



ESCUELA DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**Tesis previa a la obtención de título de  
Ingeniero en Tecnologías de la Información**

**AUTOR:** Enrique Nicolas Barnuevo Montaña

**TUTOR:** Mgs. Ing. Milton Ricardo Palacios Morocho

“Desarrollo de una Plataforma web para administrar  
datos estadísticos de una fauna endémica en las islas  
Galapagos-Ecuador aplicando minería de datos”

## CERTIFICADO DE AUTORIA

Yo, Enrique Nicolas Barnuevo Montaña declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y Leyes.

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping strokes, positioned above a horizontal line.

---

Enrique Nicolás Barnuevo Montaña  
Autor

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, Milton Ricardo Palacios Morocho, certifico que conozco al autor del presente trabajo de titulación “Desarrollo de una Plataforma web para administrar datos estadísticos de una fauna endémica en las islas Galapagos-Ecuador aplicando minería de datos”, Enrique Nicolas Barnuevo Montaña, siendo el responsable exclusiva tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido

---

Mgs. Ing. Milton Ricardo Palacios Morocho  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico con mucho cariño a mi familia que ha sido mi apoyo incondicional durante mi vida universitaria.

Nicolás B.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a quienes apoyaron la realización de este trabajo, en especial a mi director tesis, quien ha sido apoyo fundamental en mi realización personal y profesional.

Nicolás B.

## INDICE DE CONTENIDOS

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| CARATULA .....                                                        | I   |
| CERTIFICADO DE AUTORIA .....                                          | II  |
| APROBACIÓN DEL TUTOR .....                                            | III |
| DEDICATORIA.....                                                      | IV  |
| AGRADECIMIENTO.....                                                   | V   |
| INDICE DE CONTENIDOS .....                                            | VI  |
| INDICE DE FIGURAS .....                                               | IX  |
| INDICE DE TABLAS .....                                                | X   |
| RESUMEN .....                                                         | 12  |
| ABSTRACT .....                                                        | 13  |
| INTRODUCCIÓN .....                                                    | 14  |
| CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN .....                                        | 14  |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                                       | 14  |
| OBJETIVOS.....                                                        | 20  |
| OBJETIVO GENERAL.....                                                 | 20  |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                           | 20  |
| JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE .....                                         | 20  |
| METODOLOGÍA.....                                                      | 21  |
| CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE .....                                     | 22  |
| 1.1.ABG (AGENCIA DE BIOSEGURIDAD GALÁPAGOS).....                      | 24  |
| 1.2.MINERIA DE DATOS EN EL ANÁLISIS ECOLÓGICO.....                    | 26  |
| 1.3.USO DEL WEB SCRAPING .....                                        | 28  |
| 1.4.HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS UTILIZADAS PARA CONSTRUIR EL MODELO ..... | 29  |
| 1.5.LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN INTEGRADOS .....                        | 30  |
| 1.6.PRUEBAS .....                                                     | 32  |
| CAPÍTULO II: ANÁLISIS Y DISEÑO .....                                  | 34  |
| 2.1.INVESTIGACIÓN PRELIMINAR.....                                     | 35  |
| 2.2.REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE .....                                  | 36  |
| 2.2.1.PERSPECTIVA DEL PRODUCTO.....                                   | 36  |
| 2.3.FUNCIONALIDAD DEL PRODUCTO .....                                  | 36  |
| 2.4.CARACTERÍSTICAS DE LOS USUARIOS.....                              | 37  |
| 2.5.REQUISITOS ESPECÍFICOS FUNCIONALES:.....                          | 38  |
| 2.6.REQUISITOS ESPECÍFICOS NO FUNCIONALES:.....                       | 43  |

