.2</b>     | <b>Determinación de requerimientos.....</b>                                    | <b>48</b> |
| <b>2.3</b>     | <b>Especificaciones del sistema.....</b>                                       | <b>50</b> |
| <b>2.4</b>     | <b>Diagramas y Modelados del Aplicativo web y de escritorio.....</b>           | <b>51</b> |
| <b>2.4.1</b>   | <b>Modelo de entidad relación (MER).....</b>                                   | <b>51</b> |
| <b>2.4.1.1</b> | <b>Descripción del modelo de entidad relación.....</b>                         | <b>52</b> |
| <b>2.4.2</b>   | <b>Diagrama de casos de uso.....</b>   | <b>52</b> |
| <b>2.4.2.1</b> | <b>Descripción casos de uso.....</b>   | <b>53</b> |
| <b>2.4.3</b>   | <b>Diagrama de secuencia aplicativo de escritorio.....</b>                     | <b>53</b> |
| <b>2.4.3.1</b> | <b>Descripción del diagrama de secuencia del aplicativo de escritorio.....</b> | <b>54</b> |
| <b>2.4.4</b>   | <b>Diagrama de secuencia del aplicativo web.....</b>                           | <b>54</b> |
| <b>2.4.4.1</b> | <b>Descripción del diagrama de secuencia del aplicativo web.....</b>           | <b>54</b> |
| <b>2.4.5</b>   | <b>Diagrama de actividad de la aplicación de escritorio.....</b>               | <b>55</b> |

|   |    |
|---|----|
| 2.4.5.1 Descripción del diagrama de actividad del ingreso a la configuración del PSI..... | 55 |
| 2.4.5.2 Descripción del diagrama de actividad del entrenamiento del PSI.....              | 56 |
| 2.4.5.3 Descripción del diagrama de actividad de la aplicación de escritorio.....         | 56 |
| 2.4.6 Diagrama de actividad del aplicativo web.....                                       | 57 |
| 2.4.6.1 Descripción del diagrama de actividad del aplicativo web.....                     | 58 |
| 2.4.7 Diagrama de clases del aplicativo de escritorio y la aplicación web.....            | 58 |
| 2.4.7.1 Descripción del diagrama de clases de la aplicación de escritorio.....            | 59 |
| 2.4.8 Diagrama de despliegue del aplicativo de escritorio y el aplicativo web.....        | 59 |
| 2.4.8.1 Descripción del diagrama de clases de la aplicación de escritorio.....            | 60 |
| 2.5 Documentación del prototipo de trampa física.....                                     | 60 |
| 2.5.1 Diseño del prototipo físico.....  | 60 |
| 2.5.2 Detección y captura de mariposas.....   | 63 |
| 2.5.3 Captura de imágenes fotográficas.....   | 66 |
| 2.5.4 Liberación de la especie.....   | 67 |
| 2.5.5 Transmisión y recepción de imágenes.....  | 68 |
| 2.6 Documentación del aplicativo de escritorio.....                                       | 69 |
| 2.7 Documentación del aplicativo web.....   | 75 |
| 2.7.1 Rutas y controlador de la página principal.....                                     | 76 |
| 2.7.2 Login.....  | 78 |
| 2.7.3 Administrador.....  | 80 |
| 2.7.4 Usuario.....  | 84 |
| 3. VALIDACIONES.....  | 85 |
| 4. ESTIMACION DE RECURSOS.....  | 89 |
| 5. CONCLUSIONES.....  | 90 |
| 6. BIBLIOGRAFIA.....  | 91 |

**LISTA DE TABLAS**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabla 1. Líderes de investigación.....</b>            | <b>25</b> |
| <b>Tabla 2. Requerimiento funcional 1.....</b>           | <b>48</b> |
| <b>Tabla 3. Requerimiento funcional 2.....</b>           | <b>48</b> |
| <b>Tabla 4. Requerimiento funcional 3.....</b>           | <b>49</b> |
| <b>Tabla 5. Requerimiento funcional 4.....</b>           | <b>49</b> |
| <b>Tabla 6. Requerimiento funcional 5.....</b>           | <b>49</b> |
| <b>Tabla 7. Requerimiento funcional 6.....</b>           | <b>50</b> |
| <b>Tabla 8. Requerimiento funcional 7.....</b>           | <b>50</b> |
| <b>Tabla 9. Resultados del prototipo de trampa.....</b>  | <b>86</b> |
| <b>Tabla 10. Resultados por especie de mariposa.....</b> | <b>88</b> |
| <b>Tabla 11. Estimación de recursos.....</b>             | <b>89</b> |

**LISTA DE FIGURAS**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 1. Diagrama de bloques general.....</b>                                 | <b>30</b> |
| <b>Figura 2. Envío de imágenes.....</b>   | <b>31</b> |
| <b>Figura 3. Diagrama de flujo tratamiento de imágenes.....</b>                   | <b>32</b> |
| <b>Figura 4. Tratamiento de imágenes.....</b>                                     | <b>33</b> |
| <b>Figura 5. Extracción de patrones.....</b>                                      | <b>33</b> |
| <b>Figura 6. Extracción de patrones.....</b>                                      | <b>34</b> |
| <b>Figura 7. Aplicativo de entrenamiento.....</b>                                 | <b>34</b> |
| <b>Figura 8. Aplicativo RNA.....</b>  | <b>35</b> |
| <b>Figura 9. Red entomológica.....</b>  | <b>38</b> |
| <b>Figura 10. Trampa Van Someren-Rydon.....</b>                                   | <b>39</b> |
| <b>Figura 11. Instalación de la trampa.....</b>                                   | <b>39</b> |
| <b>Figura 12. Controlador Raspberry Pi V 2.0.....</b>                             | <b>40</b> |
| <b>Figura 13. Sensor de movimiento HC-SR501.....</b>                              | <b>40</b> |
| <b>Figura 14. Lente de Fresnel.....</b>   | <b>41</b> |
| <b>Figura 15. Control sensor de movimiento.....</b>                               | <b>41</b> |
| <b>Figura 16. Motor paso a paso 28BYJ-48.....</b>                                 | <b>42</b> |
| <b>Figura 17. Cámara web.....</b>   | <b>42</b> |
| <b>Figura 18. Ventilador 12 voltios.....</b>                                      | <b>43</b> |
| <b>Figura 29. Transformador de voltaje.....</b>                                   | <b>44</b> |
| <b>Figura 20. Modelo Entidad Relación Base de Datos.....</b>                      | <b>51</b> |
| <b>Figura 21. Diagrama Casos de uso.....</b>                                      | <b>52</b> |
| <b>Figura 22. Diagrama de Secuencia del aplicativo de escritorio.....</b>         | <b>53</b> |
| <b>Figura 23. Diagrama de secuencia del aplicativo web.....</b>                   | <b>54</b> |
| <b>Figura 24. Diagrama de Actividad, Ingresar a la configuración del PSI.....</b> | <b>55</b> |
| <b>Figura 25. Diagrama de Actividad, Entrenar el PSI.....</b>                     | <b>55</b> |
| <b>Figura 26. Diagrama de Actividad, Aplicación del PSI.....</b>                  | <b>56</b> |



|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figura 27. Diagrama de Actividad, Reiniciar el PSI.....</b>                     | <b>56</b> |
| <b>Figura 28. Diagrama de Actividad, Registrar nuevas mariposas.....</b>           | <b>57</b> |
| <b>Figura 29. Diagrama de Actividad, Eliminar mariposa.....</b>                    | <b>57</b> |
| <b>Figura 30. Diagrama de Actividad, Reportar novedades al administrador.....</b>  | <b>58</b> |
| <b>Figura 31. Diagrama de Clases.....</b>  | <b>58</b> |
| <b>Figura 32. Diagrama de Despliegue.....</b>                                      | <b>59</b> |
| <b>Figura 33. Prototipo inicial.....</b>   | <b>60</b> |
| <b>Figura 34. Prototipo de trampa de mariposas, espacio de la electrónica.....</b> | <b>61</b> |
| <b>Figura 35. Prototipo completo de trampa de mariposas.....</b>                   | <b>62</b> |
| <b>Figura 36. Prototipo cubierto con tela quirúrgica.....</b>                      | <b>62</b> |
| <b>Figura 37. Diseño del segundo prototipo.....</b>                                | <b>63</b> |
| <b>Figura 38. Sensor de movimiento.....</b>  | <b>65</b> |
| <b>Figura 39. Access Point TL-WA7510N.....</b>                                     | <b>69</b> |
| <b>Figura 40. Aplicación de escritorio.....</b>                                    | <b>70</b> |
| <b>Figura 41. Cargar imágenes.....</b>   | <b>71</b> |
| <b>Figura 42. Botón cargar imágenes.....</b>                                       | <b>71</b> |
| <b>Figura 43. Entrenamiento RNA.....</b>   | <b>72</b> |
| <b>Figura 44. Muestra de especies de mariposas.....</b>                            | <b>73</b> |
| <b>Figura 45. Resultado de entrenamiento.....</b>                                  | <b>74</b> |
| <b>Figura 46. Base de datos.....</b>   | <b>74</b> |
| <b>Figura 47. Código para uso de estilos.....</b>                                  | <b>75</b> |
| <b>Figura 48. Código de la página principal.....</b>                               | <b>76</b> |
| <b>Figura 49. Código de ruta de inicio.....</b>                                    | <b>76</b> |
| <b>Figura 50. Código para traer información de la base de datos.....</b>           | <b>77</b> |
| <b>Figura 51. Diseño de la vista principal.....</b>                                | <b>77</b> |
| <b>Figura 52. Vista de la clasificación de las especies.....</b>                   | <b>78</b> |
| <b>Figura 53. Código del diseño del login.....</b>                                 | <b>79</b> |
| <b>Figura 54. Diseño de la vista login.....</b>                                    | <b>79</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figura 55. Rutas de conexión a la vista del login.....</b>  | <b>80</b> |
| <b>Figura 56. Especies registradas en el aplicativo.....</b>   | <b>80</b> |
| <b>Figura 57. Vista para realizar la modificación de la especie seleccionada en la vista anterior.....</b>       | <b>81</b> |
| <b>Figura 58. Código de estructura la parte de modificar un registro ya existente.....</b>                       | <b>81</b> |
| <b>Figura 59. Código de estructura la parte de visualización de las diferentes especies registradas.....</b>     | <b>82</b> |
| <b>Figura 60. Código de estructura la parte de visualización de las diferentes especies registradas.....</b>     | <b>82</b> |
| <b>Figura 61. Ruta encargada de enlazar cada función de la vista con el controlador Espacios Controller.....</b> | <b>83</b> |
| <b>Figura 62. Mensajes enviados por el usuario.....</b>  | <b>84</b> |
| <b>Figura 63. Imagen del apartado de mensajes que envía el usuario.....</b>                                      | <b>84</b> |
| <b>Figura 64. Mariposas de prueba.....</b>   | <b>85</b> |
| <b>Figura 65. Mariposa dentro de la trampa.....</b>  | <b>85</b> |
| <b>Figura 66. Inicio del aplicativo con su función cargar imágenes.....</b>                                      | <b>87</b> |
| <b>Figura 67. Imágenes recibidas por el computador tomadas desde la trampa.....</b>                              | <b>87</b> |
| <b>Figura 68. Imágenes de entrenamiento de la red.....</b>   | <b>88</b> |

## **LISTA DE ANEXOS**

- ✓ Carta Aval
- ✓ Artículos
- ✓ MINr008\_V6 (Anteproyecto)
- ✓ Requerimientos IEEE
- ✓ Derechos de Autor
- ✓ Datos de Contacto
- ✓ CvLAC

## INTRODUCCIÓN

Actualmente el proceso de reconocimiento y estudio de las especies de mariposas involucran un arduo y laborioso trabajo, para realizar dicho proceso se utilizan métodos como trampas con cebo y registros visuales con red entomológica, que implican la intervención de personas para recorrer el lugar de estudio y realizar la toma de datos manualmente, lo que puede llegar a poner el espécimen en riesgo (Andrade-C MG, Henao ER, Triviño P. 2013). Se pretende generar conciencia en la conservación de lepidópteros, con la construcción de esta herramienta con el fin de minimizar el daño a las especies lepidópteras en el momento de la captura, permitiendo obtener individuos en completo estado natural. Al hacer la captura con una herramienta tradicional se corre el riesgo de afectación en las alas y las escamas, se requiere mucho tiempo en el muestreo, no se aporta información ecológica, ambiental y característica de cada especie analizada en un menor tiempo de estudio (Andrade-C MG, Henao ER, Triviño P. 2013). Para mejorar la manera de capturar las mariposas, se desarrollará un método con ayuda de herramientas tecnológicas mediante la creación de una trampa que capture y registre información fotográfica de las distintas especies de lepidópteros que habitan en el PMMLV para luego clasificarlas con una RNA y almacenar los resultados en una base de datos local para ser presentados en un aplicativo web. Con lo que se busca determinar que la implementación de modelos inteligentes y herramientas tecnológicas son una solución de alto impacto en el tema de la conservación de lepidópteros porque se pone en práctica desarrollos autosostenibles energéticamente con mínima intervención humana.

Para el proceso de captura de mariposas se desarrollará un método con ayuda de herramientas tecnológicas para la creación de una trampa de distintas especies de lepidópteros, la cual se desea implementar en el PMMLV, permitiendo una manera más adecuada para el estudio de estas especies obteniendo individuos en completo estado natural y buscando generar conciencia de la importancia en la conservación de lepidópteros, además, minimiza el tiempo, aporta información ecológica, ambiental y característica de cada especie analizada, Ya que realiza un proceso automático para capturar y liberar el espécimen, además de realizar un registro fotográfico que permitirá hacer un estudio más rápido y con datos digitalizados los cuales podrán ser parte de un software capaz de identificar y clasificar estos datos para estudios futuros.

## 1. INFORME DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 ESTADO DEL ARTE

El seguimiento de poblaciones de mariposas es una importante herramienta para medir los cambios en el medio ambiente, así como para conocer la capacidad de los hábitats para albergar biodiversidad. La orden lepidóptera posee un gran número de insectos llamados mariposas, que tienen en común poseer cuatro alas membranosas cubiertas de escamas imbricadas y coloreadas, partes bucales adaptadas para la succión en forma de un largo tubo enrollado en espiral (espiritrompa) y metamorfosis completa, aunque la diversidad en forma, tamaño y colores es muy grande entre las diferentes especies hay ciertos caracteres conspicuos que ayudan a reconocer al orden sin dificultad alguna (El Economista June 29, 2018), en la colección del Museo de Entomología de la Universidad del Valle, se encuentra la colección de mariposas, en donde la mayoría de los ejemplares están determinados según su especie, retroalimentando la información sobre la diversidad de lepidópteros del país. Además, permite promover la investigación y conservación de los miembros de este grupo, los cuales son importantes para los ecosistemas de Colombia. Por otro lado, las mariposas son consideradas uno de los grupos de insectos más confiables para ser utilizados como bioindicadores en estudios de inventario o monitoreo de diversidad (Garzón Romero EC, Posso Gomez CE, Chacon P, Dahners HW. 2014).

La comunidad de mariposas en la región de la Orinoquia puede presentar variación en la abundancia, riqueza, y composición de especies presentes en la región, dependiendo de factores como el tamaño de los relictos de bosque, formas, complejidad estructural y conectividad entre los fragmentos de bosque (Armando Carrero DS, Roberto Sánchez Montaña L, Enrique Tobar DL. 2013). Para el trabajo con mariposas en el medio silvestre hay dos técnicas básicas de recolección: la primera es una red entomológica; también llamada red lepidopterológica o jama, esta consiste en un aro de 40 cm de diámetro, tiene un cono de tela de tul muy suave, el largo del cono es de 100 cm y la punta de este cono debe terminar de manera redondeada para evitar que la especie se lastime al momento de ingresar en la red. El segundo método es una trampa Someren-Rydon; esta trampa consiste en un cono de tela tul suave, generalmente de color negro o verde, el cual tiene tapado la parte superior, hacia la mitad del cono debe tener un sistema de apertura y cierre rápido (Velcro) para poder sacar los ejemplares, la parte inferior del cono no debe estar cerrada, en este debe haber una base con un plato en donde se coloca el cebo, la distancia entre la parte inferior de la trampa y la base no debe superar 2.5 cm (Armando Carrero DS, Roberto Sánchez Montaña L, Enrique Tobar DL. 2013).

También existen varias clases de redes entomológicas, dentro de las cuales esta: Red Entomológica Modular; Es una red de uso general para la captura manual de ejemplares, muy versátil, puede alcanzar una longitud hasta de 2,5 metros mediante acoples de rosca, construida en materiales livianos y resistentes a la humedad, Red Entomológica Estudiantil; Es una red de uso general, para la captura manual de ejemplares, el aro de acero inoxidable y su cabo en madera hacen de este un equipo ligero y resistente al deterioro, de fácil armado y presentación económica, Trampa Muestreo Hojarasca WINKLER; Tres bolsas de malla colocadas al interior de un cilindro de tela

impermeable que finaliza en un colector plástico, permiten atrapar en campo los pequeños artrópodos que habitan la hojarasca (trampas para insectos, trampas de luz, luz blanca, luz negra, trampas para mamíferos pequeños, tomhowak. June 29 2018).

Cada vez recobra importancia el conocimiento taxonómico de las especies, por esto los inventarios biológicos son la herramienta más importante para el conocimiento de un grupo determinado en un área específica. Los inventarios de mariposas son empleados para determinar no sólo las especies existentes en un área, sino también relacionar dicha diversidad con las condiciones antrópicas, buscando determinar especies indicadoras de la calidad del hábitat (Andrade-C. MG, Campos Salazar LR, González Montaña LA, Pulido B HW. 2007). Las mariposas diurnas son consideradas como uno de los grupos más abundantes y diversificados en los bosques tropicales, su estudio en los aspectos de diversidad, abundancia, composición y riqueza pueden evidenciar respuestas interpretables a los procesos antrópicos de fragmentación de los bosques naturales, en los cuales la diversidad de hábitat es presumiblemente mayor que en los paisajes fragmentados. Desde el año 2011, se comenzó a recolectar esporádicamente ejemplares de mariposas en las reservas, convirtiéndose de un pasatiempo a una actividad rigurosa en poco tiempo, con el fin de conocer las especies en dicho lugar. La recolección de ejemplares empezó de vez en cuando, especialmente los fines de semana, posteriormente al darse cuenta de la diversidad e importancia de estos organismos, aunaron esfuerzos para el conocimiento de la diversidad de las especies del lugar. Cada vez que era posible y los factores climáticos lo permitían, se realizaban recorridos desde 2650 a 3050 m de altitud, a través de senderos con pendientes que en algunos casos superan los 60 grados, empleando red entomológica de mango corto. Debido al difícil acceso, la recolección desde su inicio fue selectiva, es decir buscando solo capturar los ejemplares no observados en las salidas previas o de difícil reconocimiento taxonómico o con alguna duda sobre su identidad (Henaó-B ER, Stiles FG. 2018).

El presente estudio resalta el uso de mariposas como indicadoras de tipo y calidad de hábitat, principalmente pradera/matorral, borde de bosque y bosque, encontrados en el relleno sanitario Praderas del Magdalena del municipio de Girardot (Cundinamarca, Colombia). Se colectaron 239 individuos representados en 6 familias, 16 subfamilias, 46 géneros y 59 especies, las cuales representan cerca del dos por ciento de las especies estimadas para Colombia y el dieciocho por ciento de las especies registradas para la cordillera Oriental. La mayor riqueza y diversidad se registró en el hábitat de pradera-matorral, y el análisis de similitud evidenció una baja afinidad entre los hábitats menor al cincuenta por ciento. Sin embargo, la mayor similitud ocurrió entre el borde de bosque y el bosque (Elena ADS. 2008).

Nemocón es un municipio de Cundinamarca que está ubicado en la provincia de Sabana Centro. Dentro de éste, existen diversos ecosistemas que proveen al municipio de belleza y esplendor, lo que lo convierte en un escenario perfecto para la fotografía en ambiente natural, ya que ésta ofrece otra forma de percibir el mundo, teniendo en cuenta que el sujeto se encuentra detrás de la cámara, este tiene la posibilidad de plasmar lo que desee. La ecología y sus conceptos claves ayudan a entender cómo funciona un ecosistema y como se puede llegar a ver alterado con algún tipo de perturbación cerca o dentro de éste, además de mostrarnos como un organismo tan pequeño como una mariposa puede llegar a influir en el equilibrio de éste (Presente L, El EN, Nemocón MDE. 2014).

Colombia es el tercer país a nivel mundial con mayor diversidad de mariposas diurnas, con cerca de 3019 especies descritas hasta el momento, de las cuales 300 son endémicas. Esta enorme diversidad es el producto del posicionamiento geográfico, además de la compleja topografía, mosaico de climas, suelos, fisiografía e historia geológica, representando una zona de intercambio de especies entre Centro y Sur América y una posición privilegiada sobre la franja tropical (Andrade 2000).

El orden Lepidóptera es uno de los más diversos entre los insectos y se destaca por su abundancia en América del Sur. Se estima en más de 250.000 las especies identificadas, de las cuales unas 150.000 han sido descritas hasta el presente. La Región Neotropical exhibe la mayor diversidad de Lepidóptera, alberga el 42% del total de especies, cuando son tenidas en cuenta sólo Papilionoidea y Hesperioidea (Lazzeri MG, Bar ME, Damborsky MP. 2011).

Las mariposas se han registrado en Planes de Seguimiento de Mariposas (Butterfly Monitoring Schemes) desde 1976. Existen en Europa planes de seguimiento bien organizados que permanecen activos en muchos países, desde Finlandia en el norte hasta España en el sur. Incluso cuando no hay un plan formal en una región o país, transectos individuales o en pequeños grupos son muy valiosos, tanto para describir cambios locales de biodiversidad como para contribuir a programas a nivel europeo en los que las mariposas se utilizan como indicadores. Estos indicadores responden con rapidez a cambios medioambientales y son de gran utilidad para documentar los cambios en la biodiversidad europea (Swaay C Van, Conservation B, Warren M. 2014).

La cría de mariposas diurnas es una alternativa que permite a las comunidades rurales desarrollarse económicamente, preocupándose del medio ambiente y de la conservación de las funciones de los ecosistemas. Por primera vez, en el municipio de Tenosique, estado de Tabasco, México, se propuso un proyecto basándose en el desarrollo de la cría de mariposas diurnas y su gestión para la producción de artesanías (Laura Dénommée Patriganni Informe de prácticas final presentado al Département de biologi. 2010).

La cría de mariposas para exhibición al público en jardines ha sido una actividad comercial seria desde 1977. Estos jardines fueron establecidos como complemento a atracciones y lugares turísticos en el Reino Unido. Los países líderes en producción de mariposas son Malasia, Filipinas, Tailandia, Taiwán, Kenya, Madagascar, Costa Rica, El Salvador y Papua-New Guinea. A nivel mundial los mariposarios son espacios muy importantes en diversos países: Costa Rica, Ecuador y Perú. Una de las experiencias más exitosas es la de Costa Rica. En 1984 surge la primera empresa en América Latina. En México, el Estado pionero en la construcción de los mariposarios fue Yucatán. Este fue el primer mariposario que se fundó en 1990 en Xcaret.

Con posterioridad al desarrollo de proyectos y trampas de mariposas, a nivel mundial se empezaron a elaborar mariposarios que son construcciones encerradas en malla y acondicionadas con humedad, temperatura y alimentación adecuados para la crianza y la exhibición de mariposas en su medio natural. Un mariposario es un zoo criadero o espacio dentro de un zoológico dedicado especialmente a la cría y exhibición de mariposas (Bolívar S, Ortega DS, Wilson H, Rodríguez Velandia R, Patricia M. 2016).

A partir de los años 60, en Colombia, se concibe el proceso de generación de conciencia ambiental. Es así como surge los mariposarios, como espacios públicos dedicados a la toma de conciencia y preservación del medio ambiente; lugares que han aportado en la construcción de conciencia ambiental a niños, jóvenes y adultos. En primer lugar, se destaca el Mariposario del Jardín Botánico de Medellín creado por la señora Elena Baraya, con la Sociedad de Mejoras Públicas, el Municipio de Medellín y el Club de Jardinería; quienes crean una Fundación privada sin ánimo de lucro, que le da vida al Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe. Inaugurado el 19 de abril de 1972. En 1991 surge la idea de crear el Jardín de Mariposas del Quindío en cabeza del señor Alberto Gómez Mejía quien menciona la iniciativa a la famosa conservacionista inglesa Miriam Rothschild. El Entomólogo Richard Hesterberg brinda generosamente toda la asesoría científica y técnica para este proyecto, sugiriendo además construirlo con forma de mariposa, idea que fue acogida, escogiendo una mariposa llamada cristalina quindiana (*Pseudohaetera hypaesia*), de color azul transparente que habita los bosques húmedos del Quindío, especialmente en los climas fríos y templados. La cubierta de la edificación reproduce la forma de las alas de la mariposa. La obra se realiza con recursos del Programa Ambiental –Banco Interamericano de Desarrollo, BID– del Ministerio de Ambiente y se concluye en el año 2000. Tiene 680 m<sup>2</sup> y alberga, más de 1.500 mariposas de más de 30 especies nativas diferentes, todas ellas producidas en el zoo criadero que funciona en otro lugar del Jardín (Bolívar S, Ortega DS, Wilson H, Rodríguez Velandia R, Patricia M. 2016).

Pereira entra con su mariposario Amaranta; el cual surge como idea de la Ingeniera Ambiental Gloria Stella Giraldo. Cuenta con 30 especies de mariposas. En el año 2010 se construye el Mariposario Selva Viva en el municipio de Bello Antioquia, al interior del centro comercial Puerta del Norte, es el único mariposario de Latinoamérica que se encuentra en una zona urbana; el cual, contiene un total de 30 especies de mariposas.

En la actualidad los dispositivos móviles constituyen herramientas de uso diario para personas de todas partes del mundo, esto ha venido acompañado de los avances de tecnologías multimedia y han permitido no sólo facilitar la comunicación entre personas sino también la colaboración en entornos educativos, laborales, familiares, entre otros, diferentes herramientas han sido desarrolladas para contribuir con la clasificación de especies de animales y plantas de forma automática, impulsados por técnicas de reconocimiento de patrones basados en características visuales, obtenidos a partir de imágenes, El proceso de recolección de muestras de estas especies lepidópteras implica tiempo y esfuerzo, antes de ser sometidas a estudios para determinar su evolución y características principales. Expertos en esta área han logrado generar a lo largo del tiempo, bases de conocimiento sobre familias, subfamilias, tribus y géneros de mariposas con diferentes características relevantes. Debido a esto, los estudiantes de biología cuentan actualmente con una gran cantidad de información acerca de lepidópteros. Sin embargo, esta cantidad dificulta aprender sobre ellas de forma más efectiva (Santana LJ, Directora R, Lucia MS, Mantilla P, Distrital U, José De Caldas F. 2018).



## 1.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

El grupo de investigación GISTFA, con año de creación 2007 y código de grupo COLCIENCIAS COL0085019, hace parte del programa de Ingeniería de Sistemas, de la extensión de Facatativá. El grupo comprende los semilleros de software libre LINUDECX, CLOUD-IN, SERFAC y APLICACIONES MOVILES.

| Nombre               | Líder                         |
|----------------------|-------------------------------|
| LINUDECX             | Gina Maribel Valenzuela S.    |
| CLOUD-IN             | Oscar Javier Morera Z.        |
| SERFAC               | Jaime Eduardo Andrade Ramírez |
| APLICACIONES MOVILES | Cesar Yesid Barahona R.       |

Tabla 1. Líderes de investigación

El grupo trabaja bajo la línea de investigación Software, sistemas emergentes y nuevas tecnologías, definida por la universidad de Cundinamarca. A la fecha, el grupo GISTFA cuenta con cinco proyectos de investigación avalados por la Universidad de Cundinamarca y seis investigadores reconocidos ante COLCIENCIAS.

Es así como GISTFA asume la responsabilidad de la investigación del programa con la tarea de convertir los resultados de sus semilleros en proyectos eficientes, óptimos y de impacto en la comunidad académica y en su entorno. Sobre esta base y bajo convenios hechos con las empresas de la región GISTFA ha implementado proyectos de desarrollo e innovación en la Alcaldía Municipal, Escuela de Comunicaciones, Policía Nacional y la empresa de aguas de Facatativá. Fue relevante para el grupo los trabajos desarrollados con el I.D.R.D del distrito Capital entre otras. Otros intereses de la investigación en el grupo GISTFA lo comprometen hacia una labor en la cual un ejercicio permanente actualice su razón de ser a partir de proyectos informáticos que generen conocimiento pertinente y consistente en el tiempo. Ahora bien, el grupo GISTFA crece y así las investigaciones orientadas por el grupo han contribuido a la creación de ambiciosas metas como la generación de proyectos interdisciplinarios (en el caso de la alianza con el grupo de investigación Axioma) y la transición hacia el emprendimiento y la innovación para fortalecer la transferencia de conocimiento y las conexiones con el sector empresarial.

Actualmente y desde su labor investigativa, el grupo GISTFA cuenta con el CIT (Centro de Innovación y Tecnologías) del programa de Ingeniería de Sistemas, Facatativá, con el objetivo de aumentar el impacto de los productos generados por el grupo de investigación GISTFA en la evaluación realizada por COLCIENCIAS y así mismo proponer nuevas metodologías de desarrollo como resultado de los productos generados a lo largo de la vida de los proyectos informáticos.

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el proceso para realizar un estudio acerca de las diferentes especies de mariposa involucra el laborioso trabajo de capturarlas utilizando dos técnicas de registro, trampas con cebo y registros visuales con red entomológica, estos métodos implican la intervención de personas encargadas de recorrer el sitio de estudio y realizar la toma de datos manualmente lo que puede llegar a poner al espécimen en riesgo en el momento de la captura, ya que al usar una herramienta tradicional se corre el riesgo de afectación en las alas y las escamas de las especies lepidópteras.(Perez, 2013)

Para el proceso de captura de mariposas se desarrolló un método con ayuda de herramientas tecnológicas para la creación de una trampa de distintas especies de lepidópteros, la cual se implementó en el PMMLV, permitiendo una manera más adecuada para el estudio de estas especies obteniendo individuos en completo estado natural y buscando generar conciencia de la importancia en la conservación de lepidópteros, además, minimiza el tiempo, aporta información ecológica, ambiental y característica de cada especie analizada, Ya que realiza un proceso automático para capturar y liberar el espécimen, además de realizar un registro fotográfico que permite hacer un estudio más rápido y con datos digitalizados los cuales son parte de un software capaz de identificar y clasificar estos datos para estudios futuros.

¿Cómo ofrecer una posible solución para la detección y toma de imágenes de mariposas empleando medios tecnológicos en el PMMLV?

## **1.4 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECIFICOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Construir un prototipo de sistema automático para capturar, registrar y clasificar mariposas mediante una trampa inteligente haciendo uso de RNA implementada en Matlab® en el PMMLV.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Construir un prototipo de trampa para mariposas desde la parte mecánica y electrónica que permita la captura de imágenes fotográficas.
- Implementar un sistema de comunicación inalámbrico para el envío y recepción de imágenes.
- Realizar el tratamiento de imágenes recibidas desde el sistema embebido para manipularlas desde la RNA de clasificación.
- Desarrollar un aplicativo local RNA y realizar el entrenamiento de esta para la clasificación y registro de las distintas especies del PMMLV.
- Desarrollar un aplicativo web para visualizar datos ecológicos, ambientales y característicos de las especies de mariposas estudiadas en el PMMLV.
- Realizar una comparación entre la captura de imágenes de mariposas de forma automática y la captura de imágenes de forma manual.

## 1.5 ALCANCE E IMPACTO DEL PROYECTO

Según el profesor e investigador Néstor Fernando Pérez Buitrago en la actualidad los llanos orientales cuentan con más de 3.500 especies de las cuales se han registrado 695 que en su mayoría son correspondientes al orden lepidóptero (mariposas) y el profesor Gonzalo Andrade del instituto de ciencias naturales (ICN) de la Universidad Nacional asegura que Colombia cuenta con 3.274 especies de las cuales 200 están registradas en la Orinoquia, por ello es muy común encontrar información del estudio y cuidado de las distintas especies de lepidópteros existentes, ya que estas son las encargadas del trabajo de polinización igual que las abejas y entre otras especies. Para realizar el análisis de las mariposas, hay que tener en cuenta la intervención humana para capturar estas especies y poder analizarlas, lo que conlleva a sacrificar la especie, además de la cantidad de tiempo dedicado para recorrer los distintos lugares de estudio, para dar una descripción de la metodología que conlleva la captura y análisis de una mariposa, en Octubre de 2005 hasta Agosto de 2006 se realizó un análisis de estudio en la región de la Orinoquia que consistió en la recolección de muestras en todos los lugares de estudio durante cuatro días continuos, otorgando un tiempo de 10 horas por cuatro recolectores, para un tiempo de 160 horas por localidad, para un total de 800 horas de colectas. Se realizaron caminatas en senderos claros del bosque desde las 08:00 am hasta las 08:00 pm dependiendo de las condiciones climatológicas. Para la colecta se utilizaron redes de captura de mariposa de 2 metros de altura y 50 centímetros de diámetro, luego las especies fueron sacrificadas utilizando la técnica de “piching” o sujeción torácica, guardadas en sobres de papel mantequilla y llevadas al laboratorio para su montaje y posterior identificación(Perez, 2013).

Para solucionar el problema de conservación de las especies y las áreas rurales en el departamento del meta se desarrollan proyectos de construcción de aulas ambientales siendo así un espacio no formal como impacto académico y ambiental, con el fin de generar conciencia en la importancia de los espacios ambientales y especies lepidópteras(M G Andrade-C, Henao, & Triviño, 2013).

Para elaborar el proyecto se determinarán requerimientos tecnológicos, de campo, administrativos y características que se pretenden implementar interinstitucionalmente entre los grupos de investigación GISTFA (Universidad de Cundinamarca extensión Facatativá) y el Grupo CIAM (Universidad del Meta) con los semilleros SERFAC y ECOHUELLAS respectivamente, para el desarrollo y construcción de un prototipo de trampa automática y una red neuronal artificial que componen el sistema que se presentará como técnica innovadora para la recolección y clasificación de mariposas en estudios de biodiversidad, que permita a los investigadores interesados en su análisis implementar una forma fácil y ágil para el avistamiento y clasificación de las distintas especies, sin tener en cuenta el contacto humano. Con este sistema se podrán obtener los datos ambientales, ecológicos y característicos de las especies en su hábitat natural y facilitando así realizar su posterior análisis por medio del software, el cual obtendrá los datos de las diferentes especies almacenados y permitirá su visualización, además que, al reducir el contacto de las personas en el proceso de captura, se disminuirá las posibilidades de que el espécimen muera en dicha actividad.

El proyecto que se desarrollará tiene un impacto medio ambiental que se verá reflejado en el desarrollo de un prototipo automático que ayudará a la conservación de las especies lepidópteras

por medio de la captura y análisis de estas especies sin ninguna intervención humana, ya que esto ha conllevado a la baja población de algunas especies de lepidópteros como por ejemplo la mariposa monarca (“Mariposa monarca, motor para salvar áreas protegidas | El Economista,” n.d.), el sistema automáticamente atrapará a la mariposa sin lastimarla que será atraída por medio de un sistema de alimentación, una vez la mariposa se encuentre en estado de reposo y alimentación, una cámara procederá a tomar y guardar imágenes fotográficas que luego serán transmitidas y procesadas, simultáneamente se permitirá la liberación de la mariposa. Además, un impacto económico, ya que, al buscar la preservación y conservación de estas especies, el ser humano no colaborará con la destrucción de las zonas, por medio de la deforestación lo que ha llevado a la extinción de varias especies, problemas medio ambientales, cambios de uso de los suelos, etc. Lo que conlleva a la implementación de nuevas tecnologías para la preservación de las zonas naturales para seguir dando existencia a las especies de mariposas como por ejemplo empresas tecnológicas como Land Life que está generando proyectos de conciencia para el ser humano y ayudar a proteger las áreas donde se encuentran estas coloridas especies (“NOTICIAS,” n.d.).

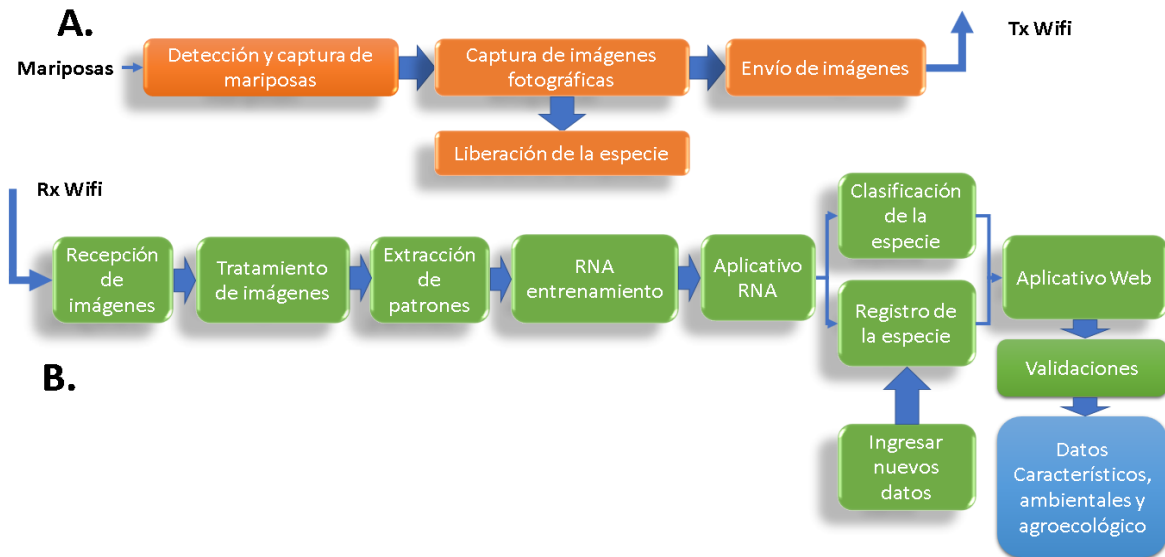
En México, alrededor del 50% de la superficie está altamente degradada; hasta hace unos 15 años se perdían alrededor de 1 millón de hectáreas por año, ahora se pierden 94,000, según datos de la Semarnat. Ya sea por cambio de uso de suelo, deforestación, incendios, entre otros factores, éste aún es un problema, todo esto afectando a la conservación de las distintas especies de mariposas, representando no solo un problema nacional si no internacional, donde se debe tener en cuenta que la intervención humana está dañando las zonas donde se encuentran las especies lepidópteras (Patriganni, 2010).

Con este proyecto se buscó apoyar tecnológicamente el proceso de registro e identificación de las cinco especies de mariposas que habitan el Parque Metropolitano María Lucía ubicado en la ciudad de Villavicencio – Meta. El CIAM de la UNIMETA contará con una herramienta útil y de fácil manejo para el registro e identificación de las mariposas del parque, ya que según la Lic. Luz Dary Pedraza: “tecnificar este proceso ayudaría para la certificación y licencia de exportación de las mariposas”. Además, se pretende formar una alianza, no solo interdisciplinaria entre los programas Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Ambiental sino interinstitucional entre la Universidad de Cundinamarca y la Corporación Universitaria del Meta; esto conllevará a fortalecer los grupos de investigación de las dos instituciones y abrir las puertas a más proyectos de este tipo. La idea de este proyecto nació en el año 2017 y desde entonces hasta la fecha se cuenta con los siguientes productos:

- Tercera semana de la ciencia, tecnología e innovación 2018.
- IV Encuentro Internacional, Semilleros de Investigación, Escuela de Policía Guarnición Bogotá y Universidades. Facatativá mayo 31 de 2018.
- Congreso Internacional en Sostenibilidad Ambiental con Responsabilidad Social 2018.

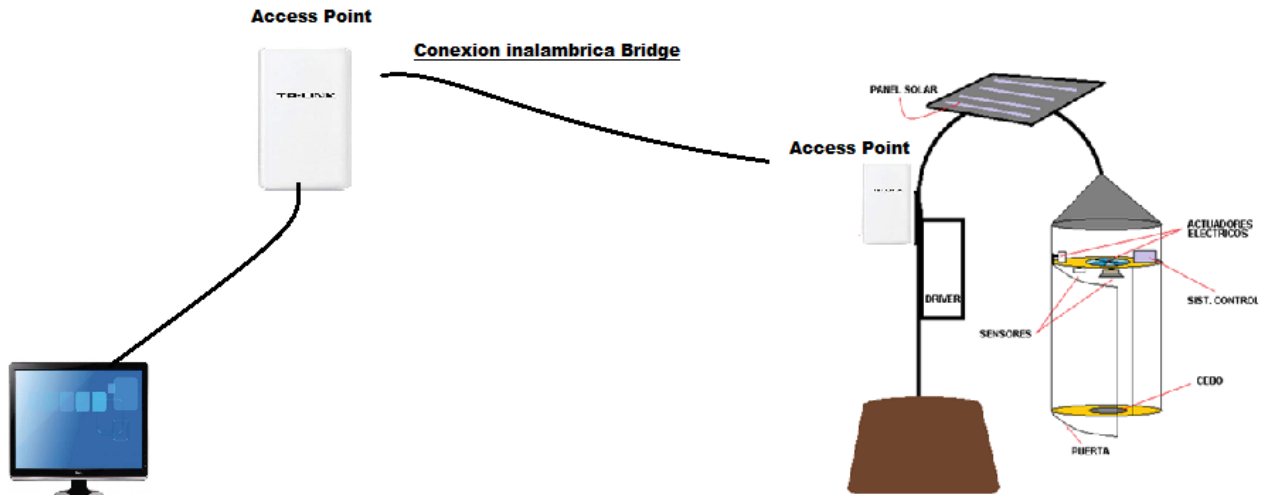
## 1.6 METODOLOGÍA

Para la investigación se trabajó con el tipo de investigación experimental, con un enfoque mixto, teniendo en cuenta que se abordará parte tanto cualitativa como cuantitativa. Para ello se plantean 11 etapas vistas desde el diagrama general (**figura 1**).



**Figura 1.** Diagrama de bloques general.

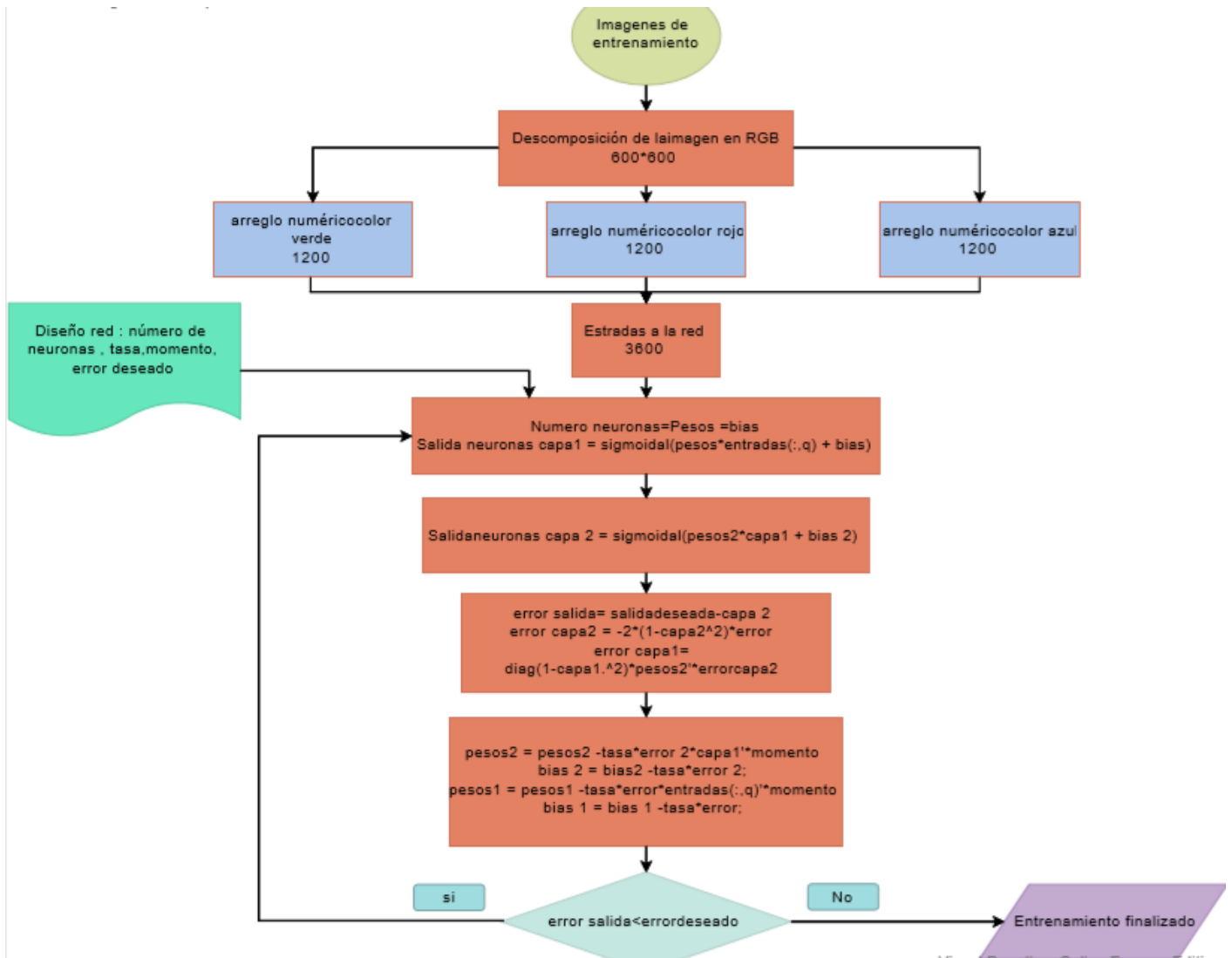
- 1.6.1 Detección y captura de mariposas.** Se realizó la detección y captura de la mariposa al ingresar a la trampa por medio de un sensor que detecta su movimiento y un actuador eléctrico.
- 1.6.2 Captura de imágenes fotográficas.** En esta etapa se llevó a cabo el registro fotográfico de la especie empleando un transductor de imágenes y un sistema embebido integrado (Raspberry pi v.2.0).
- 1.6.3 Liberación de la especie.** Una vez realizada la captura de imágenes fotográficas, el sistema controla automáticamente un actuador eléctrico para abrir la trampa para permitir la liberación de la especie.
- 1.6.4 Envío de imágenes.** Simultáneamente a la liberación de la especie, se realizó el envío de imágenes desde la trampa hacia el servidor principal haciendo uso de dos Acces Point configurados como puentes (**figura 3**).



**Figura 2.** Envío de imágenes.

**1.6.5 Recepción de imágenes.** El servidor principal recibe las imágenes desde el módulo y éstas se almacenan en una ruta determinada del sistema embebido. Es de mencionar que el historial de imágenes desde el momento que se enciende la trampa se almacena en disco y a partir de allí se sobrescriben los archivos.

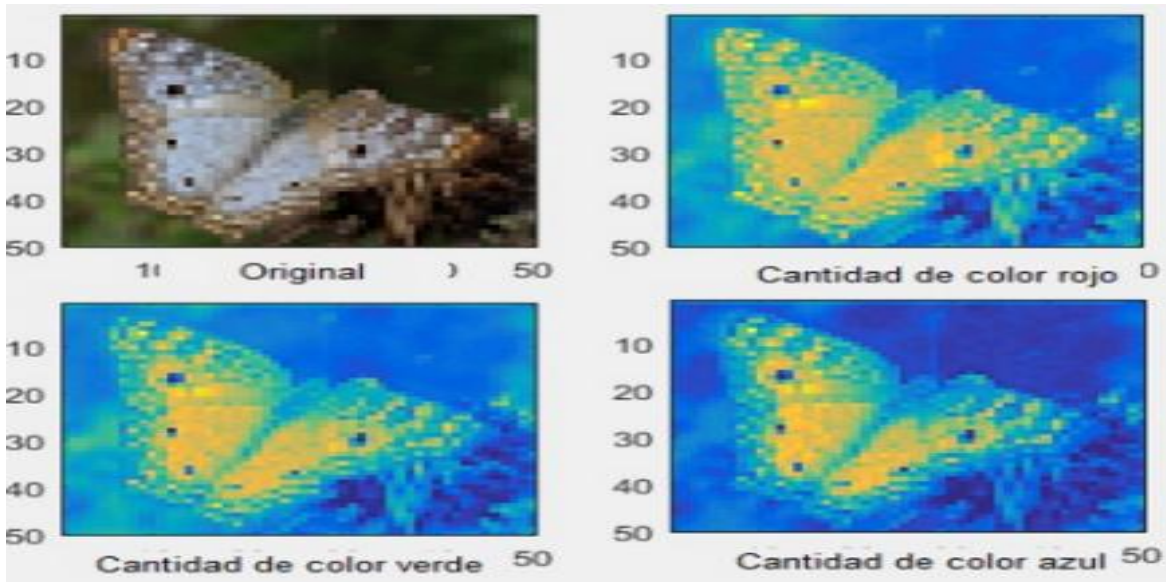
**1.6.6 Tratamiento de imágenes.** Luego de que se realice la recepción, las imágenes almacenadas se seleccionan automáticamente de acuerdo con los subíndices, en la **Figura 5** se muestra un proceso más claro del proceso del entrenamiento con las imágenes obtenidas.



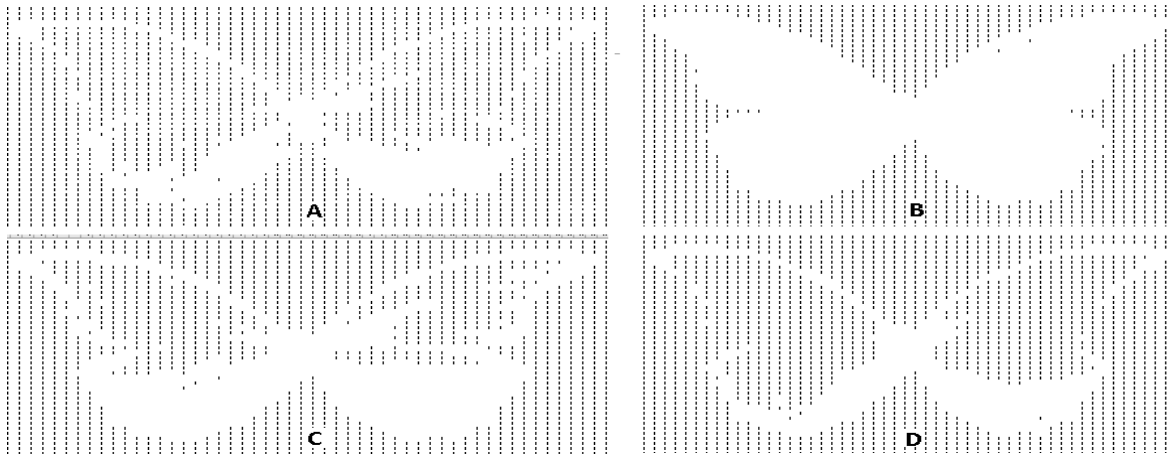
**Figura 3.** Diagrama de flujo tratamiento de imágenes

Se pasan por un tratamiento de imagen digital, de tal manera que se filtran para ajustar el brillo, la intensidad y el contraste, seguidamente se realizará la descomposición de la imagen tratada en formato RGB (Red, Green, Blue) (**figura 5**) y se extraen tres matrices de valores numéricos que representan el color de cada píxel.





**Figura 4.** Tratamiento de imágenes.



**Figura 5.** Extracción de patrones.

**1.6.7 Extracción de patrones.** Una vez se tienen las matrices de la Figura 6, se extraen los vectores característicos de cada imagen, de tal manera que se consiguen patrones de [1x1200] por color, es decir que a cada imagen se le aplica un algoritmo de compresión por filas y columnas y se agrupan en un vector que representa la tercera parte de la cantidad de elementos de entrada para la RNA (**figura 6**).