|                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.7.DISEÑO DE SISTEMAS EN METODOLOGÍAS ÁGILES .....                                                                                               | 43 |
| 2.8.DIAGRAMA DE CLASES.....                                                                                                                       | 62 |
| 2.9.DIAGRAMA DE ACTIVIDADES. ....                                                                                                                 | 64 |
| CAPÍTULO III: DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN .....                                                                                                   | 65 |
| 3.1.DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN.....                                                                                                              | 66 |
| 3.2.DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.....                                                                                                             | 66 |
| 3.2.1.FASE 1: IDENTIFICACIÓN.....                                                                                                                 | 67 |
| 3.2.2.FASE 2: DISEÑO.....                                                                                                                         | 69 |
| 3.2.3.FASE 3: IMPLEMENTACIÓN .....                                                                                                                | 71 |
| 3.2.4.FASE 4: INTEGRACIÓN Y VALIDACIÓN. ....                                                                                                      | 78 |
| 3.3.ANÁLISIS DE RESULTADOS.....                                                                                                                   | 81 |
| 3.4.1. CATEGORÍA FUNCIONALIDADES DE BÚSQUEDA Y FILTRADO. ....                                                                                     | 83 |
| 3.4.2. CATEGORÍA VISUALIZACIÓN Y MAPA.....                                                                                                        | 84 |
| 3.4.3. CATEGORÍAS VELOCIDAD Y RESPUESTA. ....                                                                                                     | 85 |
| 3.3.4. CATEGORÍA UTILIDAD HACIA LA INVESTIGACIÓN .....                                                                                            | 86 |
| 3.4.PLAN DE VALIDACIÓN.....                                                                                                                       | 87 |
| APLICACIÓN DE MINERÍA DE DATOS A TRAVÉS DE UNA PLATAFORMA WEB PARA LA<br>VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE ESPECIES EN LAS ISLAS GALAPAGOS-ECUADOR .... | 87 |
| ÍNDICE DE CONTENIDO .....                                                                                                                         | 87 |
| 1.INTRODUCCIÓN .....                                                                                                                              | 88 |
| 1.1. PROPÓSITO .....                                                                                                                              | 88 |
| 1.2. ALCANCE .....                                                                                                                                | 88 |
| 1.3. OBJETIVOS .....                                                                                                                              | 89 |
| 2.METODOLOGÍA IMPLEMENTADA.....                                                                                                                   | 89 |
| 2.1. ENFOQUE METODOLÓGICO .....                                                                                                                   | 89 |
| 2.2. PERFIL DE LOS PARTICIPANTES.....                                                                                                             | 89 |
| 2.3. INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN.....                                                                                                               | 90 |
| 2.4. PROCEDIMIENTO DE VALIDACIÓN .....                                                                                                            | 90 |
| 3.CRITERIOS DE EVALUACIÓN .....                                                                                                                   | 91 |
| 3.1. USABILIDAD DE LA PLATAFORMA .....                                                                                                            | 92 |
| 3.2. FUNCIONALIDADES DE BÚSQUEDA Y FILTRADO .....                                                                                                 | 93 |
| 3.3. VISUALIZACIÓN DE DATOS Y MAPA INTERACTIVO.....                                                                                               | 95 |
| 3.4. VELOCIDAD Y CAPACIDAD DE RESPUESTA .....                                                                                                     | 97 |
| 3.5. UTILIDAD PARA LA INVESTIGACIÓN.....                                                                                                          | 99 |

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....                               | 101 |
| 4.1. FORTALEZAS IDENTIFICADAS .....                           | 101 |
| 4.2. OPORTUNIDADES DE MEJORA.....                             | 102 |
| 5. CONCLUSIONES GENERALES .....                               | 105 |
| 6. RECOMENDACIONES .....                                      | 107 |
| 7. ANEXOS.....                                                | 108 |
| 7.1. ESTRUCTURA DEL INSTRUMENTO.....                          | 108 |
| 7.2. GRÁFICAS DE RESULTADOS COMPLETOS .....                   | 108 |
| 7.3. METODOLOGÍA DE APLICACIÓN.....                           | 108 |
| CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....             | 110 |
| 4.1. CONCLUSIONES.....                                        | 111 |
| 4.2. RECOMENDACIONES. ....                                    | 112 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                             | 113 |
| CAPÍTULO V: ANEXOS .....                                      | 117 |
| ANEXO I: ENCUESTA DE EXPERIENCIA Y VALIDACIÓN A EXPERTOS..... | 118 |
| ANEXO II: ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE.....       | 120 |
| ANEXO III: MANUAL DEL PROGRAMADOR.....                        | 134 |
| ANEXO IV: MANUAL DEL USUARIO.....                             | 141 |