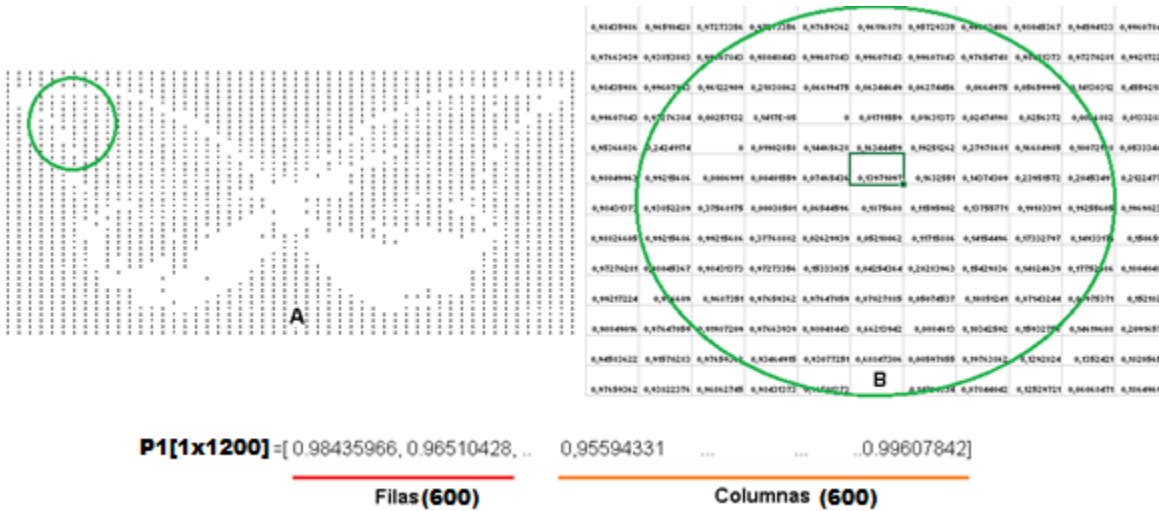


Figura 6. Extracción de patrones.

**1.6.8 Entrenamiento de la RNA.** Se diseñó una RNA con la metodología de aprendizaje y arquitectura más adecuadas para la realización del reconocimiento y clasificación de las imágenes, para esto el software en el que se diseña y entrena la red funciona de manera dinámica que permite realizar pruebas en búsqueda de un buen resultado (figura 7).

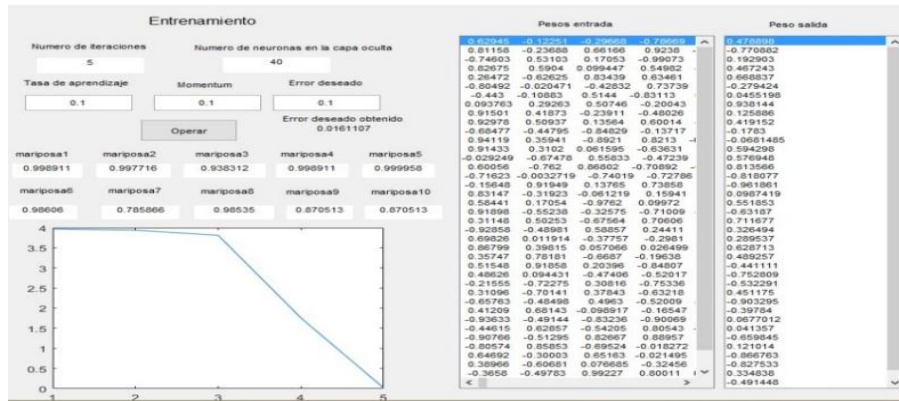
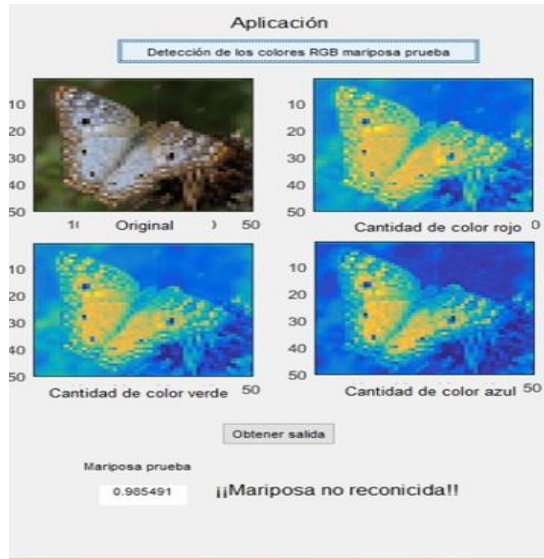


Figura 7. Aplicativo de entrenamiento.

**1.6.9 Desarrollo del aplicativo RNA.** Para la aplicación de la RNA se desarrolló en Matlab® (figura 7) una herramienta de software capaz procesar las imágenes guardadas en el servidor e identificarlas para realizar la clasificación o el registro (figura 8). A cada imagen identificada se le asignó un índice referente a cada una de las posibles tareas que se realizan en el aplicativo web. Los índices utilizados se le agregaron al nombre de cada imagen de muestra.



**Figura 8.** Aplicativo RNA.

**1.6.10 Desarrollo del aplicativo Web.** Terminada la identificación de las especies capturadas, el sistema le indica al aplicativo web por medio del índice a que tabla de la base de datos serán asignados dichos registros. En el entorno web se manejan roles para cada función del sistema, es decir que en la parte del administrador se tiene la función de registro y reportes de captura entre otras y en el rol del usuario se visualizan los resultados de clasificación de mariposas con la presentación de los datos característicos, imágenes e información de registro.

**1.6.11 Validación.** Finalmente, Las imágenes y datos característicos de cada especie publicados en el modelo web son validados por un experto y comparados con la respuesta generada por el sistema inteligente.

## 1.7 MARCOS DE REFERENCIA

### 1.7.1 MARCO HISTORICO

Como ya se mencionó, este proyecto aborda temas como trampas de mariposas, procesamiento de imágenes, red neuronal artificial, reconocimiento de patrones, sistemas de comunicación wifi, y desarrollo de software. Como ya se sabe, ningún proyecto comienza de cero, es decir, tiene antecedentes que son la base para su desarrollo; a continuación, mostraremos los antecedentes tenidos en cuenta en la investigación de nuestro proyecto:

Trampa Van Someren-Rydon: esta trampa consiste en un cono de tela tul suave, generalmente de color negro o verde de 1 m de largo, el cual tiene tapado la parte superior, hacia la mitad del cono debe tener un sistema de apertura y cierre rápido (Velcro) para poder sacar los ejemplares, la parte inferior del cono no debe estar cerrada, en este debe haber una base con un plato en donde se coloca el cebo más o menos de 20 cm de ancho, la distancia entre la parte inferior de la trampa y la base no debe superar 2.5 cm (Armando Carrero DS, Roberto Sánchez Montaña L, Enrique Tobar DL 2013).

Procesamiento de imágenes digitales: Una imagen natural capturada con una cámara, un telescopio, un microscopio o cualquier otro tipo de instrumento óptico presenta una variación de sombras y tonos. Imágenes de este tipo se llaman imágenes analógicas. Para que una imagen analógica, en blanco y negro, en escala de grises o a color puede ser "manipulada" usando un ordenador, primero deben convertirse a un formato adecuado. Este formato es la imagen digital correspondiente. La transformación de una imagen analógica a otra discreta se llama digitalización (de las coordenadas espaciales  $x$ ,  $y$ ) y es el primer paso en cualquier aplicación de procesamiento de imágenes digitales (Hoyos & Hoyos, 2004).

Redes Neuronales Artificiales (RNA): Existen numerosas formas de definir lo que son las redes neuronales, desde las definiciones cortas y genéricas hasta las que intentan explicar más detalladamente los que significa red neuronal o computación neuronal. Se define como un sistema de computación hecho por un gran número de elementos simples, elementos de proceso muy interconectados, los cuales procesan información por medio de su estado dinámico como respuesta a entradas externas (Hecht-Niesen).

Reconocimiento de patrones: el término reconocimiento de patrones originalmente se refería a la detección de formas simples, tales como caracteres escritos a mano, mapas del tiempo y espectros del lenguaje. Los primeros experimentos, alrededor de 1960, estaban basados en redes neuronales elementales, como perceptrón (Rosenblat), Adaline (Widrow) y Matrices de aprendizaje (Steinbuch).

Método de aprendizaje Back Propagation: en 1986, Rumelhart, Hinton y wiliams (Rummelhart), basándose en los trabajos de otros investigadores (Werbos, Parker) formalizaron un método para que una red neuronal aprendiera la asociación que existe entre los patrones de entrada de la misma y las clases correspondientes. Este método, conocido como Back Propagation (propagación del

error hacia atrás), está basado en la generalización de la regla delta y, a pesar de sus propias limitaciones, ha ampliado de forma considerable el rango de aplicaciones de las redes neuronales.

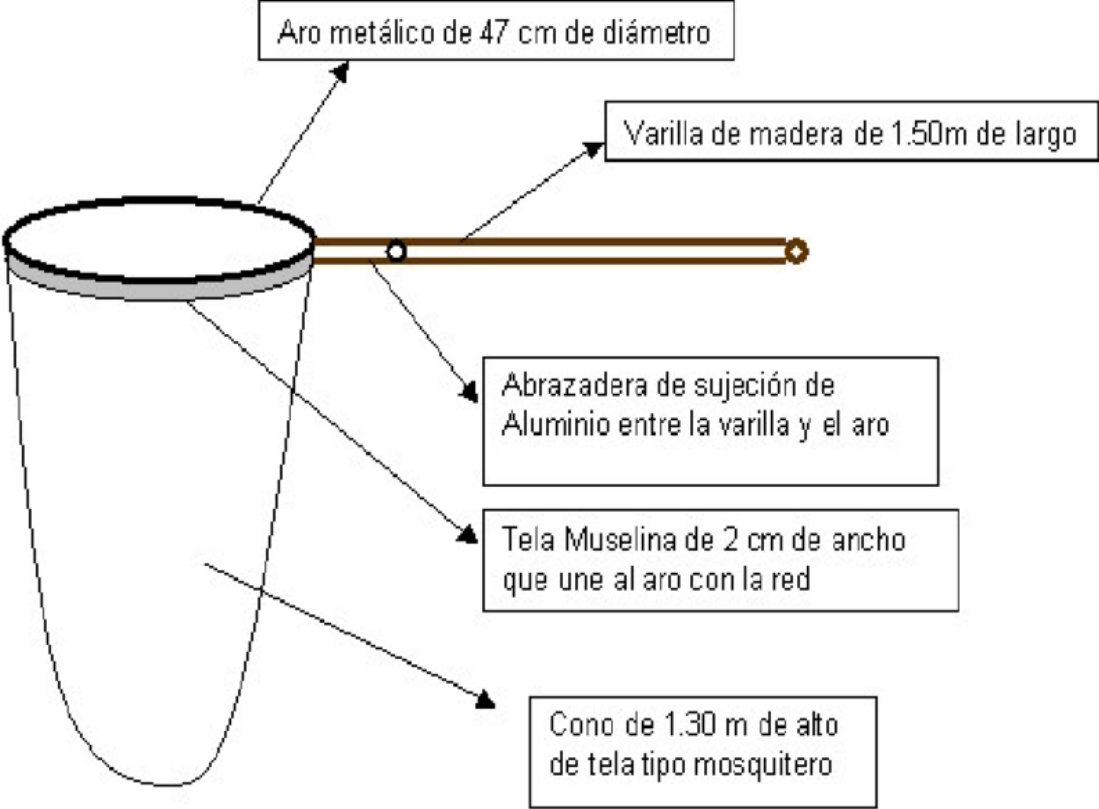
Comunicación TCP/IP: es una descripción de protocolos de red desarrollado por (Vinton Cerf y Robert E. Kahn, 1970). Fue implantado en la red Arpanet, la primera red de área amplia (WAN), desarrollada por encargo de Darpa, una agencia del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, y predecesora de Internet. El modelo TCP/IP es usado para comunicaciones en redes. TCP/IP provee conectividad de extremo a extremo especificando cómo los datos deberían ser formateados, direccionados, transmitidos, enrutados y recibidos por el destinatario.

2018 “Construcción de un prototipo de sistema automático para captura, registro y clasificación de mariposas en Villavicencio –Colombia Aplicando Inteligencia Artificial (Caso de Estudio Parque Metropolitano María Lucía”, Caicedo, Hernández, Pedraza, Andrade: El presente documento muestra el desarrollo de un sistema inteligente para el registro e identificación de Lepidópteros que habitan en el parque Metropolitano María Lucía (PMML) en Villavicencio, mediante el uso de Redes Neuronales Artificiales (RNA) implementadas en Matlab y aplicadas a cinco especies de mariposas. El sistema recibe una fotografía del ejemplar en estudio, aplica métodos de aprendizaje Back Propagation logrando el aprendizaje de la red neuronal. Seguidamente se validan estos resultados con ayuda de un experto y de ser verídicos se presenta la información de dicha especie, en caso contrario, los datos característicos, y ambientales del nuevo ejemplar de mariposa serán solicitados por el sistema para ser almacenados en una base de datos. Esta herramienta fue propuesta y desarrollada por integrantes del Centro de Innovación y Tecnología (CIT) de la Universidad de Cundinamarca (UDEEC) extensión Facatativá para brindar apoyo tecnológico al proyecto “Construcción de un prototipo de sistema automático para captura, registro y clasificación de mariposas” adscrito al Centro de Investigaciones Ambientales (CIAM) de la Corporación Universitaria de Meta (UNIMETA).

## 1.7.2 MARCO TEORICO

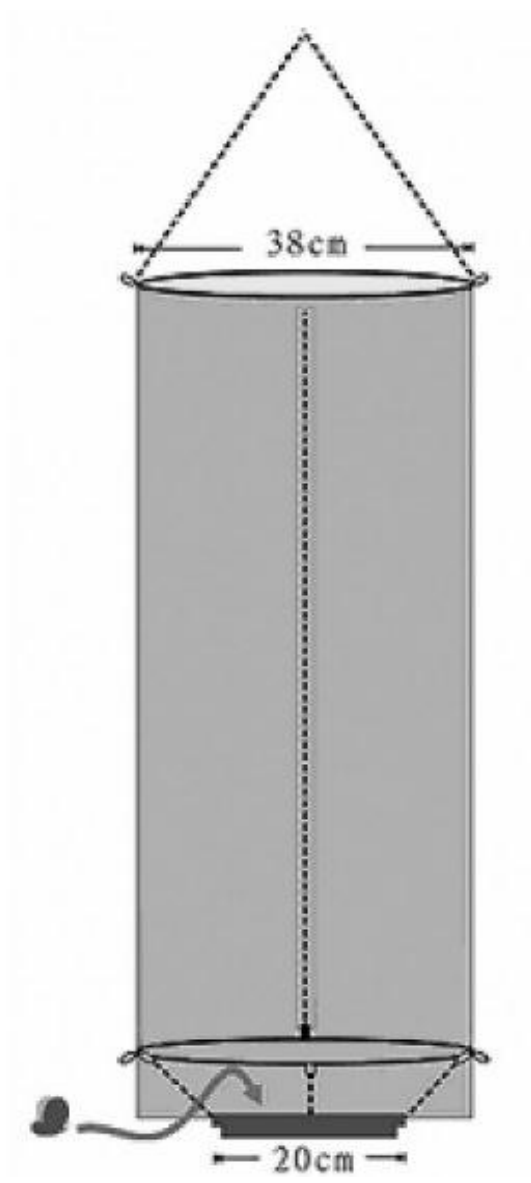
En esta sección se explican los aspectos teóricos que abarcaron el desarrollo del sistema físico e inteligente, el cual comprende temas relacionados con sistemas electrónicos y mecánicos, procesamiento de imágenes, reconocimiento de patrones, inteligencia artificial, almacenamiento en base de datos y aplicativo de escritorio y web.

**1.7.2.1 Trampa física:** Para capturar y registrar especies de mariposas se desarrollan dos técnicas básicas de recolección: la primera es una red entomológica; también llamada red lepidopterológica o jama, esta consiste en un aro de 47 cm de diámetro y 2 cm de ancho, tiene un cono de tela de tul muy suave, el largo del cono es de 130 cm y la punta de este cono debe terminar de manera redondeada para evitar que la especie se lastime al momento de ingresar en la red y una varilla generalmente de madera de 150 cm de largo (**figura 10**).

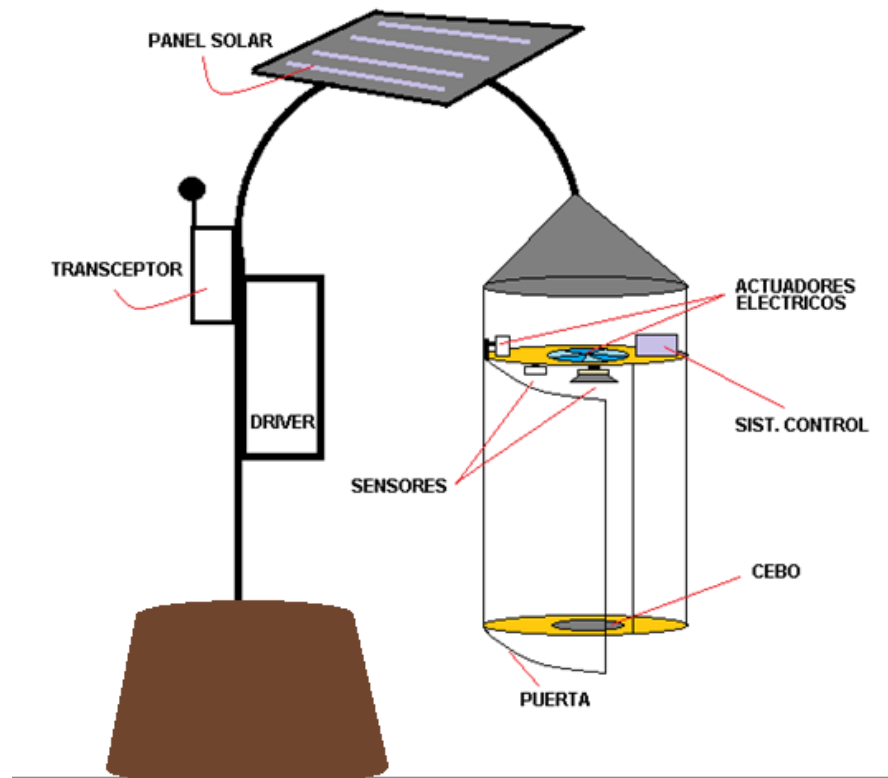


**Figura 9.** Red entomológica.

El segundo método es una trampa Van Someren-Rydon; esta trampa consiste en un cono de tela tul suave, generalmente de color negro o verde de 1 m de largo, el cual tiene tapado la parte superior, hacia la mitad del cono debe tener un sistema de apertura y cierre rápido (Velcro) para poder sacar los ejemplares, la parte inferior del cono no debe estar cerrada, en este debe haber una base con un plato en donde se coloca el cebo más o menos de 20 cm de ancho, la distancia entre la parte inferior de la trampa y la base no debe superar 2.5 cm (Armando Carrero DS, Roberto Sánchez Montaña L, Enrique Tobar DL 2013) (**figura 10**).



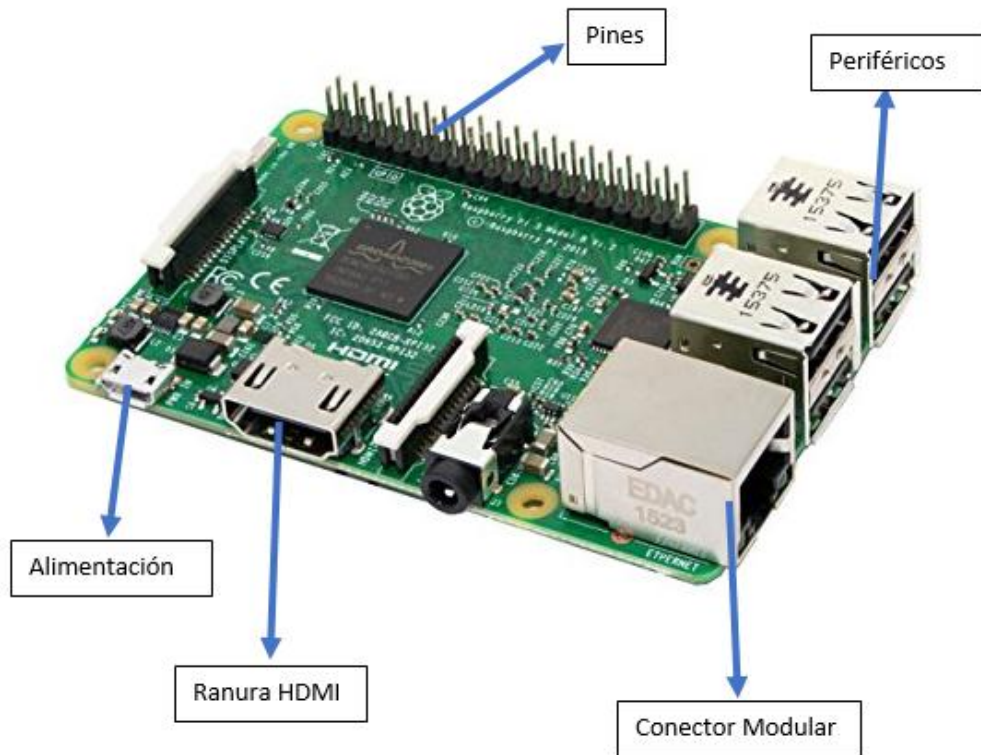
**Figura 10.** Trampa Van Someren-Rydon.



**Figura 11.** Instalación de la trampa

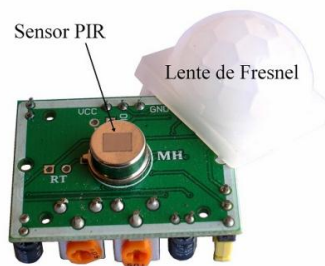
**1.7.2.2 Controlador Raspberry PI:** Raspberry pi es un controlador para sistemas electrónicos y mecánicos, gracias a que posee una gran memoria de proceso lo que permite la ejecución simultánea de varios actuadores gracias a que contiene cuarenta pines de los cuales tres son de energía (uno de 3 voltios y dos de 5 voltios), 8 pines guiados a tierra (GND) y 29 pines que permiten la transmisión de datos para controlar los sistemas electrónicos, posee un sistema operativo propio de la placa llamado Raspbian además de ello trae una ranura microSD donde se aloja el sistema operativo, esta placa viene con cuatro periféricos tipo USB para la conexión de componentes externos, trae una ranura micro USB donde se conecta un cargador de 5 voltios para alimentar el controlador, una ranura HDMI para conectar a una pantalla con el mismo sistema del puerto para visualizar el sistema operativo y poder programar los sistemas electrónicos. Por último, posee un conector modular tipo ethernet para la conexión y transmisión de datos por medio de red local entre el controlador y una computadora (**figura 12**).





**Figura 12.** Controlador Raspberry Pi V 2.0.

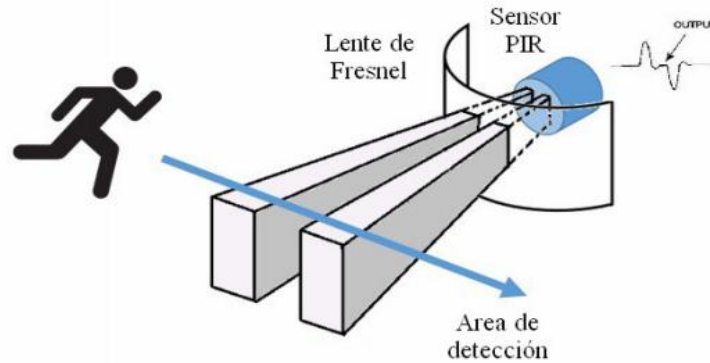
### 1.7.2.3 Sensor de movimiento hc-sr501.



**Figura 13.** Sensor de movimiento HC-SR501.

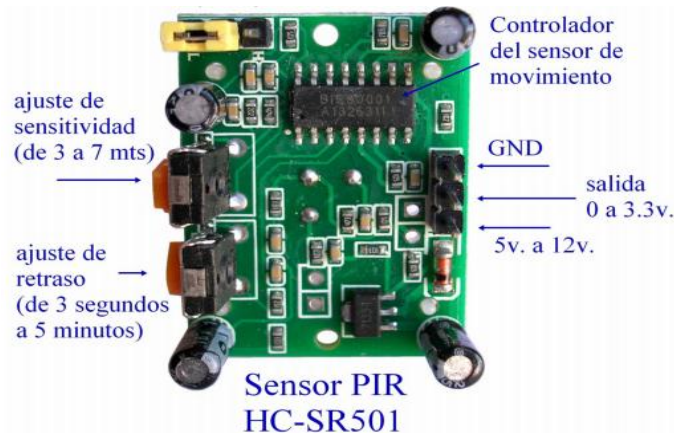
Este sensor de movimiento o infrarrojo posee un sensor PIR (Pyroelectric Infrared) o (Passive Infrared) que detecta el movimiento de seres humanos o animales debido a la radiación electromagnética infrarroja emitida por la temperatura del cuerpo, y un lente de Fresnel (figura 11)

semiesférico hecho de polietileno cuyo objetivo es permitir el paso de la radiación infrarroja en el rango de los 8 y 14 micrones. El lente detecta radiación en un ángulo con apertura de 110° y, adicionalmente, concentra la energía en la superficie de detección del sensor PIR, permitiendo una mayor sensibilidad del dispositivo (**figura 14**).



**Figura 14.** Lente de Fresnel.

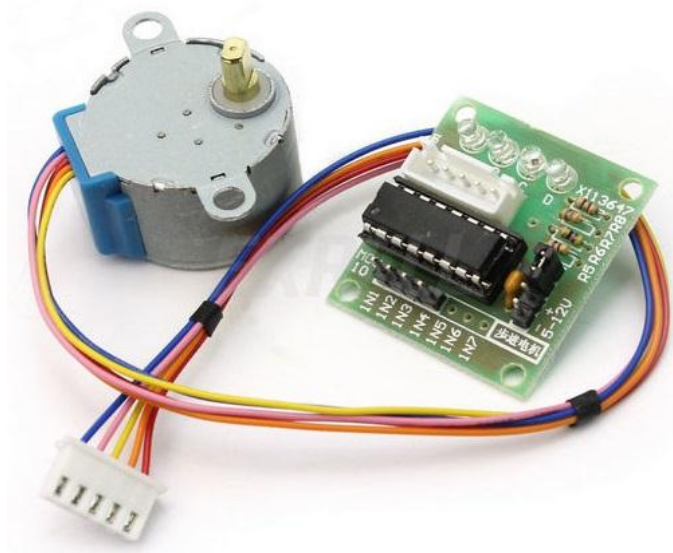
El sensor de movimiento HC-SR501 posee un voltaje de alimentación de 5 voltios y un consumo promedio menor a un miliamperio, un rango de distancia de 3 a 7 metros ajustables, un ángulo de detección de 110°, un tiempo de respuesta ajustable entre 3 segundos y 5 minutos, trabaja en temperaturas entre -15° a +70° C. (HC-SR501 PIR Sensor infrarrojo de movimiento. Punto Flotante S.A. 2017).



**Figura 15.** Control sensor de movimiento.

**1.7.2.4 Motor paso a paso 28byj-48:** El motor paso a paso funciona con energía de 5 a 12 voltios, viene con un circuito integrado o controlador que contiene 4 LEDs, 4 entradas de control (1N1, 1N2, 1N3, 1N4), jumpers para controlar la entrada de voltaje ya sea 5

o 12 voltios, cada paso realizado por el motor es de 5, 625° y frecuencia máxima de 100 HZ que equivale a un delay de 10 ms.



**Figura 16.** Motor paso a paso 28BYJ-48.

**1.7.2.5 Cámara web GMI usb 15 mp:** La cámara web GMI en un dispositivo con conexión tipo USB, posee una resolución de 15 megapíxeles y 4 leds laterales para la toma de imágenes en espacios oscuros.



**Figura 17.** Cámara web.

**1.7.2.6 Ventilador 12 voltios:** Este tipo de ventiladores tienen un tamaño de 80 x 80 x 25 mm, están alimentados por una fuente de 12 voltios.



**Figura 18.** Ventilador 12 voltios.

**1.7.2.7 Transformador de voltaje:** La función de un transformador de voltaje es recibir energía y convertirla a un voltaje más pequeño por ejemplo 5 voltios, es utilizado para la alimentación de sistemas electrónicos y mecánicos o controladores.



**Figura 19.** Transformador de voltaje.

**1.7.2.8 Procesamiento de imágenes:** Cada imagen de la carpeta de entrenamiento pasa por un escalado que es la técnica empleada para ajustar su resolución a un estándar en este caso sería un tamaño de 600X600 pixeles y se le asigna un nombre y un índice para

poder ser presentada a la red neuronal en la cual empieza por seleccionar un muestreo de 10 imágenes por especie, realizar la descomposición de cada imagen en formato RGB (Red, Green, Blue) creando las matrices que representan los valores numéricos correspondientes a cada color componente rojo, componente verde y componente azul con un tamaño de 600X600 cada matriz. Posteriormente cada matriz se promedia por filas y columnas generando 2 vectores de 1X600 por fila y columnas al juntarlas genera un vector de 1\*1200 por color, obteniendo un vector final de  $1*1200 * 3 = 3600$  que representaran la entrada de la red por imagen.

imagen [600X600]

rojo=(fila1.1+fila1.2+...+fila1.600)/600,(columna1.1+columna1.2+...+columna1.600)/600

rojo = filas [1X600] +columnas [1X600] = [1X1200]

verde=(fila1.1+fila1.2+...+fila1.600)/600,(columna1.1+columna1.2+...+columna1.600)/600

verde = filas [1X600] +columnas [1X600] = [1X1200]

azul=(fila1.1+fila1.2+...+fila1.600)/600,(columna1.1+columna1.2+...+columna1.600)/600

azul = filas [1X600] +columnas [1X600] = [1X1200]

Entradas a la red= rojo[1X1200]+verde[1X1200]+azul[1X1200]= [1X3600].

**1.7.2.9 Entrenamiento de la red neuronal:** Se consideró el diseño de una RNA dinámica respecto a su arquitectura, con aprendizaje BackPropagation para cumplir con los requerimientos de identificación del sistema, se consideran 3600 entradas como mínimo para cada patrón de entrenamiento, se usaron 100 patrones por 5 especies de mariposas y se logró una arquitectura inicial con un error del 46% de dimensiones aproximadas a 3600 neuronas de entrada por 120 neuronas ocultas y 5 neurona de salida.

Se determino emplear un aprendizaje para la red neuronal BackPropagation ya que en esta se pueden manejar con una capa de entrada de n neuronas y una capa de salidas de m neuronas con al menos una capa oculta de neuronas internas. Cada neurona de una capa (excepto las de entrada) recibe entradas de todas las neuronas de la capa anterior y envía su salida a todas las neuronas de la capa posterior (excepto las de salida) no tiene conexiones hacia atrás Feedback ni laterales entre neuronas de la misma capa.

Para la aplicación del algoritmo BackPropagation se manejan 2 fases, una hacia adelante y otra hacia atrás. Durante la primera fase el patrón de entrada es presentado a la red y propagado a través de las capas hasta llegar a la capa de salida, Obteniendo los valores de salida de la red.

En esta fase se realizan los siguientes pasos:

Inicializar los pesos de la red con valores pequeños aleatorios

Presentar el patrón de entrada  $X_{p1}, X_{p2}, X_{p3} \dots X_{pn}$  y especificar la salida deseada que debe generar la red  $d_1, d_2, d_3, \dots, d_m$  (si la red se utiliza como un clasificador, todas las salidas deseadas serán cero, salvo una, que será la de la clase a la que pertenece el patrón de entrada).

Calcular la salida actual de la red, para ello presentamos las entradas a la red y vamos calculando la salida que presenta cada capa hasta llegar a la capa de salida esta será la salida de la red  $Y_1, Y_2, \dots, Y_m$ .

Se calculan las entradas netas para las neuronas ocultas procedentes de las neuronas de entrada.

$$net_{pj}^h = \sum_{i=1}^N W_{ji}^h x_{pi} + \theta_j^h$$

En donde el índice  $h$  se refiere a las magnitudes de la capa oculta (hidden); el subíndice  $p$ , al pésimo vector de entrenamiento, y  $j$  a la jésima neurona oculta. El termino  $\theta$  puede ser opcional, pues actúa como una entrada más.

Se calculan las salidas de las neuronas ocultas.

$$Y_{pj} = F_j^h(net_{pj}^h)$$

Se realizan los mismos cálculos para obtener las salidas de las neuronas de salida (capa O: output).

$$net_{pk}^o = \sum_{j=1}^L W_{kj}^o y_{pj} + \theta_k^o$$

$$Y_{pk} = F_k^o(net_{pk}^o)$$

Se inicia la segunda fase comparando los valores de salida obtenidos con los valores de salida esperados para obtener el error. Se ajustan los pesos de la última capa proporcionalmente al error. Se pasa a la capa anterior con una retropropagación del error (BackPropagation), ajustando convenientemente los pesos hasta llegar a la primera capa. De esta manera se han modificado los pesos de las conexiones de la red para cada ejemplo o patrón de aprendizaje del problema, del que conocíamos su valor de entrada y de salida deseada que debería generar la red ante dicho patrón.

La técnica de BackPropagation o generalización de la regla delta, requiere el uso de neuronas cuya función de activación sea continua, y por tanto, diferenciable generalmente, la función utilizada será del tipo sigmoideal.

En esta fase se realizan los siguientes pasos.

Calcular los términos de error para todas las neuronas.

Si la neurona  $k$  es una neurona de la capa de salida, el valor de la delta es:

$$\delta_{pk}^o = (d_{pk} - Y_{pk}) F_k^o'(net_{pk}^o)$$

La función  $F$ , como se citó anteriormente debe ser derivable, lo que implica la imposibilidad de utilizar la función escalón. En general, disponemos de dos formas de función de salida que nos puede servir: la función lineal de salida  $F_k(\text{net}_{jk}) = \text{net}_{jk}$  y la función sigmoideal está definida por:

$$F_k(\text{net}_{jk}) = \frac{1}{1 + e^{-\text{net}_{jk}}}$$

La selección de la función de salida depende de la forma en que se decida representar los datos de salida: si se desea que las neuronas de salida sean binarias, se utiliza la función sigmoideal, puesto que esta función es casi biestable y, además, derivable. En otros casos es tan aplicable una función como otra.

Para la función lineal, tenemos  $F_k^{o'} = 1$  mientras que la derivada de una función sigmoideal es:

$$F_k^{o'} = F_k^o(1 - F_k^o) = Y_{pk}(1 - Y_{pk})$$

Por lo que en términos de error para las neuronas de salida quedan:

$$\delta_{pk}^o = (d_{pk} - Y_{pk})$$

Para la salida lineal y,  $\delta_{pk}^o = (d_{pk} - Y_{pk})Y_{pk}(1 - Y_{pk})$  para la salida sigmoideal.

Si la salida  $j$  no es de salida, entonces la derivada parcial del error no puede ser evaluada directamente. Por tanto, se obtiene el desarrollo a partir de valores que son conocidos y otros que pueden ser evaluados.

La expresión obtenida en ese caso es:

$$\delta_{pj}^h = F_j^h(\text{net}_{pj}^h) \sum_k \delta_{pk}^o w_{kj}^o$$

Donde observamos que el error en las capas ocultas depende de todos los términos de error de capa de salida. De aquí surge el término de propagación hacia atrás. En particular, para la función sigmoideal

$$\delta_{pj}^h = X_{pi}(1 - x_{pi}) \sum_k \delta_{pk}^o w_{kj}^o$$

Donde  $k$  se refiere a todas las neuronas de la capa superior a la de la neurona  $j$ . Así, el error que se produce en una neurona oculta es proporcional a la suma de los errores conocidos que se producen en las neuronas a las que está conectada la salida de esta, multiplicado cada uno de ellos por el peso de la conexión. Los umbrales internos de las neuronas se adaptan de forma similar, considerando que están conectados con pesos desde entrada auxiliares de valor constante.

Actualización de los pesos: para ello, utilizamos el algoritmo recursivo, comenzando por las neuronas de salida y trabajando hacia atrás hasta llegar a la capa de entrada, ajustando los pesos de la forma siguiente:

Para los pesos de las neuronas de la capa de salida:

$$w_{kj}^o(t + 1) = w_{kj}^o(t) + \Delta w_{kj}^o(t + 1)$$

$$\Delta w_{kj}^o(t+1) = \alpha \delta_{pk}^o y_{pj}$$

Y para los pesos de las neuronas de la capa oculta.

$$w_{ji}^h(t+1) = w_{ji}^h(t) + \Delta w_{ji}^h(t+1)$$

$$\Delta w_{ji}^h(t+1) = \alpha \delta_{pj}^h y_{ji}$$

En ambos casos, para acelerar el proceso de aprendizaje, se puede añadir un término momento de valor:  $\beta(w_{kj}^o(t) - w_{kj}^o(t-1))$  en el caso de la neurona de salida, y  $\beta(w_{ji}^h(t) - w_{ji}^h(t-1))$  cuando se trata de una neurona oculta.

El proceso se repite hasta que el término del error.

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m \delta_{pk}^2$$

Resulta aceptablemente pequeño para cada uno de los términos aprendidos.

### 1.7.3 MARCO LEGAL

En el año 1991 nace la norma ISO 9126 la cual recibe como nombre “Information technology-Software Product Evaluation-Quality characteristics and guidelines for their use” (Información de productos de tecnología de software características evaluación de calidad y directrices para su uso), dicha norma está dividida en cuatro partes las cuales son: realidad, métricas externas, métricas internas y calidad en las 26 métricas de uso. En donde la primera parte de esta estandarización divide la calidad en distintas características y sub-características de la siguiente manera:

- Funcionalidad: adecuación, exactitud, interoperabilidad, seguridad y cumplimiento funcional.
- Fiabilidad: Madurez, recuperabilidad, tolerancia a fallos y cumplimiento de fiabilidad.
- Usabilidad: Aprendizaje, comprensión y operatividad.
- Eficiencia: comportamiento en el tiempo y comportamiento de los recursos.
- Mantenibilidad: Estabilidad, facilidad de análisis, facilidad de cambio y facilidad de pruebas.
- Portabilidad: capacidad de instalación, capacidad de reemplazamiento, adaptabilidad y coexistencia.

Este conjunto de normas (ISO 9126 Y 14598) inicia su constitución en 1998 y concluye en el 2004. Para este entonces ya ha surgido en el 2000 la reglamentación ISO 25000 “conocida como SQuaRE (System and Software Quality Requirements and Evaluation), es una familia de normas que tiene por objetivo la creación de un marco de trabajo común para evaluar la calidad del producto software” (Portal oficial ISO 25000).



## 2. DOCUMENTACION DEL PROYECTO

### 2.1 PLAN DE PROYECTO

Este proyecto fue ideado inicialmente para desarrollarlo y postularlo como opción de grado únicamente, hoy día y después de tantos logros con este tema, se ha pensado en continuar con esta gran investigación y seguir el desarrollo como proyecto personal y de presentarse opciones de trabajo gracias a este proyecto, bienvenidas sean.

### 2.2 DETERMINACION DE REQUERIMIENOS

|  |   |
|--|---|
| <b>Identificación del requerimiento:</b> | RF01  |
| <b>Nombre del Requerimiento:</b>         | Levantamiento de Información.   |
| <b>Características:</b>                  | Recopilación de información sobre las mariposas.  |
| <b>Descripción del requerimiento:</b>    | Se recibirá por parte del grupo CIAM el archivo digital con la información pertinente y detallada de cada una de las siete especies de mariposas que actualmente habitan el parque Metropolitano María Lucia. |
| <b>Prioridad del requerimiento:</b> Alta |   |

**Tabla 2.** Requerimiento funcional 1.

|   |  |
|---|--|
| <b>Identificación del requerimiento:</b>    | RF02   |
| <b>Nombre del Requerimiento:</b>            | Diseño de trampa automática  |
| <b>Características:</b>                     | Diseño del modelado para el PSI  |
| <b>Descripción del requerimiento:</b>       | Se hará un diseño de una trampa automática remota basada en modelos de trampas ya existentes “Van Someren-rydon” |
| <b>Prioridad del requerimiento:</b><br>Alta |  |

**Tabla 3.** Requerimiento funcional 2.

|  |      |
|--|------|
| <b>Identificación del requerimiento:</b> | RF03 |
|--|------|

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <b>Nombre del Requerimiento:</b>      | Diseño de la Herramienta   |
| <b>Características:</b>               | Diseño del modelado para el PSI  |
| <b>Descripción del requerimiento:</b> | Se hará un diseño de interfaz amigable, sencilla de manejar e intuitiva. |
| <b>Prioridad del requerimiento:</b>   | Alta   |

**Tabla 4.** Requerimiento funcional 3.

|  |  |
|--|--|
| <b>Identificación del requerimiento:</b> | RF04   |
| <b>Nombre del Requerimiento:</b>         | Inicio de la Arquitectura del Proyecto   |
| <b>Características:</b>                  | Creación del login.  |
| <b>Descripción del requerimiento:</b>    | Este primer paso determinará qué tipo de usuario ingresa al sistema (Administrador/Usuario general). |
| <b>Prioridad del requerimiento:</b>      | Alta   |

**Tabla 5.** Requerimiento funcional 4.

|  |   |
|--|---|
| <b>Identificación del requerimiento:</b> | RF05  |
| <b>Nombre del Requerimiento:</b>         | Módulo de Administrador.  |
| <b>Características:</b>                  | Especificación Rol Administrador.   |
| <b>Descripción del requerimiento:</b>    | El administrador es la persona encargada de gestionar el sistema en cuanto al ingreso de información se refiere y tendrán las siguientes funciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresar, modificar, eliminar y consultar información de las mariposas según sea necesario.</li> <li>• Ejecutar el entrenamiento del PSI ya sea de la RNA.</li> <li>• Ejecutar la aplicación del sistema de reconocimiento.</li> </ul> |
| <b>Prioridad del requerimiento:</b>      | Alta  |

**Tabla 6.** Requerimiento funcional 5.

|  |      |
|--|------|
| <b>Identificación del requerimiento:</b> | RF06 |
|--|------|

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <b>Nombre del Requerimiento:</b>      | Modulo Usuario General  |
| <b>Características:</b>               | Especificación Rol Usuario.   |
| <b>Descripción del requerimiento:</b> | Este rol tendrá las siguientes funciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecutar el sistema inteligente identificando mariposas.</li> <li>• Enviar reporte al administrador en caso de fallos del sistema o que no reconozca la mariposa a identificar.</li> </ul> |
| <b>Prioridad del requerimiento:</b>   | Alta  |

**Tabla 7.** Requerimiento funcional 6.

|  |  |
|--|--|
| <b>Identificación del requerimiento:</b> | RF07   |
| <b>Nombre del Requerimiento:</b>         | Modulo Almacenamiento de la Información.   |
| <b>Características:</b>                  | Crear la Base de Datos   |
| <b>Descripción del requerimiento:</b>    | Desarrollar una base de datos local con la información taxonómica y ecológica básica de las mariposas correspondientes a los resultados obtenidos por el reconocimiento. |
| <b>Prioridad del requerimiento:</b>      | Alta   |

**Tabla 8.** Requerimiento funcional 7.

### 2.3 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

- **Políticas de la Empresa:** Las fotografías que se carguen en el sistema deberán tener un tamaño de 640x480 pixeles y en formato JPG.
- **Limitaciones del hardware:** Para este software será necesario un computador en el cual se instalará PostgreSQL®
- **Interfaces con otras aplicaciones:** Debido a que SICAREL no interactúa con otros sistemas y es autónomo no se desarrollaran interfaces con otras aplicaciones.
- **Lenguajes de Programación:** Sistema de Gestión de Base de Datos PostgreSQL®, lenguaje de programación Python®, Matlab®, PHP® y Laravel®.
- **Protocolos de Comunicación:** Las conexiones necesarias para la utilización de PostgreSQL®, Matlab®, PHP® y Laravel® se harán por medio de la configuración de estos

programas, y para la comunicación entre el sistema físico y la red neuronal se usa el protocolo TCP/IP.

- **Criticidad de la Aplicación:** Para garantizar la buena credibilidad, el sistema deberá ser sometido a una serie de pruebas para establecer que se encuentra acorde a los requerimientos que se plasman en el documento.
- **Consideraciones Acerca de la Seguridad:** Para el acceso al PSI del administrador, la clave de seguridad deberá ser segura y en su defecto encriptada en la base de datos para brindar buena seguridad al sistema y su información.

## 2.4 DIAGRAMAS Y MODELADOS DEL APLICATIVO WEB Y DE ESCRITORIO

### 2.4.1 MODELO DE ENTIDAD RELACIÓN (MER)

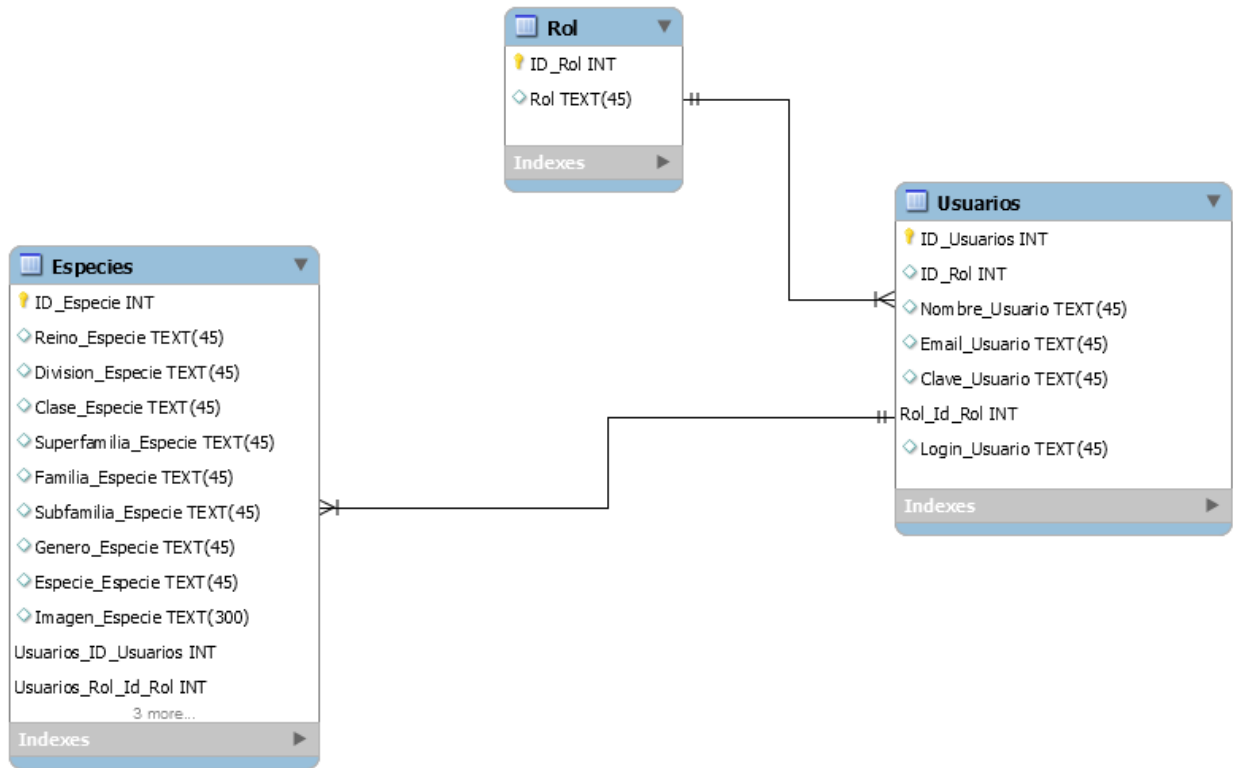


Figura 20. Modelo Entidad Relación Base de Datos

#### 2.4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO ENTIDAD RELACIÓN

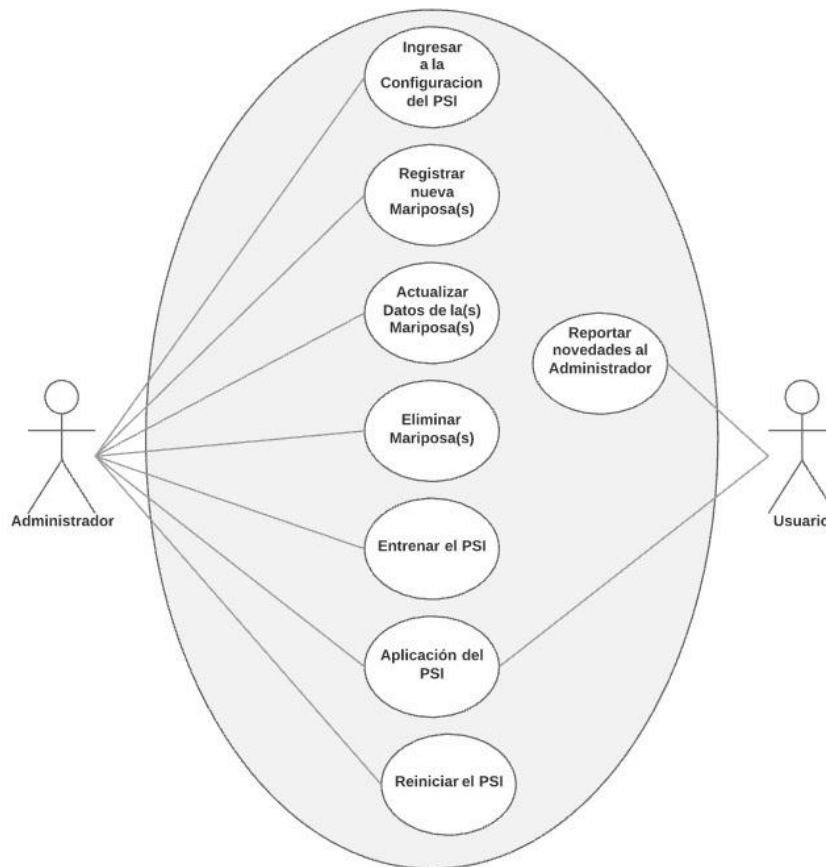
En el modelo entidad relación hay tres tablas y cada uno contiene sus propios atributos, las tablas creadas son:

**Tabla de Usuario:** en la tabla de Usuario se encuentra los atributos con los que el usuario se registra, nombre, correo y clave.

**Tabla de Rol:** en la tabla Rol podemos encontrar un atributo rol que define si en el momento del ingreso ingresa el usuario o el administrador.

**Tabla de especies:** en la tabla de especies se encuentran los atributos que el usuario ingresa al momento de registrar una nueva especie, estos atributos son: reino, división, clase, super familia, familia, subfamilia, genero, especie e imagen.

### 2.4.2 DIAGRAMA DE CASO DE USO



**Figura 21.** Diagrama Casos de uso

### 2.4.2.1 DESCRIPCIÓN CASOS DE USO

#### Rol Administrador

- Ingresar a la configuración del PSI (Prototipo de Sistema Inteligente): El administrador tiene la libertad de ingresar a las configuraciones del PSI.
- Registrar nueva(s) mariposa(s): Cuando el sistema detecte una mariposa no identificada el usuario podrá registrarla manualmente como una especie nueva.
- Actualizar dato(s) de la(s) mariposa(s): El administrador podrá actualizar los datos de las mariposas ya registradas.
- Eliminar mariposa(s): El usuario desde la plataforma web podrá eliminar las especies que se encuentran en la base de datos.
- Entrenar el PSI: El administrador podrá entrenar el sistema inteligente con el registro fotográfico de las especies que se encuentran en el parque.
- Aplicación del PSI: El administrador podrá ingresar a la aplicación del PSI.
- Reiniciar PSI: El administrador podrá reiniciar el PSI en caso de un mal funcionamiento.

#### Rol Usuario

- Reportar novedades al administrador: El usuario tendrá un espacio en la plataforma web donde podrá reportar fallos o novedades al administrador.
- Aplicación del PSI: Los usuarios autorizados podrán verificar el correcto funcionamiento del sistema inteligente.