## INDICE DE FIGURAS

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> <i>Caso de Uso</i> .....                                                     | 44 |
| <b>Figura 2</b> <i>Proceso Distribución</i> .....                                            | 63 |
| <b>Figura 3</b> <i>Proceso Usuario, Sistema y Base de datos</i> .....                        | 64 |
| <b>Figura 4</b> <i>Metodología</i> .....                                                     | 66 |
| <b>Figura 5</b> <i>Base metodológica</i> .....                                               | 67 |
| <b>Figura 6</b> <i>Flujo simplificado del modelo de datos hacia Firestore.</i> .....         | 70 |
| <b>Figura 7</b> <i>Prototipo de edición y ver estadísticas de cada especie</i> .....         | 74 |
| <b>Figura 8</b> <i>Edicion de la especie</i> .....                                           | 75 |
| <b>Figura 9</b> <i>Diagrama de la arquitectura de la plataforma Galápagos Datalens</i> ..... | 75 |
| <b>Figura 10</b> <i>Interfaz de Prototipo de especies en islas</i> .....                     | 76 |
| <b>Figura 11</b> <i>Prototipado del Interfaz principal del sistema</i> .....                 | 77 |
| <b>Figura 12</b> <i>Ejemplo de interfaz con informacion de especies</i> .....                | 77 |
| <b>Figura 13</b> <i>Ejemplo de interfaz de administrador de usuarios permitidos</i> .....    | 78 |
| <b>Figura 14</b> <i>Usabilidad</i> .....                                                     | 82 |
| <b>Figura 15</b> <i>Funcionalidad</i> .....                                                  | 83 |
| <b>Figura 16</b> <i>Visualización</i> .....                                                  | 84 |
| <b>Figura 17</b> <i>Velocidad y respuesta</i> .....                                          | 85 |
| <b>Figura 18</b> <i>Utilidad</i> .....                                                       | 86 |

## INDICE DE TABLAS

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1</b> <i>Especies representativas de las Islas Galápagos</i> ..... | 16 |
| <b>Tabla 2</b> <i>Comparativa de algoritmos de minería de datos</i> .....   | 28 |
| <b>Tabla 3</b> <i>Comparativa de HERRAMIENTA/ TÉCNICA</i> .....             | 30 |
| <b>Tabla 4</b> <i>Comparativa de Lenguajes y sus roles</i> .....            | 31 |
| <b>Tabla 5</b> <i>Proyectos de referencias con sus prueba</i> .....         | 33 |
| <b>Tabla 6</b> <i>Características de Investigador ambiental</i> .....       | 37 |
| <b>Tabla 7</b> <i>Características de Visitante general o turista</i> .....  | 37 |
| <b>Tabla 8</b> <i>Características de Técnico de la ABG Galápagos</i> .....  | 37 |
| <b>Tabla 9</b> <i>Requerimiento funcional 1</i> .....                       | 38 |
| <b>Tabla 10</b> <i>Requerimiento funcional 2</i> .....                      | 38 |
| <b>Tabla 11</b> <i>Requerimiento funcional 3</i> .....                      | 39 |
| <b>Tabla 12</b> <i>Requerimiento funcional 4</i> .....                      | 39 |
| <b>Tabla 13</b> <i>Requerimiento funcional 5</i> .....                      | 40 |
| <b>Tabla 14</b> <i>Requerimiento funcional 6</i> .....                      | 41 |
| <b>Tabla 15</b> <i>Requerimiento funcional 7</i> .....                      | 41 |
| <b>Tabla 16</b> <i>Requerimiento funcional 8</i> .....                      | 42 |
| <b>Tabla 17</b> <i>Requerimiento funcional 9</i> .....                      | 42 |
| <b>Tabla 18</b> <i>Descripción de caso de uso 1</i> .....                   | 45 |
| <b>Tabla 19</b> <i>Descripción de caso de uso 2</i> .....                   | 46 |
| <b>Tabla 20</b> <i>Descripción de caso de uso 3</i> .....                   | 47 |
| <b>Tabla 21</b> <i>Descripción de caso de uso 4</i> .....                   | 48 |
| <b>Tabla 22</b> <i>Descripción de caso de uso 5</i> .....                   | 49 |
| <b>Tabla 23</b> <i>Descripción de caso de uso 6</i> .....                   | 50 |
| <b>Tabla 24</b> <i>Descripción de caso de uso 7</i> .....                   | 51 |
| <b>Tabla 25</b> <i>Descripción de caso de uso 8</i> .....                   | 52 |
| <b>Tabla 26</b> <i>Descripción de caso de uso 9</i> .....                   | 53 |
| <b>Tabla 27</b> <i>Descripción de caso de uso 10</i> .....                  | 54 |
| <b>Tabla 28</b> <i>Descripción de caso de uso 11</i> .....                  | 55 |
| <b>Tabla 29</b> <i>Descripción de caso de uso 12</i> .....                  | 56 |
| <b>Tabla 30</b> <i>Descripción de caso de uso 13</i> .....                  | 57 |
| <b>Tabla 31</b> <i>Descripción de caso de uso 14</i> .....                  | 58 |
| <b>Tabla 32</b> <i>Descripción de caso de uso 15</i> .....                  | 59 |
| <b>Tabla 33</b> <i>Descripción de caso de uso 16</i> .....                  | 60 |