### 2.4.3 DIAGRAMAS DE SECUENCIA APLICATIVO DE ESCRITORIO

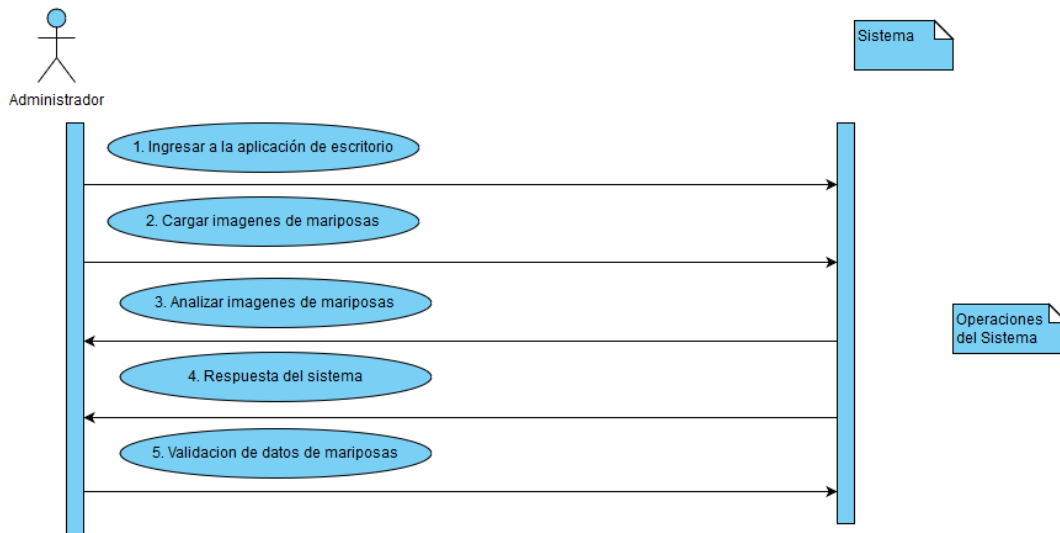


Figura 22. Diagrama de Secuencia del aplicativo de escritorio

### 2.4.3.1 DESCRIPCION DEL DIAGRAMA DE SECUENCIA DEL APLICATIVO DE ESCRITORIO

En este diagrama se describe los pasos que puede realizar el administrador dentro del aplicativo de escritorio.

Como primera parte el administrador puede ingresar a la aplicación de escritorio encontrada en los computadores que se van a usar para alojar el sistema, luego de abrir el aplicativo encontrará varias opciones, una de ellas es poder cargar las imágenes de mariposas, luego de tener las imágenes cargadas el sistema comenzará a analizar las imágenes esperando una respuesta del sistema y por último se mostrará una validación o resultado de los datos de las mariposas analizadas.

### 2.4.4 DIAGRAMA DE SECUENCIA DEL APLICATIVO WEB

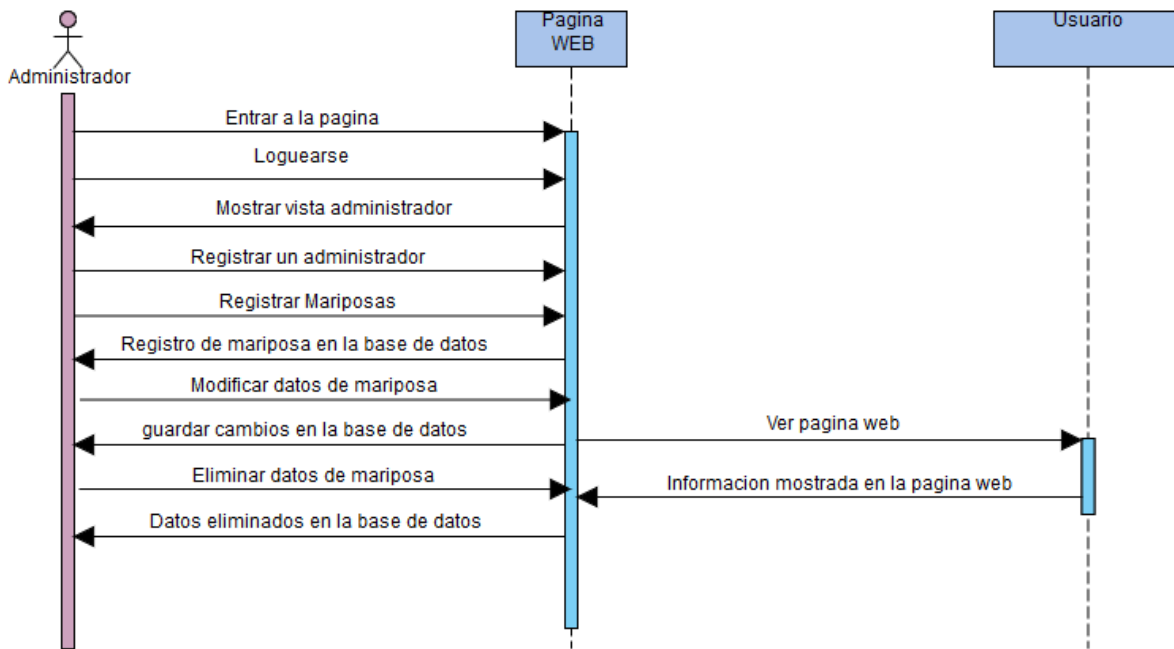


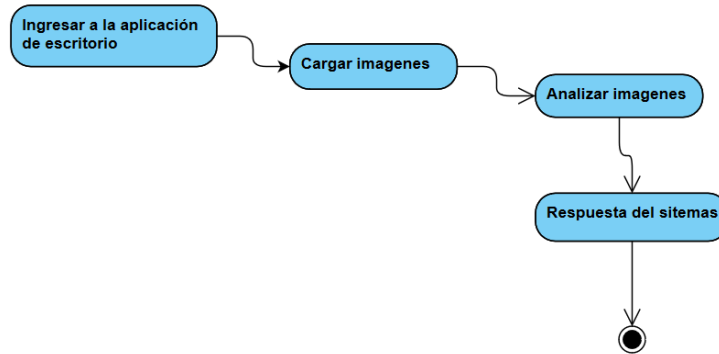
Figura 23. Diagrama de secuencia del aplicativo web

#### 2.4.4.1 DESCRIPCION DEL DIAGRAMA DE SECUENCIA DEL APLICATIVO WEB

El diagrama de secuencia del aplicativo web muestra la secuencia de pasos que debe realizar los roles al ingresar a la página, el administrador cuando entra a la página web debe loguearse e inmediatamente la página lo enviará a la vista del administrador, luego tendrá la opción de registrar un nuevo administrador, luego tendrá la opción de registrar una nueva mariposa, podrá actualizar los datos de las especies de mariposas y podrá eliminar alguna especie si así lo desea, luego

automáticamente los datos quedan insertados, modificados o eliminados en la base de datos teniendo en cuenta la opción que el administrador eligió.

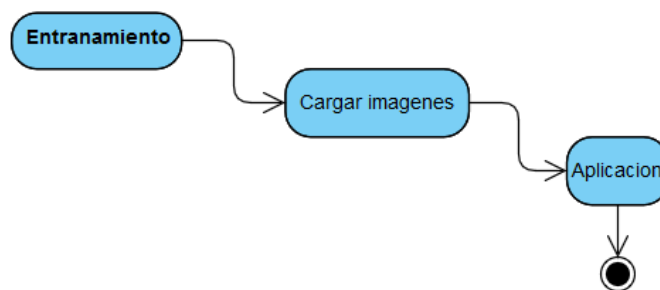
### 2.4.5 DIAGRAMA DE ACTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE ESCRITORIO



**Figura 24.** Diagrama de Actividad, Ingresar a la configuración del PSI

#### 2.4.5.1 DESCRIPCION DEL DIAGRAMA DE ACTIVIDAD DEL INGRESO A LA CONFIGURACION DEL PSI

El diagrama de actividad del ingreso a la configuración del PSI describe el ingreso a la aplicación de escritorio luego una opción para cargar las imágenes para así comenzar el análisis de ellas y por último esperar una respuesta del sistema.

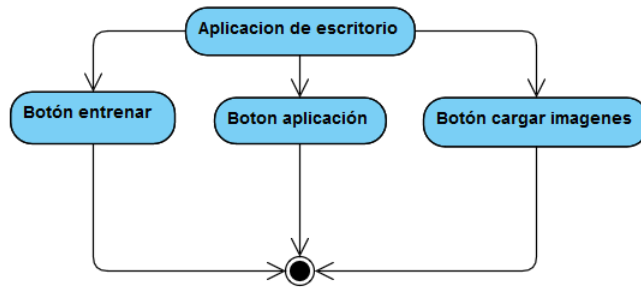


**Figura 25.** Diagrama de Actividad, Entrenar el PSI



### 2.4.5.2 DESCRIPCION DEL DIAGRAMA DE ACTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO DEL PSI

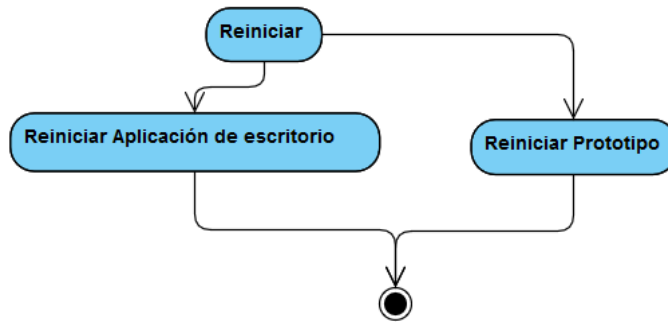
El diagrama de actividad del entrenamiento del PSI describe que al ingresar a la aplicación e ir al apartado del entrenamiento se cargaran las imágenes generando los resultados en una aplicación final.



**Figura 26.** Diagrama de Actividad, Aplicación del PSI

### 2.4.5.3 DESCRIPCION DEL DIAGRAMA DE ACTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE ESCRITORIO

El diagrama de actividad de la aplicación de escritorio demuestra tres botones que se encuentran en la aplicación, un botón de entrenar, un botón que lo lleva a la aplicación y el botón de cargar las imágenes.



**Figura 27.** Diagrama de Actividad, Reiniciar el PSI

2.4.6 DIAGRAMA DE ACTIVIDAD DEL APLICATIVO WEB

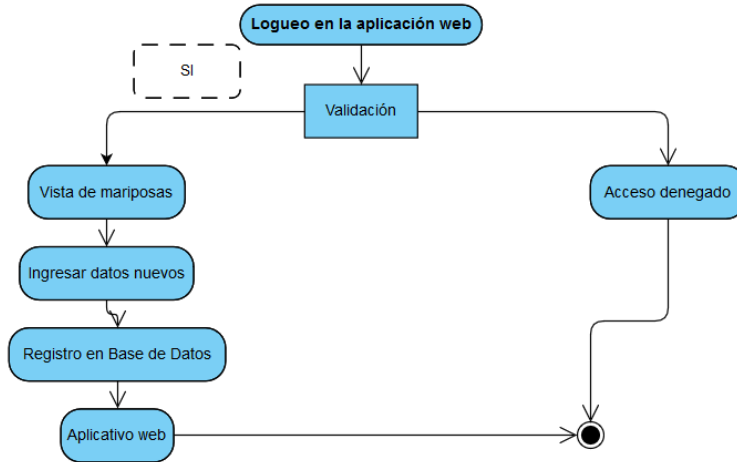


Figura 28. Diagrama de Actividad, Registrar nuevas mariposas

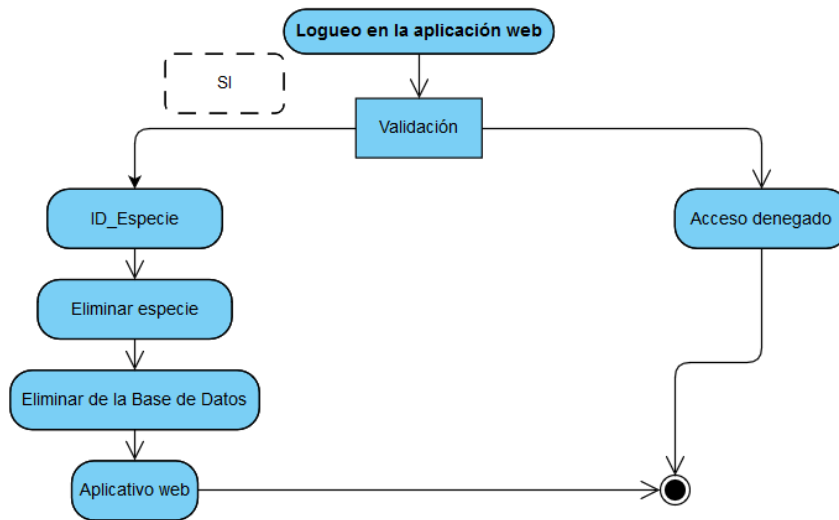
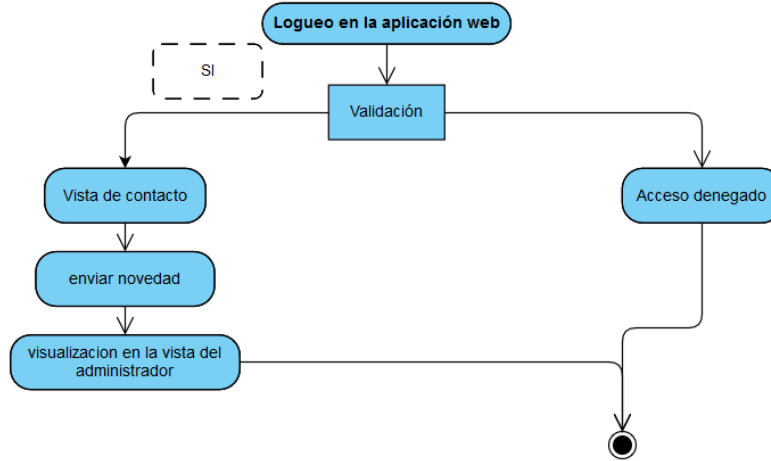


Figura 29. Diagrama de Actividad, Eliminar mariposa

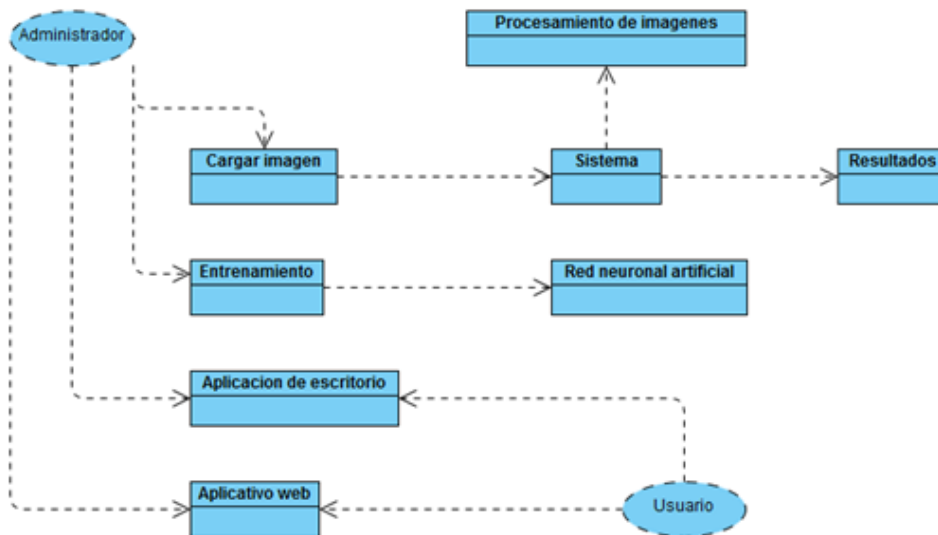


**Figura 30.** Diagrama de Actividad, Reportar novedades al administrador

### 2.4.6.1 DESCRIPCION DEL DIAGRAMA DE ACTIVIDAD DEL APLICATIVO WEB

En el diagrama de actividad del aplicativo web se puede ingresar a la vista donde están las imágenes de la mariposa, ingresar como administrador, registrar, modificar y eliminar especies de mariposas y ver reflejados los cambios en la vista principal del aplicativo web, estos datos quedan almacenados en una base de datos y por último el usuario puede registrar novedades por medio de un apartado de contacto.

### 2.4.7 DIAGRAMA DE CLASES DEL APLICATIVO DE ESCRITORIO Y LA APLICACIÓN WEB



**Figura 31.** Diagrama de Clases

### 2.4.7.1 DESCRIPCION DEL DIAGRAMA DE CLASES DE LA APLICACIÓN DE ESCRITORIO

El diagrama de clases de la aplicación de escritorio se describen las clases que se necesitan para el desarrollo de la aplicación, para ello se necesita ingresar al aplicativo, cargar las imágenes, realizar el entrenamiento, entrar al aplicativo de escritorio e ingresar al aplicativo web, el usuario también tendrá la opción de ingresar al aplicativo web y en caso de ver el funcionamiento también podrá ingresar al aplicativo web.

### 2.4.8 DIGRAMA DE DESPLIEGUE DEL APLICATIVO DE ESCRITORIO Y EL APLICATIVO WEB

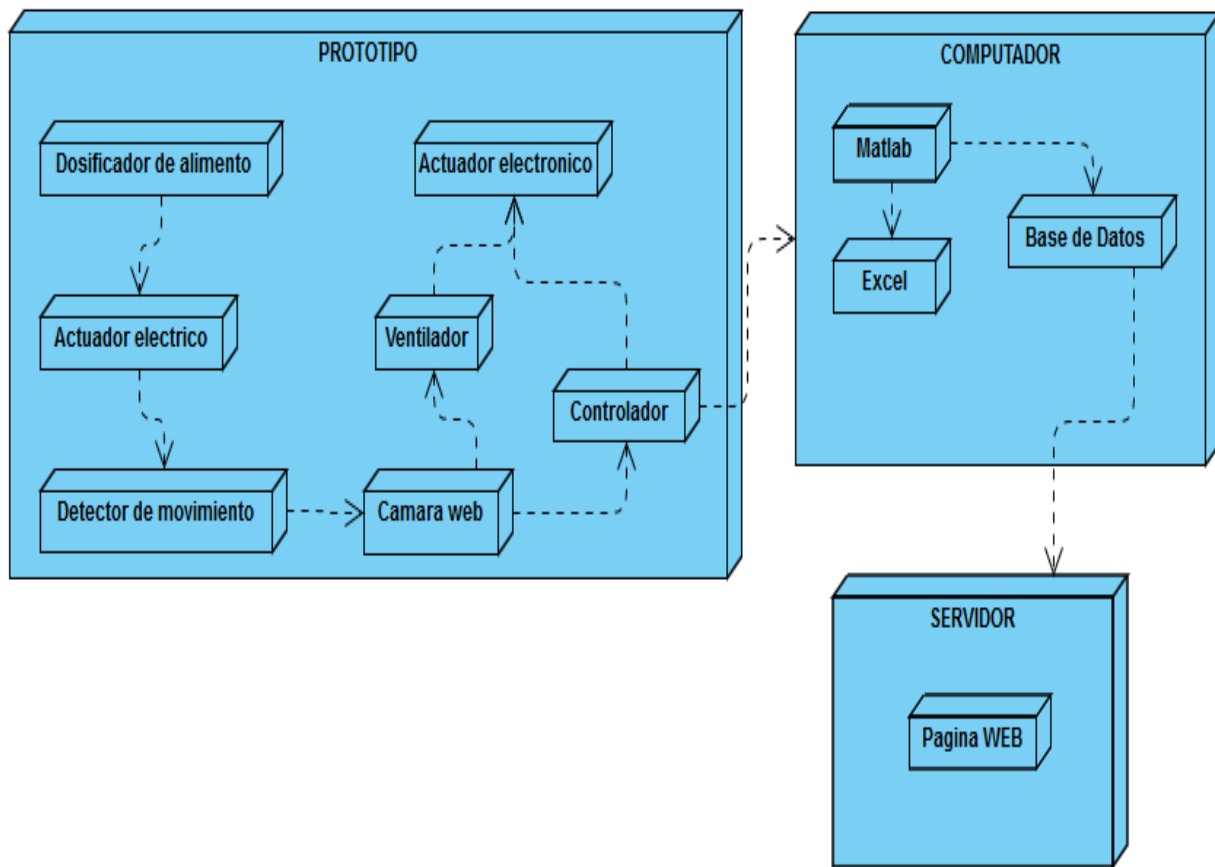


Figura 32. Diagrama de Despliegue

### **2.4.8.1 DESCRIPCION DEL DIAGRAMA DE CLASES DE LA APLICACIÓN DE ESCRITORIO**

El diagrama de despliegue esta constituido en tres partes, el prototipo, el computador y el servidor, en el prototipo se encuentra el dosificador de alimento, que por medio de goteo atrae la mariposa a la trampa, luego se activa el actuador eléctrico que abre la trampa para que la mariposa entre y un sensor de movimiento la detecta activando nuevamente el actuador para cerrar la trampa, luego se activa la cámara web y comienza a tomar las imágenes fotográficas de la mariposa, estas imágenes van almacenadas en un controlador, luego se activa nuevamente el actuador para permitir la salida de la mariposa y por ultimo se activa un ventilador para ayudar a la mariposa a encontrar la salida.

Luego, las imágenes son enviadas al aplicativo de escritorio desarrollado en Matlab, donde realizara el procesamiento de las imágenes extrayendo un archivo en Excel de los datos del análisis para así guardar los datos finales en una base de datos y por último pasan a una pagina web alojada en un servidor.

## **2.5 DOCUMENTACION DEL PROTOTIPO DE TRAMPA FISICA**

### **2.5.1 DISEÑO DEL PROTOTIPO FISICO**

Para el primer prototipo de trampa automática que se diseñó se utilizó 3 láminas de acrílico, dos de las cuales componían la parte superior en la cual iba a ir implementada la electrónica y demás dispositivos necesarios para su funcionamiento. La tercera lámina de acrílico era un poco más gruesa y pesada que las otras, la cual iba a estar ubicada en la base.

La base iba a contener el alimento de la mariposa para que ella pudiera ingresar a la trampa y por medio de un motor subiría la base para así sellar la trampa.

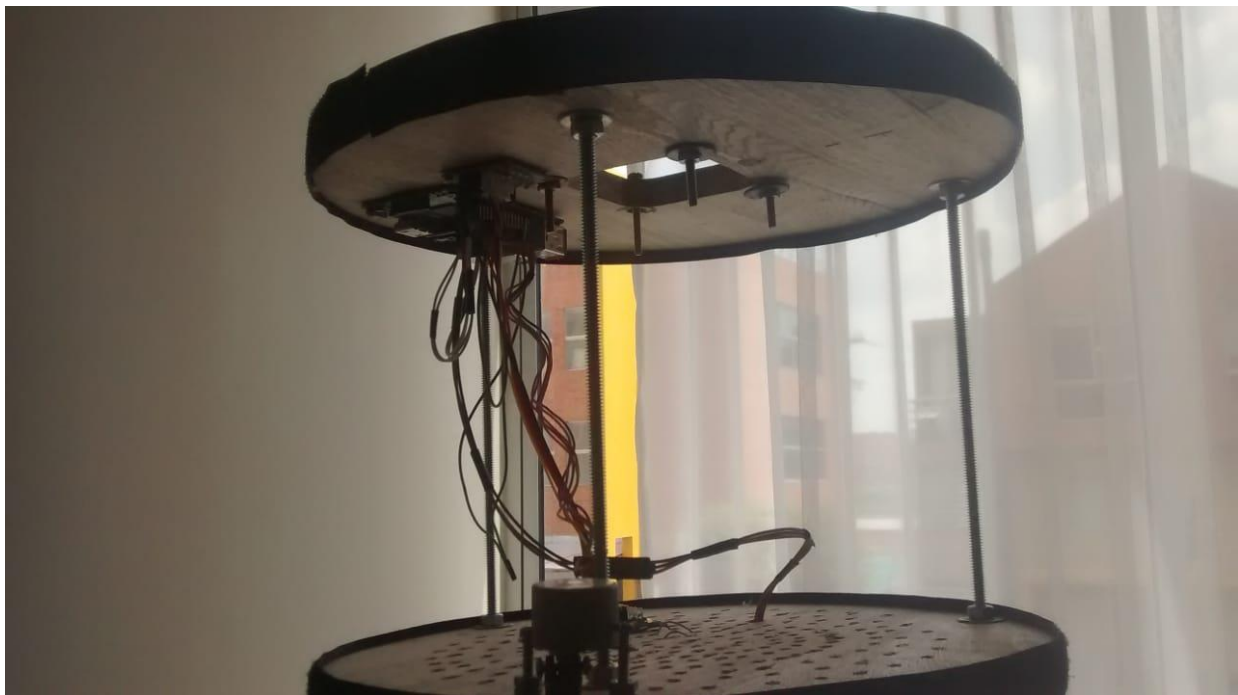


**Figura 33.** Prototipo inicial

En las pruebas realizadas se concluyó que los materiales con lo que estaba hecho el prototipo eran muy pesados y poco estables, así que se decidió a hacer una segunda versión.

La segunda versión del prototipo mantuvo un diseño parecido al primer prototipo ya que este está basado en las trampas de mariposas Van Someren-Rydon (**Figura 10**). Para la construcción del prototipo se necesitaron tres laminas circulares de madera con un diámetro de treinta centímetros (30cm), dos de ellas se colocaron a una distancia de cuarenta centímetros (40cm) una sobre la otra, y la tercera lamina se colocó a un metro de distancia (1m). Cabe recalcar que este prototipo se diferencia del primero en su tamaño y gracias a los materiales utilizados no afecta el peso ni la estabilidad, está construido de forma tal que pueda ser dividido en dos partes, la lamina base donde se posa la mariposa mientras se alimenta esta fija ya que para permitir la entrada de la especie se realizó una puerta que se abre o se cierra según el procedimiento a realizar con la parte electrónica y mecánica.

Este prototipo está cubierto en dos partes, la primera es la parte de la electrónica y la segunda es la parte por donde entra la mariposa, el material utilizado es tela quirúrgica color negro que no permite la entrada de luz directa a la trampa ni la humedad, además al borde de cada lamina se colocaron tiras de velcro para que la tela pueda ser removida en cualquier ocasión.