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 34</b> <i>Descripción de caso de uso 17</i> ..... | 61 |
| <b>Tabla 35</b> <i>Descripción de caso de uso 18</i> ..... | 62 |

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación detalla los procesos de diseño, desarrollo, implementación y validación de la plataforma web Galápagos DataLens, fue concebida como una herramienta digital de nueva generación para cumplir con los principios de visualización y análisis de datos de especies que habitan en las Islas Galápagos, Ecuador. Este proyecto nace de la necesidad de concentrar información diseminada sobre biodiversidad, así como también dar respuesta a las problemáticas de accesibilidad, fiabilidad y actualización de la información que enfrentan los investigadores, gestores ambientales y turistas que buscan información sobre la fauna de las islas. La metodología seguida adoptó el proceso de Descubrimiento de Conocimiento en Bases de Datos (KDD), mediante la estructura en fases: investigación y análisis de requerimientos, diseño conceptual, modelado de datos, implementación y validación. La arquitectura técnica se desarrolló sobre la base de Next.js Server Actions y la base de datos Firestore (NoSQL), estructurándose a su vez mediante un flujo de ETL para limpieza y normalización de datos de fuentes externas (GBIF, eBird, OBIS). El sistema se estructuró en dos colecciones: species y researchers y se incorporaron funciones de búsqueda, filtrado, visualización geográfica y generación de reportes. La validación de la aplicación se llevó a cabo a través de un plan de pruebas mixto, aplicando cuestionarios a 12 expertos en fauna, gestión ambiental, agrícola, conservación y comunicación. Los criterios evaluados fueron: fueron usabilidad, funcionalidades de búsqueda y filtrado, visualización y mapa interactivo, velocidad de respuesta y utilidad para la investigación. Los resultados obtenidos muestran altos niveles de satisfacción, con un promedio por encima de 4.7/5, reafirmando que la aplicación web es intuitiva, eficiente y pertinente para la investigación científica. Los resultados demostraron que Galápagos DataLens representa un importante aporte para confrontar el manejo de la biodiversidad en las Galápagos, democratizando el acceso a los datos ecológicos que han sido procesados y fortaleciendo la toma de decisiones basada en evidencia, además de ser un recurso sostenible y escalable para futuras investigaciones.

**Palabras clave:** Galápagos, Biodiversidad, Minería de datos, Plataforma web, Visualización de fauna endémica.

## ABSTRACT

This research work details the processes of design, development, implementation, and validation of the Galápagos DataLens web platform, conceived as a next-generation digital tool to fulfill the principles of visualization and data analysis of species inhabiting the Galápagos Islands, Ecuador. This project was born out of the need to centralize dispersed information on biodiversity, as well as to address the challenges of accessibility, reliability, and information updates faced by researchers, environmental managers, and tourists seeking knowledge about the fauna of the islands. The methodology adopted followed the Knowledge Discovery in Databases (KDD) process, structured in phases: research and requirements analysis, conceptual design, data modeling, implementation, and validation. The technical architecture was developed based on Next.js Server Actions and the Firestore (NoSQL) database, further structured through an ETL flow for cleaning and normalizing data from external sources (GBIF, eBird, OBIS). The system was organized into two collections: species and researchers, and incorporated search, filtering, geographic visualization, and reporting functions. The validation of the application was carried out through a mixed testing plan, applying questionnaires to 12 experts in fauna, environmental management, agriculture, conservation, and communication. The evaluated criteria were usability, search and filtering functionalities, visualization and interactive map, response speed, and usefulness for research. The results obtained show high levels of satisfaction, with an average above 4.7/5, confirming that the web application is intuitive, efficient, and relevant for scientific research. The results demonstrated that Galápagos DataLens represents an important contribution to biodiversity management in the Galápagos, democratizing access to processed ecological data and strengthening evidence-based decision-making, in addition to being a sustainable and scalable resource for future research.

**Keywords:** Galápagos, Biodiversity, Data Mining, Web Platform, Visualization of Endemic Fauna.

## **Introducción**

### **Contexto y justificación**

La elección del tema del presente trabajo se da debido la observación de un problema generalizado en la gestión y administración de la biodiversidad: la dispersión y diversidad de los datos sobre las especies animales endémicas de las Islas Galápagos Ecuador. A pesar de las gestiones institucionales y comunales se puede observar que se encuentra mucha información en diferentes bases de datos, pero en formatos diversos lo que finalmente da lugar a una compleja integración e incluso un análisis desintegrado en la planificación y conservación. Las especies catalogadas y su información se encuentra segmentada y distribuida en múltiples archivos Excel, en su mayoría, dichos archivos reposan en la Fundación Charles Darwin. Esto se pudo corroborar gracias a una visita técnica realizada por el investigador en su proceso formativo, lo que genera la necesidad de aplicar métodos con técnicas de extracción de datos que trabajen con plataformas digitales, que unifiquen y normen los datos de las especies.

La presente investigación en una primera instancia pretende satisfacer la necesidad de contar con instrumentos que permitan el acceso a información confiable, transparente y actualizada sobre iniciativas como la de Data Hub Galápagos (Galápagos Science Center, 2024). En segundo lugar, hacer uso de tecnología abierta y algoritmos mejorados para la gestión de los datos orgánicos (Wilkinson et al., 2016; Hsing, Johns y Matthe, 2024). Por último, responde a la importancia académica y científica de la institución por cuanto combina el saber informático, la preservación del saber biológico y el conocimiento sobre el análisis estadístico en un contexto complejo e interdisciplinario como es el insular.

La atención concentrada en la elaboración de un flujo algorítmico y en la producción de matrices de presencia/ausencia consigue no estar restringidos únicamente a la representación de datos, sino avanzar hacia el desarrollo de métricas procesuales: duplicados, exclusivas y clasificación IUCN, que favorecen la comprensión biogeográfica. En este sentido, la investigación busca dar respuesta a un problema real en las Islas Galápagos y crear un enfoque metodológico que pueda trasladarse a distintos contextos de conservación insulares y continentales desarrollando una plataforma web que mantiene minería de datos y SIG para administrar la información de especies endémicas representativas (Barnuevo, 2024).

### **Planteamiento del problema**

La Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos (ABG) Entidad del Ministerio del Ambiente con la misión de Controlar, regular y disminuir el riesgo de introducción y dispersión de especies exóticas por cualquier vía que amenacen la biodiversidad de las islas, la economía local y la salud humana, además tiene la necesidad de

mantener un registro y una plataforma de manejo de número de especies para contribuir a tomar decisiones tempranas, de manera que debe existir sin que haya datos duplicados. Los datos sobre biodiversidad están dispersos en bases institucionales, hojas de cálculo y reportes estáticos, dificultando el necesario análisis global y la detección temprana de amenazas, tales anotaciones son antes interoperadas con la autoridad antes de subir y dar a conocer la información pública con seguridad y evitando riesgos a cualquier especie por información no verificada. La biodiversidad en las Islas Galápagos necesita ser protegida, aunque existen esfuerzos a nivel global o local para desarrollar información como el Global Biodiversity Information Facility (GBIF) o el registro de la Fundación Charles Darwin, la falta de estandarización e interoperabilidad complica la asimilación de la información (Binley, Vincent, Rytwinski, Soroye, & Bennett, 2023). Esta situación da lugar a limitaciones a la investigación aplicada ya que se complica hacer análisis comparativos y conlleva a retrasos en la toma de decisiones de conservación.