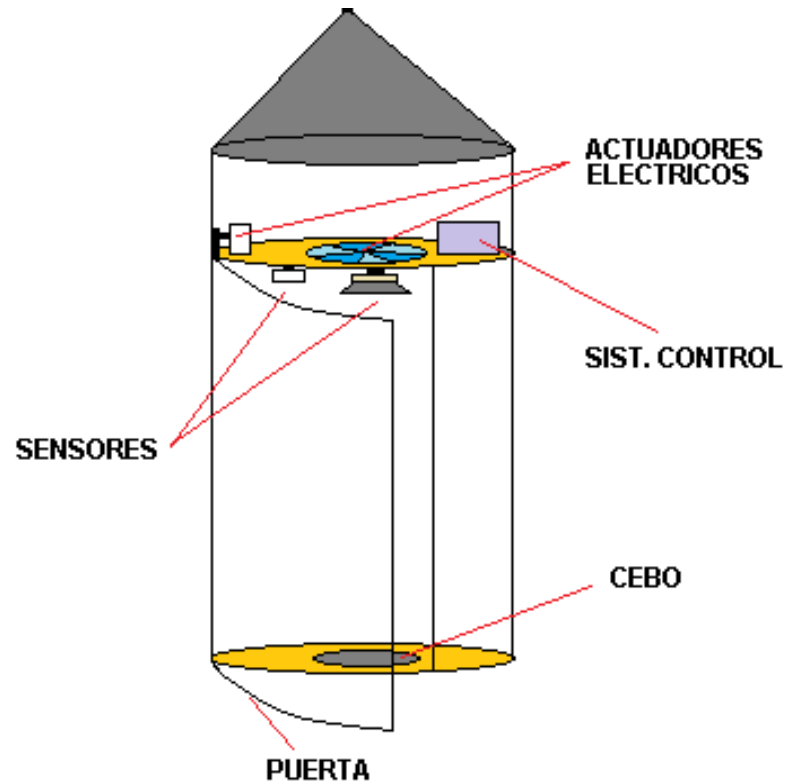
**Figura 34.** Prototipo de trampa de mariposas, espacio de la electrónica



**Figura 35.** Prototipo completo de trampa de mariposas



**Figura 36.** Prototipo cubierto con tela quirúrgica



**Figura 37.** Diseño del segundo prototipo

### 2.5.2 DETECCION Y CAPTURA DE MARIPOSAS

Para atraer a la mariposa se inicializa el funcionamiento de un dosificador de alimento instalado en la trampa que por medio de un sistema de goteo dosificará una cantidad precisa de alimento para la mariposa, este sistema se realizó con una jeringa de 50 mililitros y un actuador eléctrico (motor paso a paso). Para el funcionamiento de este sistema se realizó el siguiente código.

```
def forward(delay, steps):
    for i in range(0, steps):
        setStep(1, 1, 0, 0)
        time.sleep(delay)
        setStep(0, 1, 1, 0)
        time.sleep(delay)
        setStep(0, 0, 1, 1)
        time.sleep(delay)
        setStep(1, 0, 0, 1)
        time.sleep(delay)

def backwards(delay, steps):
    for i in range(0, steps):
        setStep(1, 0, 0, 1)
```



```

    time.sleep(delay)
    setStep(0, 0, 1, 1)
    time.sleep(delay)
    setStep(0, 1, 1, 0)
    time.sleep(delay)
    setStep(1, 1, 0, 0)
    time.sleep(delay)

def stop(delay, steps):
    for i in range(0, steps):
        setStep(0, 0, 0, 0)
        time.sleep(delay)
        setStep(0, 0, 0, 0)
        time.sleep(delay)
        setStep(0, 0, 0, 0)
        time.sleep(delay)
        setStep(0, 0, 0, 0)
        time.sleep(delay)

def setStep(w1, w2, w3, w4):
    GPIO.output(coil_A_1_pin, w1)
    GPIO.output(coil_A_2_pin, w2)
    GPIO.output(coil_B_1_pin, w3)
    GPIO.output(coil_B_2_pin, w4)

while True:
    delay = input("Delay between steps (milliseconds)?")
    steps = input("How many steps forward? ")
    forward(int(delay) / 1000.0, int(steps))
    GPIO.setwarnings(False)

    steps = input("How many steps backwards? ")
    backwards(int(delay) / 1000.0, int(steps))
    stop(int(delay)/1000.0, int(steps))
    return 1

```

El motor paso a paso funciona de tal forma que genera pasos de movimientos hacia a delante (forward) y hacia atrás (backwards) en lapsos de tiempo determinado.

La detección y captura de mariposas se realizó con un sensor de movimiento (**Figura 12**) y un actuador eléctrico (**Figura 15**).

Para la detección de la mariposa el sensor de movimiento se situó bajo la segunda lamina para apuntar a la lámina base, en el momento que la mariposa ingresa a la trampa el sensor la detecta y permite la activación del actuador eléctrico para realizar el cierre de la trampa.



**Figura 38.** Sensor de movimiento

El desarrollo del código para el funcionamiento del sensor y el actuador eléctrico se realizó en Python desde el actuador eléctrico.

Como primer paso del código hay que importar las librerías que contiene el funcionamiento de los GPIO (pines de control del controlador). Y seleccionar el tiempo en que se ejecuta cada función

```
import RPi.GPIO as GPIO //librería para el funcionamiento de los puertos GPIO
import time // librería para dar lapsos de tiempo
```

Para el sensor de movimiento usamos los siguientes comandos:

```
GPIO.setmode(GPIO.BCM) // BCM es registrar la entrada de datos con teclado
PIR_PIN = 4 // pin que se selecciono para el control del sensor
GPIO.setup(PIR_PIN, GPIO.IN) //habilitar funcionamiento del GPIO
if GPIO.input(PIR_PIN):
    time.sleep(1) // respuesta de 1 segundo
    timex = strftime("%d-%m-%Y %H:%M:%S\t", gmtime()) // obtención de
datos día, mes, año, hora, minutos y segundos de cada detección
    print (timex + "movimiento detectado") // mensaje luego de detectar
un movimiento
else:
    timex = strftime("%d-%m-%Y %H:%M:%S\t", gmtime())
    print (timex + "analizando...")
    time.sleep(1)
```

como podemos ver es el anterior código el sensor de movimiento comienza analizando la posibilidad de movimiento con lapsos de tiempo de 1 segundo en el análisis, en el momento que detecta algún movimiento este envía un mensaje diciendo que detecto algún movimiento, en nuestro prototipo esto da instrucciones al actuador eléctrico para activarse y cerrar la trampa de mariposas, para ello se utiliza el siguiente código.

```
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
// selección de los pines que se van a usar como control
coil_A_1_pin = 2
```

```

coil_A_2_pin = 3
coil_B_1_pin = 17
coil_B_2_pin = 27
// inicialización de los pines para salida de datos al actuador

GPIO.setup(coil_A_1_pin, GPIO.OUT)
GPIO.setup(coil_A_2_pin, GPIO.OUT)
GPIO.setup(coil_B_1_pin, GPIO.OUT)
GPIO.setup(coil_B_2_pin, GPIO.OUT)
// dirección de los pasos del actuador

def forward(delay, steps):
    for i in range(0, steps):
        setStep(1, 1, 0, 0)
        time.sleep(delay)
        setStep(0, 1, 1, 0)
        time.sleep(delay)
        setStep(0, 0, 1, 1)
        time.sleep(delay)
        setStep(1, 0, 0, 1)
        time.sleep(delay)

```

```

delay = input("Delay between steps (milliseconds)?") //tiempo de ejecución del
sistema
    steps = input("How many steps forward? ") //cantidad de pasos que va a
realizar
    forward(int(delay) / 1000.0, int(steps))
GPIO.setwarnings(False)

```

### 2.5.3 CAPTURA DE IMÁGENES FOTOGRAFICAS

Para la captura de imágenes fotográficas se utilizó una cámara Web tipo USB con la facilidad de conectarse a uno de los puertos USB de la Raspberry pi y poder realizar la captura de imágenes y guardarlas inmediatamente en el controlador, con la siguiente línea de código se realiza la captura de imágenes fotográficas.

```
os.system("sudo fswebcam -r 480x320 /home/pi/webcam/%Y-%m-%d-%H-%M-%S.png")
```

para tener un dato más exacto con las imágenes se toman 10 imágenes y cada una se va guardando detrás de otra en una carpeta alojada dentro del controlador, estas imágenes se van alijando con los datos de año, mes, día, hora, minutos y segundos.

El siguiente código muestra como se realizó la captura de las 10 imágenes por medio de un contador que va incrementando por cada imagen que se tome hasta llegar a 10.

```
cont=0 //contador inicializado en 0
```

```

while(cont<10):
    os.system("sudo fswebcam -r 480x320 /home/pi/webcam/%Y-%m-%d-%H-%M-%S.png")
    print ("capturando imagen",timex , cont)
    cont=cont+1
    time.sleep(5) //respuesta de 5 segundo con cada imagen tomada

```

#### 2.5.4 LIBERACION DE LA ESPECIE

Para la liberación de la especie se utiliza la continuación del código de la captura de la mariposa, ya que al realizar la captura de la mariposa el código en ejecución es el del motor paso a paso hacia adelante, al terminar el registro fotográfico se ejecutan los pasos faltantes del motor (hacia atrás(backwards)).

```

def backwards(delay, steps):
    for i in range(0, steps):
        setStep(1, 0, 0, 1)
        time.sleep(delay)
        setStep(0, 0, 1, 1)
        time.sleep(delay)
        setStep(0, 1, 1, 0)
        time.sleep(delay)
        setStep(1, 1, 0, 0)
        time.sleep(delay)

def stop(delay, steps):
    for i in range(0, steps):
        setStep(0, 0, 0, 0)
        time.sleep(delay)
        setStep(0, 0, 0, 0)
        time.sleep(delay)
        setStep(0, 0, 0, 0)
        time.sleep(delay)
        setStep(0, 0, 0, 0)
        time.sleep(delay)

```

al terminar de realizar los pasos faltantes el sistema queda en 0 deteniendo el actuador, luego se activa un ventilador de 12 voltios ubicado en la parte superior de la trampa que genera corrientes de aire para ayudar a la mariposa a salir de la trampa, ya que en las investigaciones realizadas estas especies tienden a volar hacia la parte superior.

```

GPIO.setmode(GPIO.BCM)# sirve para usar numeros de pin de la placa y no del
procesador
GPIO.setup(26, GPIO.OUT)

white = GPIO.PWM(26, 100)

```

```

white.start(100)
pause_time =0.09
aux = 0
try:
    while True:

        for i in range(0, 100):
            white.ChangeDutyCycle(i)
            sleep (pause_time)
            print(" ",i)
            if i == 99:
                aux = aux+1
                print("aux", aux)
            if aux == 4:

                return 1

except KeyboardInterrupt:
    white.stop()

```

Cabe aclarar que al realizar cualquier programa el cual incluya la librería RPi.GPIO hay que cerrar el código con la línea de código;

```
GPIO.cleanup()
```

Esta línea de código permite liberar los puertos GPIO, esto para que en el momento de enviar mas datos por los puertos estos no se cierren e impidan el correcto funcionamiento del programa, si se desea para tener mayor confiabilidad del funcionamiento del programa, esta línea de código puede ser utilizada al inicio o al final del programa.

### 2.5.5 TRANSMISION Y RECEPCION DE IMÁGENES

Una vez almacenadas las imágenes en el controlador se realizó el envío de imágenes al computador donde se aloja la aplicación de escritorio.

Para el envío de las imágenes desde la trampa hasta la computadora que aloja la aplicación de escritorio se hizo uso de dos Access Point TL-WA7510N equipado con POE (Power Over Ethernet), esto permite que la alimentación eléctrica se suministre usando el mismo cable que se utiliza para la conexión de red.



**Figura 39.** Access Point TL-WA7510N

Este Access Point tiene una banda de conexión de 5GHz y una velocidad de transferencia inalámbrica de datos de 150Mbps permitiendo una distancia de comunicación de hasta 5 Kilómetros.

Para acceder al sistema del Access Point hay que abrir el navegador e ingresar a la dirección <http://192.168.1.254> y luego presionar enter, luego aparecerá una ventana de dialogo pidiendo el usuario (admin) y la contraseña (admin) y luego damos aceptar. Para realizar la configuración como server ingresamos al apartado Quick Setup, siguiente, seleccionamos el tipo de modo (Standard AP) y luego dar siguiente, en la ventana siguiente, en el espacio SSID se pone el nombre de la red y se cambia la región. Luego se configura el cliente seleccionando una IP Address en el apartado Network y en el modo de operación seleccionamos el modo cliente.

## **2.6 DOCUMENTACION DEL APLICATIVO DE ESCRITORIO**

Consideramos que el sistema inteligente tiene dos entradas de datos las cuales son las imágenes tomadas por la trampa automática y el registro de imágenes empleadas para el aprendizaje de la RNA, que representan las 5 especies de mariposas que se desean identificar.

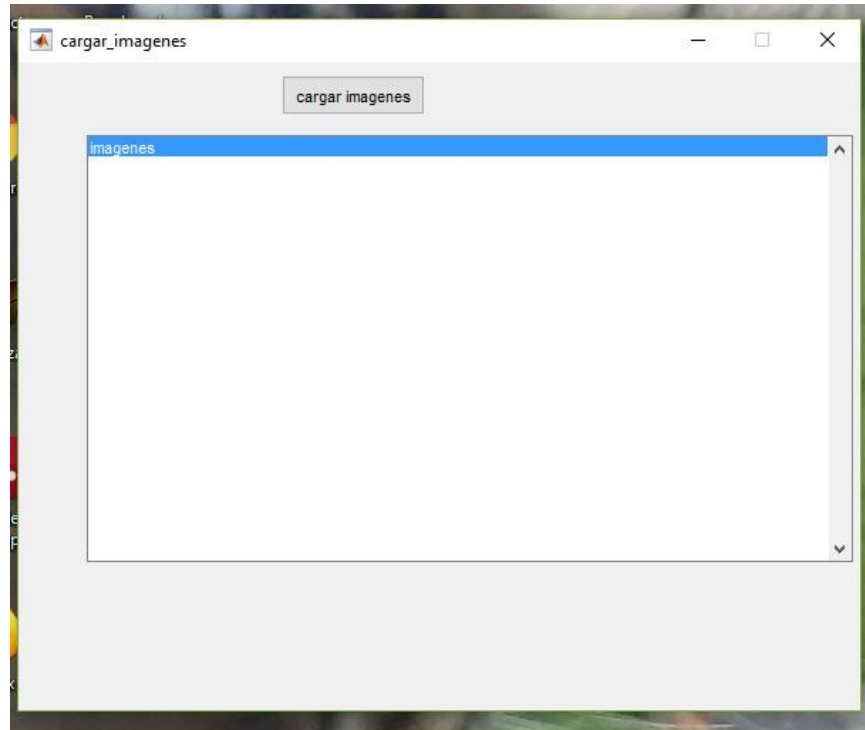
Al iniciar la aplicación se muestra una pantalla la cual contiene información general acerca del proyecto que se desarrolló mencionando las instituciones involucradas en la elaboración de este proyecto.



**Figura 40.** Aplicación de escritorio

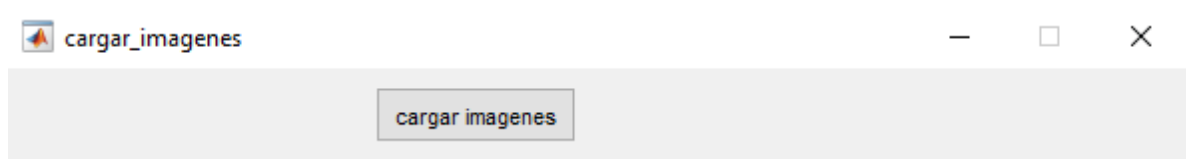
Además, cuenta con 3 botones los cuales permiten el acceso a las diferentes funciones con las que cuenta esta aplicación, como recibir las imágenes que fueron capturadas por la trampa para su posterior tratamiento e identificación, realizar el entrenamiento de la RNA que comprende su diseño y aprendizaje para la identificación de 5 especies de mariposas.

Al ingresar a la sección de carga de imágenes aparecerá otra ventana la cual cuenta con un botón (cargar imágenes) y un área de texto en la cual se mostrará el nombre y ubicación de todas las imágenes que son recibidas en el computador donde se encuentra la aplicación.



**Figura 41.** Cargar imágenes

Para realizar la función de recepción de imágenes, en la parte superior de la ventana aparece un botón (cargar imágenes) encargado de ubicar los archivos que se encuentran alojados dentro del controlador y por medio de la conexión TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión/ Protocolo de Identificación) cargarlas en una carpeta específica dentro del computador donde esta alojada a la aplicación de escritorio.



**Figura 42.** Botón cargar imágenes

```
SYSTEM('PSCP -PW RASPBERRY PI@192.168.0.2:/HOME/PI/WEBCAM/*.PNG
C:\USERS\JUANCAMILO\DESKTOP\IMG_TRAMPA\');
```

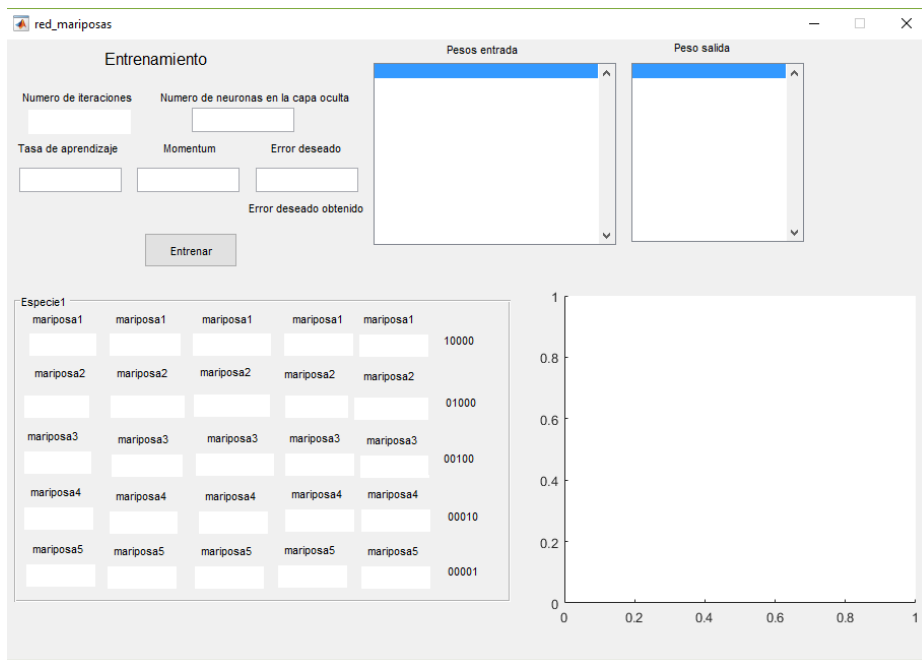
Estas líneas de código se encuentran dentro del botón de cargar imágenes la cual emplea el protocolo PSCP (Protocolo de Comunicación Simple) el cual es una herramienta para la transferencia de archivos de forma segura entre computadoras empleando una conexión SSH (Cubierta Segura), para realizar la conexión y transferencia de los archivos se le indica el usuario, dirección IP, ubicación de los archivos a cargar y la ubicación de una carpeta a donde se van a alojar estos archivos dentro del computador que los recibe.



Una vez recibidos los archivos se procede a mostrar la información de estos mediante un área de texto la cual muestra el contenido de la carpeta en que se encuentran alojadas las imágenes.

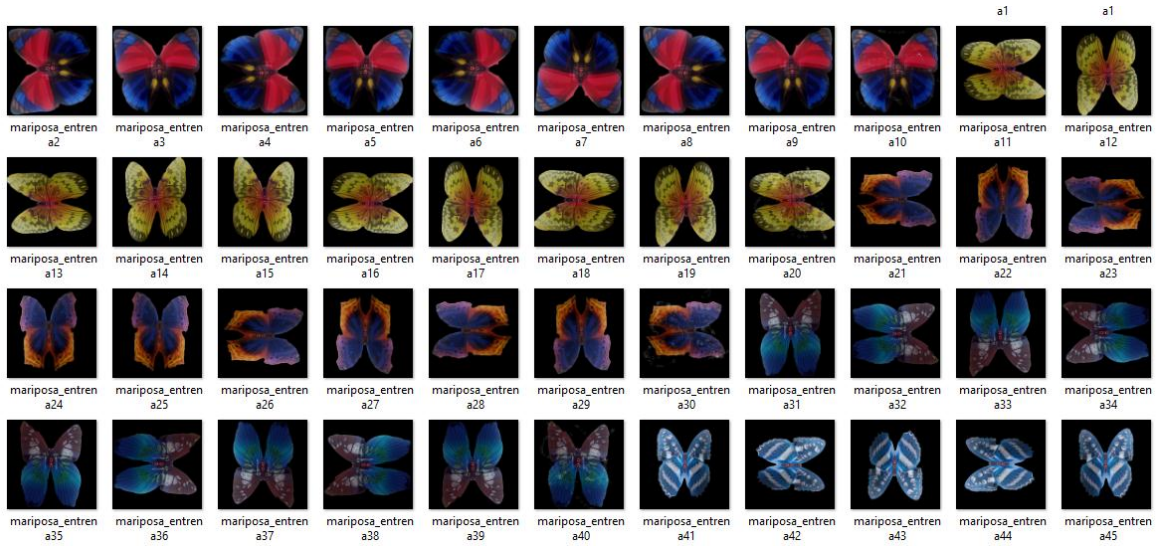
Si se ingresa al botón de entrenamiento de RNA accede a la ventana que contendrá todas las funciones para poner en marcha el entrenamiento de la red neuronal artificial, Estableciendo tanto su arquitectura como reglas de su aprendizaje para que de esta manera se construya una red que este en capacidad de clasificar las diferentes imágenes entre las 5 especies con las que se trabaja.

En esta ventana el usuario puede digitar el número de neuronas de la red, su tasa de aprendizaje, el momentum y el error deseado. Que son las características necesarias para realizar el aprendizaje de la RNA y se puede ver los resultados obtenidos como los pesos de cada una de las neuronas su curva de aprendizaje y los resultados que se buscan por cada especie que están representados como 10000 especie1, 01000 especie2, 00100 especie3, 00010 especie 4, 00001 especie 5.



**Figura 43.** Entrenamiento RNA

Para la identificación de las diferentes especies de mariposa que se encuentran en el PMMLV. Con la presentación del prototipo de RNA el cual está en la capacidad de realizar el reconocimiento de 5 especies, Inicialmente se tomó una muestra de 10 fotos de cada una de estas especies, las cuales fueron empleadas para identificar los patrones en formato RGB y con ellos entrenar la red neuronal para realizar la identificación.



**Figura 44.** Muestra de especies de mariposas

Si se ingresa en el botón de resultados de entrenamiento, aparece una ventana la cual permite seleccionar una imagen que se encuentre almacenada en la carpeta de las especies y posteriormente descomponer esta imagen en formato RGB extrayendo sus matrices de color y transfiriéndolas a la RNA ya entrenada para ver si esta imagen es identificada y clasificada en una de las especies reconocidas o no reconocida, para posteriormente almacenar estos resultados en un base de datos la cual es la encargada de almacenar y relacionar los datos obtenidos con su correspondiente imagen.

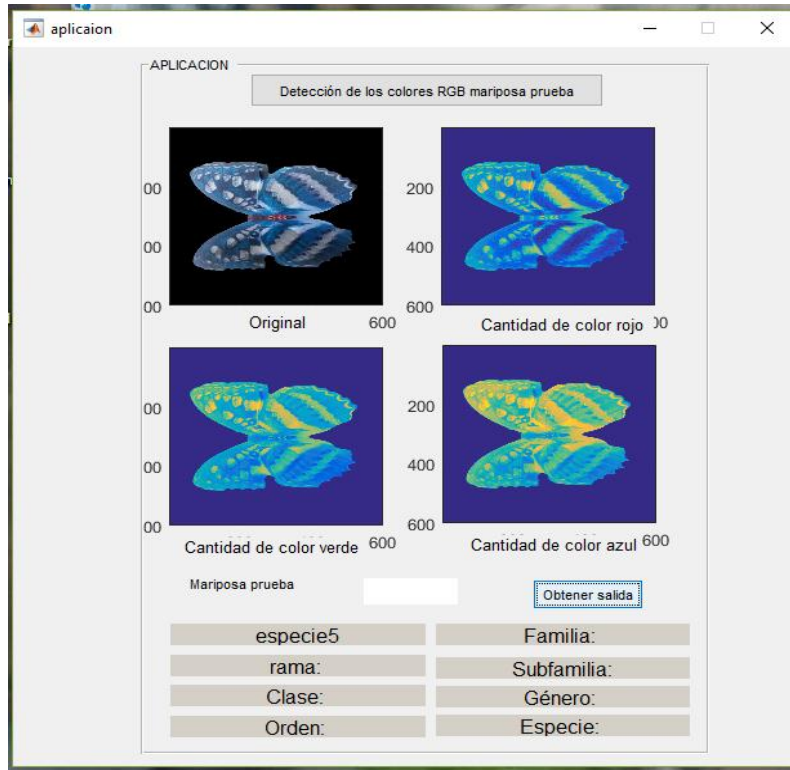


Figura 45. Resultado de entrenamiento

Una vez los resultados son almacenados en una base de datos estos quedan listos para ser presentados en el aplicativo web que serán visualizados por todos los usuarios.