### **Pregunta de investigación**

En el ámbito de estudio, donde la biodiversidad se torna vulnerable a las adversidades provocadas por el cambio climático, la introducción de especies no nativas y las actividades humanas, es fundamental basarse en datos precisos y actualizados. Sin embargo, se han detectado carencias como la falta o dispersión de información y carencia de sistemas que permitan observar y analizar patrones de manera dinámica (Torres-Carvajal, Pazmiño-Otamendi, & Salazar-Valenzuela, 2021). Esto plantea la pregunta principal de la investigación: ¿cómo aplicar la minería de datos mediante una plataforma web para consolidar y analizar registros de biodiversidad de las Islas Galápagos, facilitando la visualización y la generación de métricas útiles para la conservación?

### **Especies representativas**

Fundamentándonos en la búsqueda literaria, se considera necesaria la elección de diez especies relevantes para llevar a cabo este estudio, respondiendo a los criterios para mantener representaciones ecológicas, herencia y cumplimiento. Estas especies cubren diferentes grupos taxonómicos: reptiles, aves, mamíferos y peces, lo que garantiza un aspecto integrado de la biodiversidad de las islas y cierta pluralidad que permitirá alimentar la plataforma y los datos pertinentes. Las especies consideradas en el estudio son las siguientes:

- Las tortugas gigantes en el género *Chelonoidis*, símbolos mundiales de las Islas Galápagos además de ser bioindicadores en ecosistemas de baja base (Guzmán et al., 2021).
- Iguana marina (*Amblyrhynchus cristatus*), única en el mundo con alimentos de buceo y

algas, posee una adaptación única de la evolución (Benítez-Capistros et al., 2016).

- En el caso de las aves, Pinzón de Darwin (*Geospiza fortis*) es mundialmente apreciado como modelo clásico para la evolución y la selección natural (Grant y Grant, 2008).
- Albatros de las Galápagos (*Phoebastria irrorata*) y Pingüino de las Galápagos (*Spheniscus mendiculus*) especies en peligro que ilustran la vulnerabilidad de aves marinas frente a cambios climáticos y antrópicos (IUCN, 2023).
- Los mimos endémicos (*Mimus trifasciatus*) refuerzan la importancia del endemismo insular en procesos de diversificación biológica (Torres- Carvajal et al., 2021).
- En el mar, las especies como el Tiburón martillo festoneado (*Sphyrna lewini*) cumplen un papel de especie paraguas, cuya protección beneficia a ecosistemas enteros (Gallagher & Hammerschlag, 2011).
- Finalmente, el cormorán no volador (*Nannopterum harrisi*) y el lobo marino de las Galápagos (*Zalophus wolfebaeki*) emblemas de las adaptaciones evolutivas y de la interacción entre especies marinas y costeras (Trillmich, 2015).

La convergencia de estas especies en el presente trabajo le brinda importancia ecológica, se incluye metodológica y éticamente en las prioridades de preservación que reconocen la IUCN y las autoridades en todo el mundo, finalmente la elección en base a lo argumentado enriquece las métricas tanto a nivel biogeográfico como en el manejo de la preservación de la biodiversidad.

Este marco se evidencia en la Tabla 1, que sintetiza las especies representativas seleccionadas y sus propiedades de análisis más importantes:

**Tabla 1**

*Especies representativas de las Islas Galápagos*

| <b>Especie</b>                               | <b>Autores/fuentes</b>                                                                                   | <b>Razones de representatividad</b>                                                                                                                                                                                       | <b>Importancia ecológica de conservación</b>                                                                                      |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Chelonoidis porteri (tortuga gigante)</b> | Guzmán et al. (2021); Fundación Charles Darwin (2025); FCD C WWF-Ecuador (2018); Jaramillo et al. (2024) | Guzmán et al. (2021) y la Fundación Charles Darwin (2025) la presentan como símbolo cultural y biológico de las Galápagos, cuya longevidad y tamaño la convierten en emblema de resiliencia, mientras que El Atlas de las | Indicador de salud de ecosistemas terrestres; clave en dispersión de semillas y programas de restauración (Plan de Restauración). |



|                                                     |                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                     |                                                                                                        | Galápagos (FCD C WWF-Ecuador, 2018) la describe como ícono patrimonial que refleja la historia natural y humana del archipiélago. Así también el Plan de Restauración (Jaramillo et al., 2024) la incluye como especie clave en procesos de reforestación y recuperación de hábitats. |                                                                                                                        |
| <b>Amblyrhynchus cristatus</b><br>(iguana marina)   | Benítez-Capistros et al. (2016); IUCN (2023); FCD C WWF-Ecuador (2018); Jaramillo et al. (2024)        | Benítez-Capistros et al. (2016) enfatizan su singularidad como el único reptil marino del planeta, el Atlas (FCD C WWF-Ecuador, 2018) la resalta como ejemplo de adaptación extrema a ambientes costeros y la IUCN (2023) señala su vulnerabilidad frente a eventos climáticos.       | Bioindicador de eventos El Niño; especie vulnerable en planes de manejo frente al cambio climático.                    |
| <b>Geospiza fortis</b><br>(pinzón de Darwin)        | Grant C Grant (2008); Torres-Carvajal et al. (2021); FCD C WWF-Ecuador (2018); Jaramillo et al. (2024) | Grant C Grant (2008) lo reconocen como modelo clásico para estudiar la selección natural, Torres-Carvajal et al. (2021) lo incluyen como ejemplo de radiación adaptativa y el Atlas (FCD C WWF-Ecuador, 2018) lo presenta como emblema científico de la evolución.                    | Bioindicador sensible a cambios ambientales; referencia para procesos de selección natural y restauración de hábitats. |
| <b>Nannopterum harrisi</b><br>(cormorán no volador) | Torres-Carvajal et al. (2021); IUCN (2023); FCD C WWF-Ecuador                                          | Torres-Carvajal et al. (2021) destacan su singularidad evolutiva al perder la capacidad de volar. El Atlas (FCD C WWF-                                                                                                                                                                | Refleja la vulnerabilidad de especies costeras; considerado                                                            |

|                                                           |                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                           | (2018); Jaramillo et al. (2024)                                                        | Ecuador, 2018) lo describe como símbolo del aislamiento biogeográfico y la IUCN (2023) lo posiciona como un ave vulnerable, reforzando su representatividad.                                                                                                                                                               | prioritario en planes de restauración.                                                                       |
| <b>Phoebastria irrota ( albatros de las Galapagos)</b>    | IUCN (2023); BirdLife International; FCD C WWF-Ecuador (2018); Jaramillo et al. (2024) | La IUCN (2023) y BirdLife International lo catalogan en peligro crítico, justificando su importancia, mientras que Atlas (FCD C WWF-Ecuador, 2018) lo muestra como especie restringida a las Galápagos, ejemplificando vulnerabilidad insular por lo que el Plan de Restauración lo coloca entre las prioridades de acción | Ave marina clave; su conservación es prioritaria por la amenaza de la pesca incidental y el cambio oceánico. |
| <b>Zalophus wollebaeki (león marino de las Galapagos)</b> | Trillmich (2015); IUCN (2023); FCD C WWF-Ecuador (2018); Jaramillo et al. (2024)       | Trillmich (2015) y la IUCN (2023) lo reconocen como especie emblemática costera, el Atlas (FCD C WWF-Ecuador, 2018) lo describe como figura representativa de la interacción tierra-mar. Su representatividad también está ligada a su valor social y turístico.                                                           | Especie clave para monitoreo de ecosistemas marinos; se incluye en estrategias de restauración               |
| <b>Spheniscus mendiculus (pingüino de las Galápagos)</b>  | IUCN (2023); Vargas et al.; FCD C WWF-Ecuador (2018); Jaramillo et al. (2024)          | La IUCN (2023) y Vargas et al. destacan su rareza al habitar aguas tropicales, el Atlas (FCD C WWF-Ecuador, 2018) también destaca su particularidad y lo presenta como símbolo de singularidad                                                                                                                             | Especie en peligro; indicador de condiciones oceanográficas y productividad marina.                          |