Edit Data - PostgreSQL 9.5 (localhost:5432) - sicarel - public.especies

|    | id_especie [PK] serial text | reino_especie text | division_especie text | clase_especie text | superfamilia_especie text | familia_especie text | subfamilia_especie text | genero_especie text | especie_especie text | imagen_especie text |
|----|-----------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| 1  | 1                           | Animalia           | División: Art         | Clase: Inse        | Superfamilia: Pa          | Familia: Nym         | Subfamilia: Da          | Género: Dana        | Especie: D. f        |                     |
| 2  | 2                           | Animalia           | División: Art         | Clase: Inse        | Superfamilia: Pa          | Familia: Nym         | Subfamilia: Da          | Género: Dana        | Especie: D. f        |                     |
| 3  | 3                           | Animalia           | División: Art         | Clase: Inse        | Superfamilia: Pa          | Familia: Nym         | Subfamilia: Da          | Género: Dana        | Especie: D. f        |                     |
| 4  | 4                           | Animalia           | División: Art         | Clase: Inse        | Superfamilia: Pa          | Familia: Nym         | Subfamilia: Da          | Género: Dana        | Especie: D. f        |                     |
| 5  | 5                           | Animalia           | División: Art         | Clase: Inse        | Superfamilia: Pa          | Familia: Nym         | Subfamilia: Da          | Género: Dana        | Especie: D. f        |                     |
| 6  | 6                           | Animalia           | División: Art         | Clase: Inse        | Superfamilia: Pa          | Familia: Nym         | Subfamilia: Da          | Género: Dana        | Especie: D. f        | C:\Users\juar       |
| 7  | 7                           | Reino: Anim        | División: Art         | Clase: Inse        | Superfamilia: Pa          | Familia: Nym         | Subfamilia: Da          | Género: Dana        | Especie: D. f        | C:\Users\juar       |
| 8  | 8                           | Reino: Anim        | División: Art         | Clase: Inse        | Superfamilia: Pa          | Familia: Nym         | Subfamilia: Da          | Género: Dana        | Especie: D. f        | C:\Users\juar       |
| 9  | 9                           | Reino: Anim        | División: Art         | Clase: Inse        | Superfamilia: Pa          | Familia: Nym         | Subfamilia: Da          | Género: Dana        | Especie: D. f        | C:\Users\juar       |
| 10 | 10                          | especie5           | rama:                 | Clase:             | Orden:                    | Familia:             | Subfamilia:             | Género:             | Especie:             | C:\Users\juar       |
| 11 | 11                          | especie4           | rama:                 | Clase:             | Orden:                    | Familia:             | Subfamilia:             | Género:             | Especie:             | C:\Users\juar       |
| 12 | 12                          | especie5           | rama:                 | Clase:             | Orden:                    | Familia:             | Subfamilia:             | Género:             | Especie:             | C:\Users\juar       |
| *  |                             |                    |                       |                    |                           |                      |                         |                     |                      |                     |

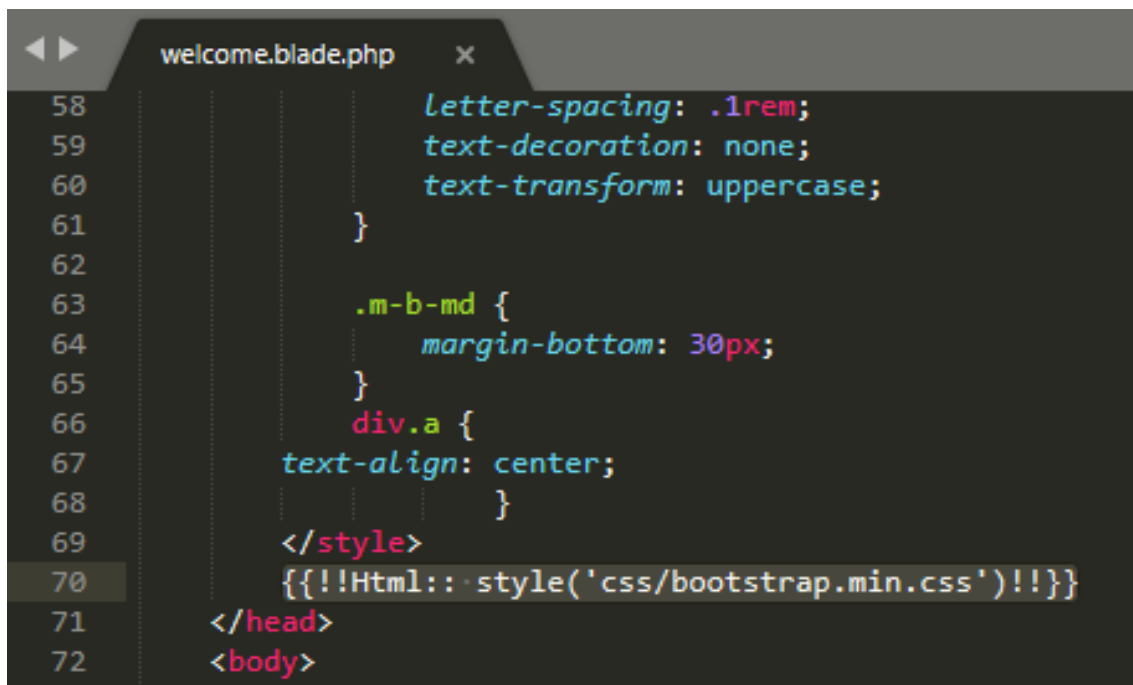
12 rows.

Figura 46. Base de datos

La Base de datos se desarrolló en POSTGRESQL con migración en MYSQL la cual contiene toda la información de los resultados obtenidos por la RNA y la ubicación de la imagen correspondiente a dichos resultados para ser presentados en el aplicativo web.

## 2.7 DOCUMENTACION DEL APLICATIVO WEB

Se realizo el aplicativo web utilizando el Framework Laravel ya que facilita el manejo de la arquitectura de desarrollo MVC (modelo vista controlador), además permite el uso de hojas de estilos CSS y JavaScript por medio de Bootstrap para el diseño Web. También se realizó una base de datos en MySQL el almacenamiento de la información.

A screenshot of a code editor window titled 'welcome.blade.php'. The code is displayed on a dark background with syntax highlighting. Line numbers 58 through 72 are visible on the left. The code includes CSS rules for text styling and a Bootstrap CSS link, followed by HTML tags for the head and body sections.

```
58     letter-spacing: .1rem;
59     text-decoration: none;
60     text-transform: uppercase;
61 }
62
63     .m-b-md {
64         margin-bottom: 30px;
65     }
66     div.a {
67     text-align: center;
68     }
69 </style>
70 {{!!Html::style('css/bootstrap.min.css')!!}}
71 </head>
72 <body>
```

**Figura 47.** Código para uso de estilos

Se creó la vista principal la cual cumple con la función de cargar todos los CSS, JavaScript y demás clases necesarias para la estructura HTML del aplicativo.

```
welcome.blade.php x
@endit

<div class="content">
  <div class="title m-b-md"><h1 class="Dsipaly-1">SICAREL</h1></div>
  <blockquote class="blockquote text-center">
    <p class="mb-0"><h2 style="color: black">Sistema Inteligente para Captura y Registro de Lepidopteros</h2></p>
    <!---->
  </blockquote>
</div>
</div>
<div class="a">
  <p><h2 style="color: black">CLASIFICACION DE ESPECIES</h2></p>
</div>
@foreach($especies as $especie)
  <div class="col-xs-12 col-sm-4 col-md-4 ">
    <div class="flex-center ">
      
    </div>
    <aside class="text-center">
      <h4 style="color: black">{{$especie->reino_especie}}</h4>
      <h4 style="color: black">{{$especie->division_especie}}</h4>
      <h4 style="color: black">{{$especie->clase_especie}}</h4>
      <h4 style="color: black">{{$especie->superfamilia_especie}}</h4>
      <h4 style="color: black">{{$especie->familia_especie}}</h4>
      <h4 style="color: black">{{$especie->subfamilia_especie}}</h4>
      <h4 style="color: black">{{$especie->genero_especie}}</h4>
      <h4 style="color: black">{{$especie->especie_especie}}</h4>

      <td><h4 style="color: black">{{$especie->larva}}</h4></td>
      <td><h4 style="color: black">{{$especie->pupa}}</h4></td>
      <td><h4 style="color: black">{{$especie->mariposa}}</h4></td>
    </aside>
  </div>
@endforeach

</div>
</body>
</html>
```

Figura 48. Código de la página principal

Además de emplear las etiquetas <div> </div> y código propio del Framework Laravel para presentar la información que se encuentra almacenada en la base de datos acerca de las distintas especies de mariposas.

### 2.7.1 RUTAS Y CONTROLADOR DE LA PAGINA PRINCIPAL

La siguiente línea de código se usa para llamar los datos a la página principal por medio de controlador.

```
btn-primary ]):!}]</td>
*/
Route::get('/', 'EspeciesController@inicio');
```

Figura 49. Código de ruta de inicio

```
*  
* @return \Illuminate\Http\Response  
*/  
public function inicio()  
{  
    $datos['especies']=Especies::paginate(10);  
    return view('welcome',$datos);  
}
```

**Figura 50.** Código para traer información de la base de datos

Esta función está situada dentro del controlador y se encarga de traer la información de la base de datos para presentarla en la vista principal.



**Figura 51.** Diseño de la vista principal

Se empleó una imagen general para el fondo de la web el cual consiste en un color blanco y siluetas sombreadas de mariposas.

**CLASIFICACION DE ESPECIES**

|  |  |  |
|--|--|--|
|   |   |   |
| <p>Reino: Animalia 1<br/>                 División: Arthropoda<br/>                 Clase: Insecta<br/>                 Superfamilia: Papilionoidea<br/>                 Familia: Nymphalidae<br/>                 Subfamilia: Danainae<br/>                 Género: Danaus<br/>                 Especie: D. plexippus</p> | <p>especie3<br/>                 rama:<br/>                 Clase:<br/>                 Orden:<br/>                 Familia:<br/>                 Subfamilia:<br/>                 Género:<br/>                 Especie:</p> | <p>especie4<br/>                 rama:<br/>                 Clase:<br/>                 Orden:<br/>                 Familia:<br/>                 Subfamilia:<br/>                 Género:<br/>                 Especie:</p> |

**Figura 52.** Vista de la clasificación de las especies

Además de mostrar las imágenes almacenadas de los lepidópteros con sus correspondientes datos característicos como lo reino, división, clase, superfamilia, familia, subfamilia, genero, especie.

### 2.7.2 LOGIN

Para la creación del login y registro de usuarios de tuvo en cuenta un administrador el cual tiene la capacidad de registrar otros usuarios los cuales tienen acceso a la información de las especies y están en la capacidad de ingresar, modificar o eliminar dicha información.

```

<form class="form-horizontal" method="POST" action="{{ route('login') }}">
  {{ csrf_field() }}

  <div class="form-group{{ $errors->has('email') ? ' has-error' : '' }}">
    <label for="email" class="col-md-4 control-label">E-Mail Address</label>

    <div class="col-md-6">
      <input id="email" type="email" class="form-control" name="email" value="{{ old('email') }}" required
        autofocus>

      @if ($errors->has('email'))
        <span class="help-block">
          <strong>{{ $errors->first('email') }}</strong>
        </span>
      @endif
    </div>
  </div>

  <div class="form-group{{ $errors->has('password') ? ' has-error' : '' }}">
    <label for="password" class="col-md-4 control-label">Password</label>

    <div class="col-md-6">
      <input id="password" type="password" class="form-control" name="password" required>

      @if ($errors->has('password'))
        <span class="help-block">
          <strong>{{ $errors->first('password') }}</strong>
        </span>
      @endif
    </div>
  </div>

  <div class="form-group">
    <div class="col-md-6 col-md-offset-4">
      <div class="checkbox">
        <label>
          <input type="checkbox" name="remember" {{ old('remember') ? 'checked' : '' }}> Remember Me
        </label>
      </div>
    </div>
  </div>

```

**Figura 53.** Código del diseño del login

Se puede observar el diseño de la parte gráfica del login el cual solicita los datos de nombre de usuario y correo para permitir el acceso a las demás funciones.

También cuenta con la opción de recuperar contraseña.

**Figura 54.** Diseño de la vista login



En esta parte observamos todas las rutas necesarias para conectar la vista del login y el controlador.

```
// Authentication Routes...
route::get('login', 'Auth\LoginController@showLoginForm')->name('login');
route::post('login', 'Auth\LoginController@login');
route::post('logout', 'Auth\LoginController@logout')->name('logout');

// Registration Routes...
route::get('register', 'Auth\RegisterController@showRegistrationForm')->name('register');
route::post('register', 'Auth\RegisterController@register');

// Password Reset Routes...
route::get('password/reset', 'Auth\ForgotPasswordController@showLinkRequestForm')->name('password.request');
route::post('password/email', 'Auth\ForgotPasswordController@sendResetLinkEmail')->name('password.email');
route::get('password/reset/{token}', 'Auth\ResetPasswordController@showResetForm')->name('password.reset');
route::post('password/reset', 'Auth\ResetPasswordController@reset');

Route::get('/home', 'HomeController@index')->name('home');
```

Figura 55. Rutas de conexión a la vista del login

### 2.7.3 ADMINISTRADOR

El administrador es el encargado de ingresar a la aplicación web registrar nuevos usuarios, y registrar, modificar y eliminar la información referente a las especies de mariposas que se encuentran en la web.

A continuación, se muestra la vista general de las especies que se encuentran registradas en el aplicativo y los botones para realizar las funciones de modificar y borrar.

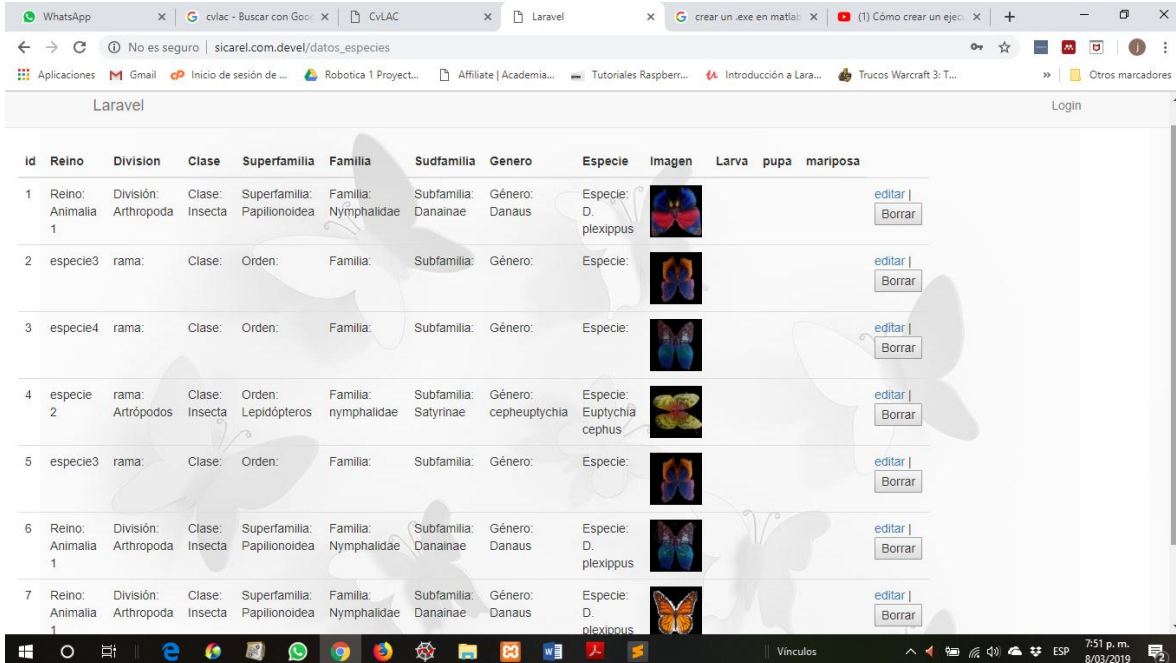


Figura 56. Especies registradas en el aplicativo

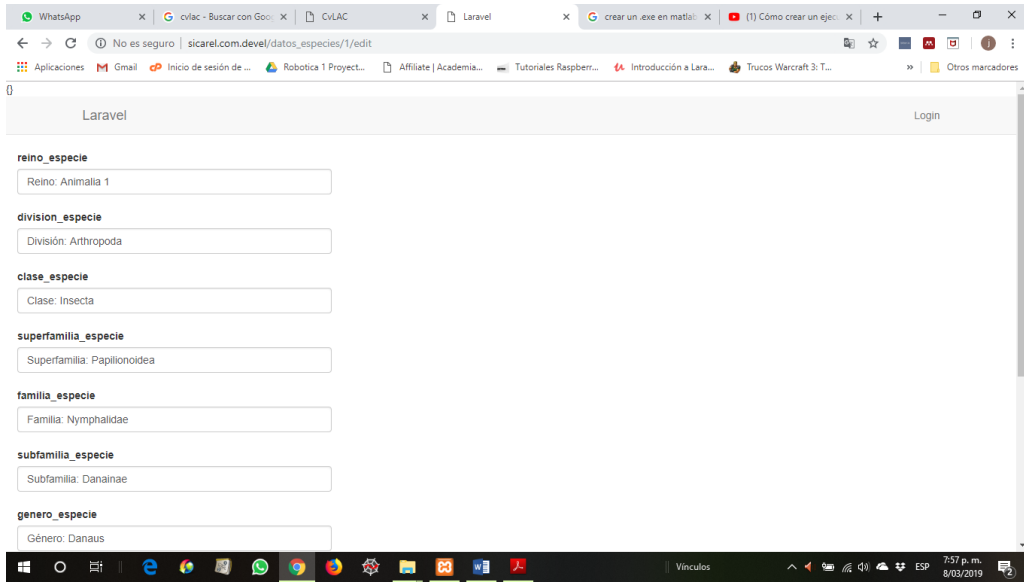


Figura 57. Vista para realizar la modificación de la especie seleccionada en la vista anterior

La función borrar cumple con la eliminación del registro de la especie por lo tanto no cuenta con una vista propia.

Código de estructura la parte de creación del nuevo registro

```

1 @extends('layouts.app')
2
3 @section('content')
4 <div class="col-xs-12 col-sm-4 col-md-4 ">
5 <form method="post" action="{{url('/datos_especies')}}" enctype="multipart/form-data">
6     {{csrf_field()}}
7     <label for="reino_especie">{{'reino_especie'}}</label>
8     <input name="reino_especie" id="reino_especie" class="form-control" type="text" value="">
9
10
11     <label for="division_especie">{{'division_especie'}}</label>
12     <input name="division_especie" id="division_especie" class="form-control" type="text" value="">
13     </br>
14
15     <label for="clase_especie">{{'clase_especie'}}</label>
16     <input name="clase_especie" id="clase_especie" class="form-control" type="text" value="">
17     </br>
18
19     <label for="superfamilia_especie">{{'superfamilia_especie'}}</label>
20     <input name="superfamilia_especie" id="superfamilia_especie" class="form-control" type="text" value="">
21     </br>
22
23     <label for="familia_especie">{{'familia_especie'}}</label>
24     <input name="familia_especie" id="familia_especie" class="form-control" type="text" value="">
25     </br>
26
27     <label for="subfamilia_especie">{{'subfamilia_especie'}}</label>
28     <input name="subfamilia_especie" id="subfamilia_especie" class="form-control" type="text" value="">
29     </br>
30
31     <label for="genero_especie">{{'genero_especie'}}</label>
32     <input name="genero_especie" id="genero_especie" class="form-control" type="text" value="">
33     </br>
34
35     <label for="especie_especie">{{'especie_especie'}}</label>
36     <input name="especie_especie" id="especie_especie" class="form-control" type="text" value="">
37     </br>
38
39     <label for="imagen_especie">{{'imagen_especie'}}</label>

```

Figura 58. Código de estructura la parte de modificar un registro ya existente

```

@extends('layouts.app')

@section('content')
<div class="col-xs-12 col-sm-4 col-md-4 ">
<form method="post" action="{{url('/datos_especies/'. $especie->id_especies)}}" enctype="multipart/form-data">
    {{csrf_field()}}
    {{ method_field('PUT') }}
    <input type="hidden" name="method" value="PUT">
    <label for="reino_especie">{{'reino_especie'}}</label>
    <input name="reino_especie" id="reino_especie" class="form-control" type="text" value="{{ $especie->reino_especie }}">
    </br>

    <label for="division_especie">{{'division_especie'}}</label>
    <input name="division_especie" id="division_especie" class="form-control" type="text" value="{{ $especie->division_especie }}">
    </br>

    <label for="clase_especie">{{'clase_especie'}}</label>
    <input name="clase_especie" id="clase_especie" class="form-control" type="text" value="{{ $especie->clase_especie }}">
    </br>

    <label for="superfamilia_especie">{{'superfamilia_especie'}}</label>
    <input name="superfamilia_especie" id="superfamilia_especie" class="form-control" type="text" value="
    {{ $especie->superfamilia_especie }}">
    </br>

    <label for="familia_especie">{{'familia_especie'}}</label>
    <input name="familia_especie" id="familia_especie" class="form-control" type="text" value="{{ $especie->familia_especie }}">
    </br>

    <label for="subfamilia_especie">{{'subfamilia_especie'}}</label>
    <input name="subfamilia_especie" id="subfamilia_especie" class="form-control" type="text" value="{{ $especie->subfamilia_especie }}">
    </br>

    <label for="genero_especie">{{'genero_especie'}}</label>
    <input name="genero_especie" id="genero_especie" class="form-control" type="text" value="{{ $especie->genero_especie }}">
    </br>

    <label for="especie_especie">{{'especie_especie'}}</label>

```

Figura 59. Código de estructura la parte de visualización de las diferentes especies registradas.

```

index.blade.php
@extends('layouts.app')

@section('content')
<div class="col-xs-12 col-sm-4 col-md-4 ">
<table class="table table-light">
    <thead class="thead-light">
        <tr>
            <th>id</th>
            <th>Reino</th>
            <th>Division</th>
            <th>Clase</th>
            <th>Superfamilia</th>
            <th>Familia</th>
            <th>Sudfamilia</th>
            <th>Genero</th>
            <th>Especie</th>
            <th>Imagen</th>
            <th>Larva</th>
            <th>pupa</th>
            <th>mariposa</th>
        </tr>
    </thead>
    <tbody>
        @foreach($especies as $especie)
            <tr>
                <td>{{ $loop->iteration }}</td>
                <td>{{ $especie->reino_especie }}</td>
                <td>{{ $especie->division_especie }}</td>
                <td>{{ $especie->clase_especie }}</td>
                <td>{{ $especie->superfamilia_especie }}</td>
                <td>{{ $especie->familia_especie }}</td>
                <td>{{ $especie->subfamilia_especie }}</td>
                <td>{{ $especie->genero_especie }}</td>
                <td>{{ $especie->especie_especie }}</td>
                <td>
                <td>{{ $especie->larva }}</td>
                <td>{{ $especie->pupa }}</td>
                <td>{{ $especie->mariposa }}</td>
            </tr>
        </tbody>
    </table>

```

Figura 60. Código de estructura la parte de visualización de las diferentes especies registradas.

```
Route::post('password/reset', Auth\ResetPasswordController@resetPassword);

Route::get('/home', 'HomeController@index')->name('home');
```

**Figura 61.** Ruta encargada de enlazar cada función de la vista con el controlador Esppecies Controller

Controlador Esppecies Controller el cual contiene toda la función necesaria para realizar las distintas funciones que realiza el administrador con la información de las especies.

```
EspeciesController.php x
}

/**
 * Show the form for creating a new resource.
 *
 * @return \Illuminate\Http\Response
 */
public function create()
{
    return view('datos_especies.create');//
}

/**
 * Store a newly created resource in storage.
 *
 * @param \Illuminate\Http\Request $request
 * @return \Illuminate\Http\Response
 */
public function store(Request $request)
{
    $datosEspecie=request()->all();
    $datosEspecie=request()->except('_token');
    if($request->hasfile('imagen_especie')){
        $datosEspecie['imagen_especie']=$request->file('imagen_especie')->store('mariposas_2','public');
    }
    Especies::insert($datosEspecie);
    //return response()->json($datosEspecie);
    return redirect('datos_especies');//
}

/**
 * Display the specified resource.
 *
 * @param \App\especies $especies
 * @return \Illuminate\Http\Response
 */
public function show(especies $especies)
{
```

Como parte final el administrador tiene la posibilidad de ver los mensajes enviados por parte del usuario, cabe aclarar que estos mensajes que se envían son para dar sugerencias o reportar fallos del sistema.

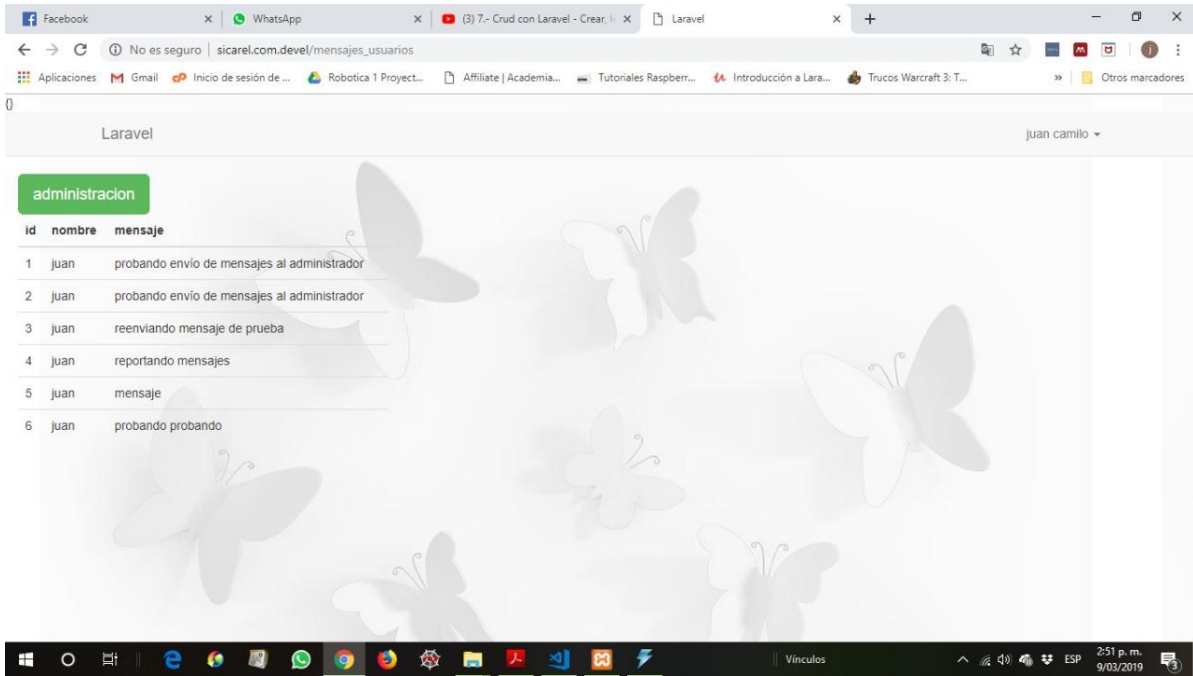


Figura 62. Mensajes enviados por el usuario

## 2.7.4 USUARIO

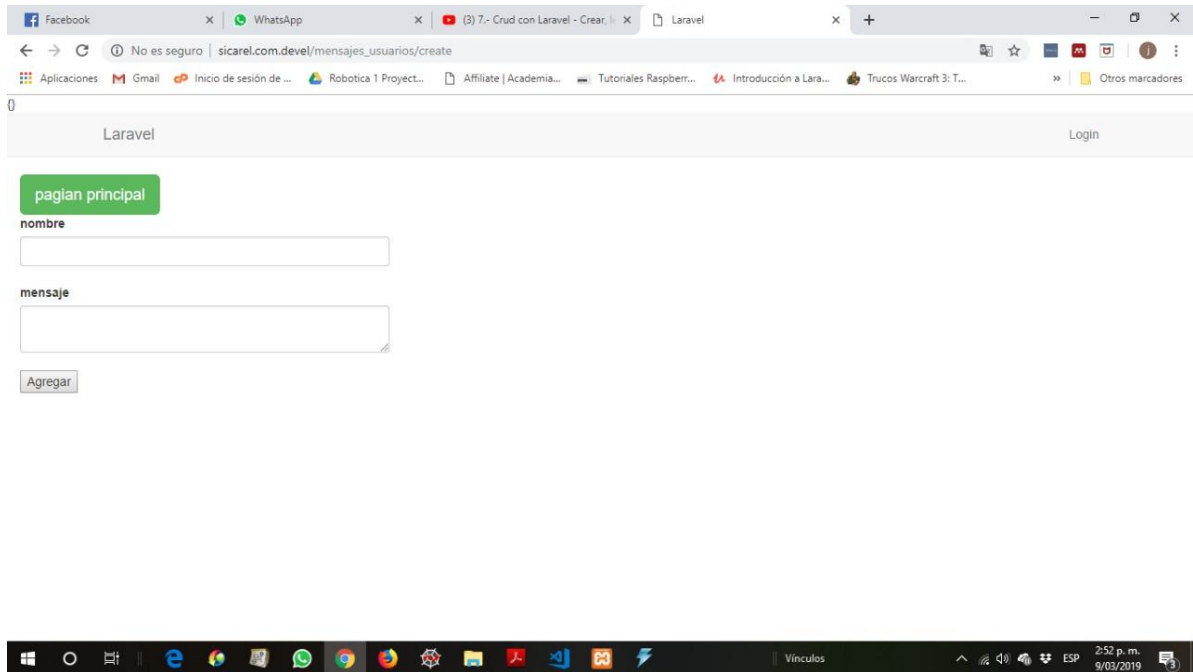


Figura 63. Imagen del apartado de mensajes que envía el usuario

En esta vista el usuario tiene la posibilidad de escribir un mensaje y enviárselo al administrador, los mensajes redactados en esta parte son mas notificar fallos o dar sugerencias del aplicativo web.

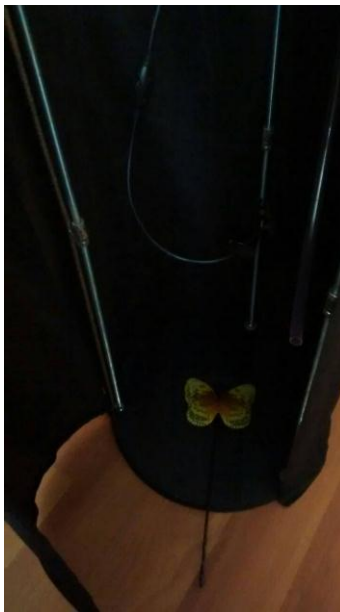
### 3. VALIDACIONES

Para realizar las pruebas del sistema en general se utilizaron 5 especies de mariposas de muestra con características semejantes a las que se encuentran en el Parque Metropolitano María Lucia de Villavicencio (PMMLV).



**Figura 64.** Mariposas de prueba

Las imágenes se ubicaron sobre la base del prototipo de trampa automática al ser detectadas por el sensor de movimiento, la puerta de la trampa se sierra para comenzar con la captura de imágenes fotográficas.



**Figura 65.** Mariposa dentro de la trampa

| <b>Controles prototipo de trampa automática</b> | <b>Resultado Porcentual</b> | <b>Resultados</b>  |
|---|-----------------------------|--|
| Motor puerta de trampa automática               | 100%                        | Programado con un tiempo de 10 milisegundos y una cantidad de 200 pasos para abrir y cerrar la puerta.   |
| Ventilador                                      | 70%                         | La cantidad de aire generada no es suficiente para ayudar a la mariposa a salir de la trampa.  |
| Sensor de movimiento                            | 100%                        | El sensor de movimiento esta ubicado a una distancia de 1 metro sobre la base donde se ubicará la mariposa.  |
| Cámara Web                                      | 100%                        | La estimación de la resolución de la cámara funciona de manera optima para fotografiar a la especie.   |
| Dosificador de alimento                         | 30%                         | El actuador no posee la fuerza suficiente para impulsar el alimento completamente en la base donde estará la mariposa.                                 |
| Controlador Raspberry pi                        | 95%                         | El controlador tiene la capacidad suficiente para la activación de los controles, por causas de energía no es capaz de alimentar todos los actuadores. |
| Access Point                                    | 100%                        | Los Acces Point funcionan de forma optima transmitiendo los datos desde la trampa hasta la aplicación.   |

**Tabla 9.** Resultados del prototipo de trampa

Luego de realizar cada una de las funciones del prototipo, en el computador establecido como el servidor se abrió el aplicativo de Matlab para que mediante este se recibieran las imágenes almacenadas en el prototipo, mostrando así una lista con el nombre de cada una de las imágenes que fueron recibidas.

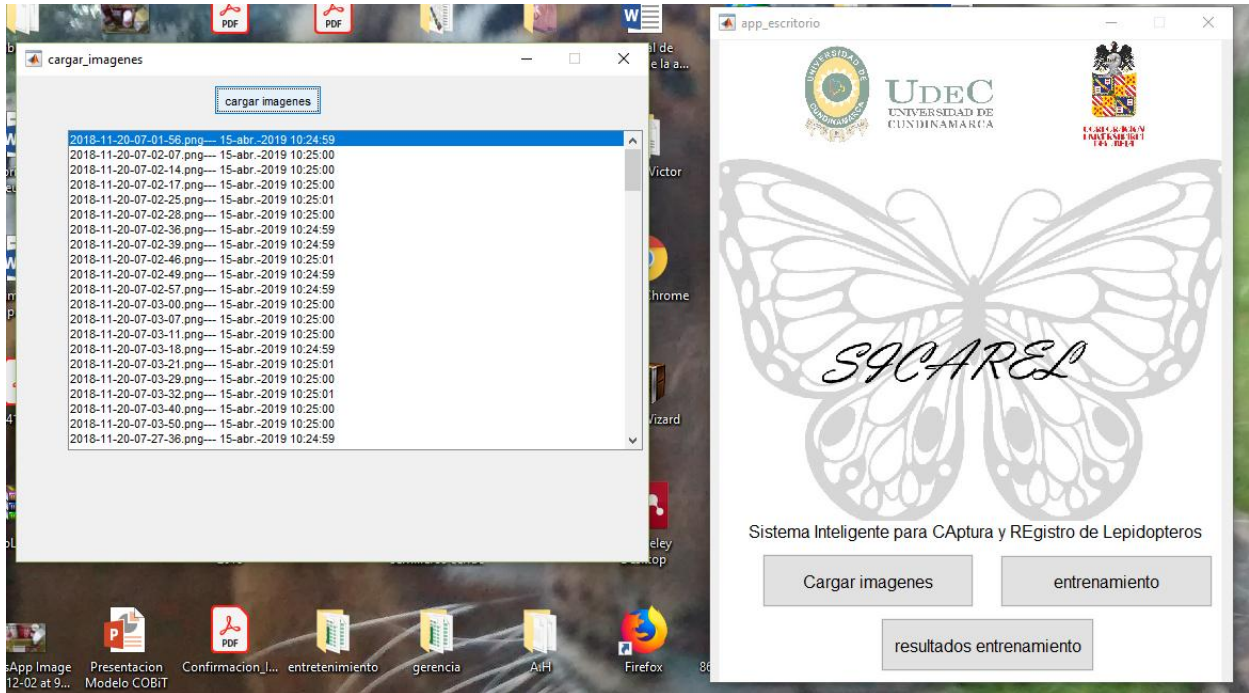


Figura 66. Inicio del aplicativo con su función de cargar imágenes.

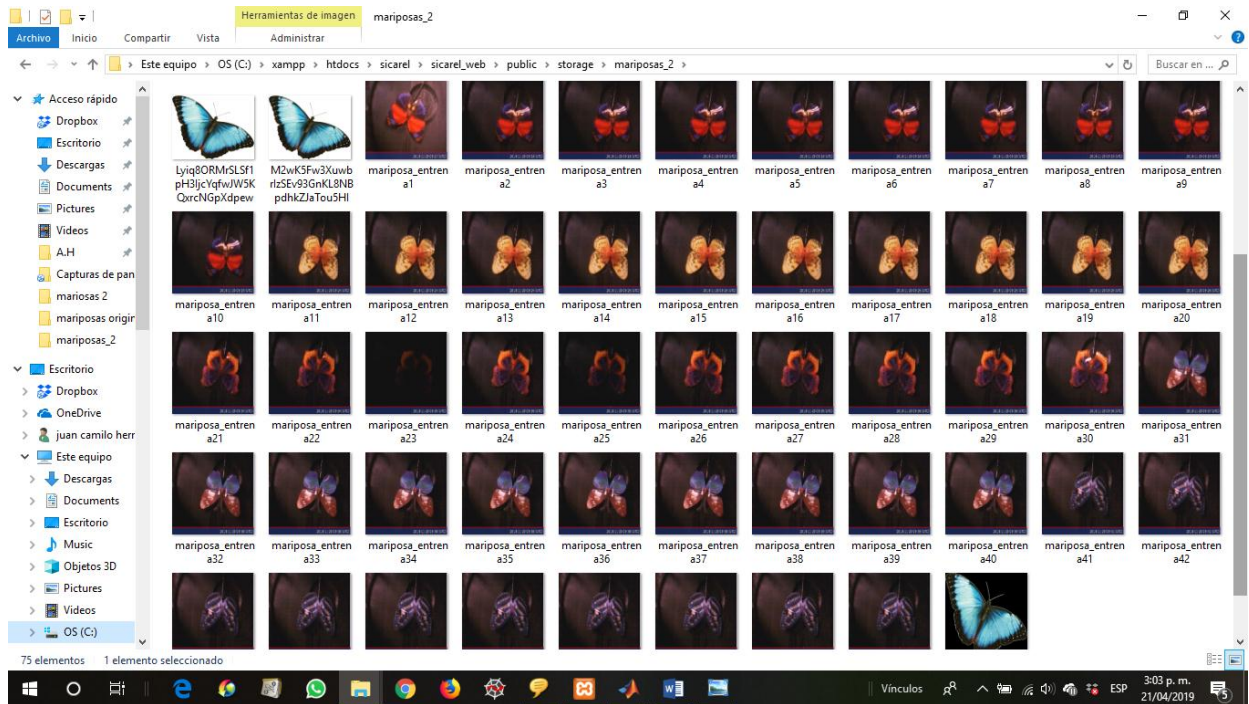


Figura 67. Imágenes recibidas por el computador, tomadas desde la trampa.



Previamente se realizó el entrenamiento de una red neuronal para analizar cada una de las imágenes recibidas para su clasificación, este entrenamiento se realizó con imágenes previamente tomadas para su análisis.

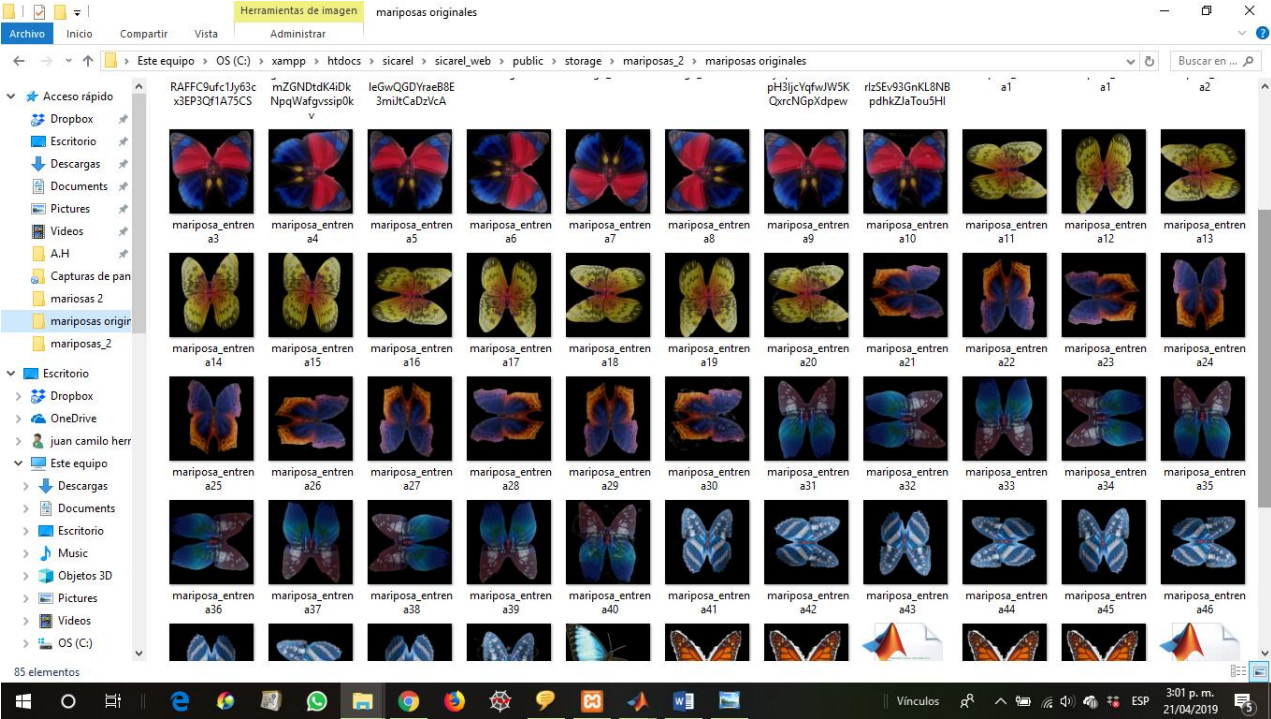


Figura 68. Imágenes de entrenamiento de la red.

Se tomó un total de 100 muestras por las cinco especies de mariposas, es decir, 20 muestras por cada una. Obteniendo como resultado un 54% de acierto global para la identificación de las cinco especies. En la siguiente tabla se indican los resultados del reconocimiento de la RNA en la fase de aplicación.

| Especies de Mariposas | Especie 1 | Especie 2 | Especie 3 | Especie 4 | Especie 5 | No Reconocida |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Especie 1             | 100%      |           |           |           |           |               |
| Especie 2             | 50%       | 40%       |           | 10%       |           |               |
| Especie 3             | 10%       |           | 20%       | 30%       |           | 40%           |
| Especie 4             |           |           |           | 60%       | 30%       | 10%           |
| Especie 5             | 20%       |           |           |           | 60%       | 20%           |

Tabla 10. Resultados por especie de mariposa.

Se encontró un error general del 46% que puede deberse a varias razones como la calidad y cantidad de luz en la imagen, el ruido, la ubicación de la mariposa, entre otras.

#### 4. ESTIMACION DE RECURSOS

| Rubros             | Solicitado en efectivo a UDEC | Contrapartida en especie |                              |                      |                    |
|--------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|
|                    |                               | UDEC                     |                              | Otras Entidades      | Total              |
| Personal           | \$0                           | Docente Investigador     | Desarrolladores del proyecto | -                    | \$0                |
| Equipos            | \$0                           |                          |                              | Compra de computador | \$3'200.000        |
| Materiales Insumos | \$0                           | \$500.000                | \$150.000                    | -                    | \$650.000          |
| Servicio Técnico   | \$0                           | -                        |                              | -                    |                    |
| Viajes             | \$0                           | -                        |                              | -                    |                    |
| Otros              | \$0                           | -                        |                              | -                    |                    |
| <b>Totales</b>     | <b>\$0</b>                    | <b>\$650.000</b>         |                              | <b>\$3'200.000</b>   | <b>\$3'850.000</b> |

**Tabla 11.** Estimación de recursos

#### 5. CONCLUSIONES

El diseño del prototipo de trampa automática especificado en este proyecto es una manera optima para realizar el procedimiento de capturas fotográficas de mariposas sin intervención humana. Como futuras implementaciones a un segundo modelo hay que previsualizar la ubicación del algunos de los actuadores para generar mayor funcionamiento y mejores resultados.

Las técnicas para el procesamiento de las imágenes implementadas en este sistema son buenas ya que permiten obtener imágenes adecuadas minimizando características de tamaño y color, pero cuidando la calidad de la imagen para no perder información relevante. Ahora bien, agregando técnicas como realce y detección de la imagen, se utiliza un formato RGB para facilitar su manejo dentro de este sistema inteligente para lograr una extracción de características de las mariposas más específica al permitir el manejo de las imágenes a color.

La RNA Backpropagation, aunque funciona bien, como un segundo modelo de reconocimiento de patrones de mariposas, se recomienda realizar otros modelos como lo es la RNA Hopfield o los Modelos Ocultos de Márkov (HMM), y validar cuál de ellos responde mejor frente a la identificación de las cinco especies de mariposas.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Andrade-C., M. G., Campos Salazar, L. R., González Montaña, L. A., & Pulido B, H. W. (2007). *Santa María Mariposas alas y color-Guía de campo. Bogotá D.C-Universidad Nacional de Colombia.*
- Andrade-c, M. G. (n.d.). 30C8B42F92Dbdb7Fae2E54D45D648Cc.Pdf.
- Andrade-C, M. G., Henao, E. R., & Triviño, P. (2013). Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. (Lepidoptera: Hesperoidea – Papilionoidea). *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 37(144), 311–325.  
<https://doi.org/10.18257/raccefyn.12>
- Armando Carrero, D. S., Roberto Sánchez Montaña, L., & Enrique Tobar, D. L. (2013). *diversidad Y distribución de Mariposas diurnas en un Gradiente altitudinal en la región nororiental andina de Colombia \**. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat.*, 17(1), 168–188.
- Becattini, G., & Valladolid, U. De. (2005). *Plan de desarrollo en la Italia de los distritos industriales : Prato*, 213–215.
- Bolívar, S., Ortega, D. S., Wilson, H., Rodríguez Velandia, R., & Patricia, M. (2016). *EL MARIPOSARIO COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA CARACTERIZAR LA IDENTIDAD AMBIENTAL DE LOS ESTUDIANTES DEL GRADO 702 DEL COLEGIO.*
- Capítulo I. Antecedentes. (n.d.).
- Cassina Felder, O., Aldana, J. A., Fajardo, J., & Guerrero, H. C. (1999). Evaluación de dos diseños de trampas para la captura de adultos de, (2), 23–29.
- Cortolima, Corpoica, & Sena. (2003). *Lepidopteros diurnos Rio Amoyá Tolima*, 1(Andrade 2000), 304–318. Retrieved from  
[https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro\\_documentos/pom\\_amoya/diagnostico/k21012.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_amoya/diagnostico/k21012.pdf)
- Cosquillo, Y., & Romero, D. (2015). Reconocimiento automático de especímenes lepidópteros en dispositivos de bajo poder computacional 1 *Introducción*, 28(Diciembre), 27–38.
- Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34300303>. (2000).  
<https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v34n64.45942>. Este
- Educación, L. O. S. F. D. E. L. A. (2012). Disponible en:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70925416001>.  
<https://doi.org/10.5944/educxx1.17.1.10708>
- Elena, A. D. S. (n.d.). *Diagnóstico ambiental del relleno sanitario praderas del Magdalena , Girardot ( Cundinamarca ) empleando mariposas ( Lepidoptera : papilionoidea y hesperioidea ) como indicador de tipo y calidad de hábitat*, (2008), 92–108.
- Entos: trampas para insectos, trampas de luz, luz blanca, luz negra, trampas para mamíferos pequeños, tomhowak. (n.d.). Retrieved June 29, 2018, from

[http://enthoscolombia.com/productos\\_muestreo\\_captura.html](http://enthoscolombia.com/productos_muestreo_captura.html)

- García-Robledo, C. A., Constantino, L. M., Heredia, M. D., & Kattan, G. (2002). *Guía de Campo. Mariposas Comunes de la Cordillera Central de Colombia*.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4135.0563>
- Garzon Romero, E. C., Posso Gomez, C. E., Chacon, P., & Dahners, H. W. (2014). Colección de mariposas del Museo de Entomología de la Universidad del Valle. *Universidad Del Valle*, (Dataset). <https://doi.org/10.15472/YFJGEL>
- Henao-B, E. R., & Stiles, F. G. (2018). UN INVENTARIO DE LAS MARIPOSAS DIURNAS (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea) DE DOS RESERVAS ALTOANDINAS DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA a AN INVENTORY OF THE BUTTERFLIES ( Lepidoptera : Hesperioidea-Papilionoidea ) OF TWO ALTOANDIN RESERVES OF. *Rev. Fac. Cienc. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*, 7(1), 71–87.
- La cría de mariposas diurnas y su gestión para la producción de artesanías en la comunidad « Niños Héroes de Chapultepec » Tenosique , estado de Tabasco , México Por Laura Dénomée Patriganni Informe de prácticas final presentado al Département de biologi. (2010).
- Lazzeri, M. G., Bar, M. E., & Damborsky, M. P. (2011). z Diversidad del orden Lepidoptera ( Hesperioidea y Papilionoidea ) de la ciudad Corrientes , Argentina, 59(March), 299–308.
- Lister, R. (2003). Et Al., 1999; *Notes*, (1999), 221–230.
- Lorya, R., Chinchilla, C., Domínguez, J., & Mexzón, R. (2002). Una trampa efectiva para capturar adultos de *Opsiphanes cassina* Felder ( Lepidoptera : Brassolidae ) y observaciones sobre el comportamiento de la plaga en palma de aceite \* An Effective Trap to Capture Adults of *Opsiphanes cassina* F . ( Lepidoptera : Bra, 23(21), 9–12.
- Mariposa monarca, motor para salvar áreas protegidas | El Economista. (n.d.). Retrieved June 29, 2018, from <https://www.economista.com.mx/arteseideas/Mariposa-monarca-motor-para-salvar-areas-protegidas-20170214-0029.html>
- Mariposa monarca enfrenta riesgo de extinción • Forbes México. (n.d.). Retrieved from <https://www.forbes.com.mx/numero-de-mariposas-monarca-esta-en-peligro/>
- Mariposas y otras especies, en colección de Orinoquia - UNIMEDIOS: Universidad Nacional de Colombia. (n.d.). Retrieved July 25, 2018, from <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/mariposas-y-otras-especies-en-coleccion-de-orinoquia.html>
- Métodos Científicos de Investigación - EcuRed. (n.d.). Retrieved August 22, 2018, from [https://www.ecured.cu/Métodos\\_Científicos\\_de\\_Investigación](https://www.ecured.cu/Métodos_Científicos_de_Investigación)
- Montero-A, F., Moreno-P, M., & Carlos Gutiérrez-M, L. (n.d.). *MariPosas (lePidÓPtera: HesPerioidea Y PaPilionoidea) asoCiadas a fraGmentos de BosQue seCo troPiCal en el dePartaMento del atlÁntiCo, ColoMBia* \*. Retrieved from [http://biologiaevolutiva.org/rvila/proyecto\\_mariposa/sites/default/files/papers/mariposas\\_atl\\_antico\\_boletin\\_caldas.pdf](http://biologiaevolutiva.org/rvila/proyecto_mariposa/sites/default/files/papers/mariposas_atl_antico_boletin_caldas.pdf)

No Title. (n.d.), 185–268.

NOTICIAS. (n.d.). Retrieved June 29, 2018, from <https://www.landlifecompany.com/es/noticias.html>

Orinoquía, la región de las mariposas - UNIMEDIOS: Universidad Nacional de Colombia. (n.d.). Retrieved July 25, 2018, from <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/orinoquia-la-region-de-las-mariposas.html>

Ospina, L. A., & Reinoso, G. (2009). Mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) del jardín botánico Alejandro von Humboldt de la Universidad del Tolima (Ibagué – Colombia). *Tumbaga*, 4, 135–148.

Patriganni, L. D. (2010). La cría de mariposas diurnas y su gestión para la producción de artesanías en la comunidad « Niños Héroes de Chapultepec » Tenosique , estado de Tabasco , México Por Laura Dénomée Patriganni.

Perez, J. F. G. (2013). Mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea Y Hesperioidea) Del Centro De Investigación Nataima (Tolima, Colombia). *Scientia Agroalimentaria*, 1, 11–18.

Presente, L., El, E. N., & Nemocón, M. D. E. (2014). No Title, 1–54.

Prieto, C., Takegami, C., & Rivera, J. M. (2005). Estructura poblacional de *Morpho sulkowskyi* Kollar, 1850 (Lepidoptera: Nymphalidae) en un sector de la cordillera occidental, departamento del Cauca (Colombia). *Entomotropica*, 20(1), 15–22.

Rydon, A. (1964). Notes on the use of butterfly traps in East Africa. *Journal of the Lepidopterists' Society*, 18(1), 51–58.

Santana, L. J., Directora, R., Lucia, M. S., Mantilla, P., Distrital, U., & José De Caldas, F. (n.d.). *EAAB-ESP, PCCP*. Retrieved from <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4133/1/LilianaJuranySantanaRamirez2016.pdf>

Sistema, A. L., Colecciones, D. E. G. D. E., Vera, L., & Proyecto, R. D. E. L. (2009). Informe proyecto.

Swaay, C. Van, Conservation, B., & Warren, M. (2012). Manual Para el Seguimiento de Mariposas, (May 2014).

Trabajo, T. D. E. (n.d.). Procedimiento inventario de lepidópteros (mariposas) en pinares de las illes balears.

Villagrà, J., Milanés, V., Pérez, J., & Pedro, T. de. (2010). Control Basado en PID Inteligentes: Aplicación al Control Robusto de Velocidad en Entornos Urbanos. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 7(4), 44–52. <https://doi.org/10.4995/riai.2010.04.07>