---

|                                                                       |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                       |                                                                                  | climática y biológica. Un dato adicional es el que destaca el Plan de Restauración que lo prioriza como especie crítica frente a eventos ENSO que es un sistema natural de variabilidad climática que se da en el océano Pacífico tropical: El Niño–Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés: El Niño–Southern Oscillation). |                                                                                                       |
| <b>Microlophus albemarlensis (Lagartija de Lava de las Galápagos)</b> | Torres-Carvajal et al. (2021); FCD C WWF-Ecuador (2018); Jaramillo et al. (2024) | Torres-Carvajal et al. (2021) lo estudian como caso de especiación insular, el Atlas (FCD C WWF-Ecuador, 2018) lo percibe como símbolo del endemismo reptiliano. Sin embargo, es importante su inclusión debido a que su representatividad radica en ilustrar cómo la insularidad promueve la diversificación.                         | Refleja dinámicas de ecosistemas áridos; considerado bioindicador en planes de conservación.          |
| <b>Mimus trifasciatus (Sinsonte de Floreana)</b>                      | Torres-Carvajal et al. (2021); FCD C WWF-Ecuador (2018); Jaramillo et al. (2024) | Es relacionado con procesos de selección y adaptación de acuerdo Grant C Grant (2008), mientras que el Atlas (FCD C WWF-Ecuador, 2018) lo posiciona como ave icónica de Floreana, destacando su valor cultural. Siempre se lo ha posicionado en planes de restauración y se lo ha considerado trascendente por                         | Dispersor de semillas; su recuperación es prioritaria en programas de restauración de islas pequeñas. |

---

|                                                    |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                    |                                                                                                                   | su papel en la dispersión de las semillas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                   |
| <b>Sphyrna lewini</b><br><b>(tiburón martillo)</b> | Gallager C<br>Hammerschlag<br>(2011);IUCN<br>(2023);FCD C<br>WWF-Ecuador<br>(2018); Jaramillo<br>et<br>al. (2024) | Gallagher C Hammerschlag<br>(2011) lo señalan como<br>depredador tope y especie<br>paraguas, la IUCN (2023) lo<br>lista en peligro crítico por<br>sobreexplotación, finalmente el<br>Atlas (FCD C WWF-Ecuador,<br>2018) lo identifica como parte<br>central del equilibrio en<br>ecosistemas marinos por lo que<br>su presencia en esta lista es<br>fundamental. | Especie<br>paraguas<br>para<br>ecosistema<br>s marinos; su<br>conservación<br>favorece la<br>Resiliencia de<br>arrecifes y hábitats<br>pelágicos. |

**Elaborado por:** Barnuevo (2025)

## Objetivos

### Objetivo General

Desarrollar una plataforma web para administrar datos estadísticos de la fauna endémica de las diez especies más representativas de las Islas Galápagos-Ecuador aplicando minería de datos

### Objetivos Específicos

- Identificar las diez especies endémicas más representativas de las Islas Galápagos mediante la revisión de literatura científica y bases de datos sobre biodiversidad.
- Comparar los algoritmos de minería de datos que permita su clasificación y representación.
- Diseñar una plataforma web para el análisis, tratamiento y visualización de los datos estadísticos de las especies endémicas de las islas Galápagos.
- Validar la funcionalidad de la plataforma web con investigadores.

### Justificación y alcance

- Académica: fortalece la formación en minería de datos aplicada a conservación.
- Económica: centralizar datos reducirá costos operativos.
- Técnica: incorporará algoritmos de agrupamiento y clasificación open source para análisis precisos.

- Social: democratiza el acceso a la información y refuerza la educación ambiental.
- Alcance: flujo ETL–análisis–visualización para diez especies con la base FCD; fuera de alcance quedan apps móviles, nuevas bases externas, hardware IoT adicional y especies no listadas.

## **Metodología**

La investigación es aplicada, cuantitativa y de alcance exploratorio-descriptivo; se empleará el ciclo CRISP-DM y un desarrollo incremental en seis fases: recolección, limpieza, análisis exploratorio, minería de datos, desarrollo y validación (Barnuevo, 2024)

### **Situación actual**

- Fuentes de datos: censos de fauna (PNG/FCD), sensores climáticos, ciencia ciudadana, informes turísticos.
- Formato: CSV y hojas de cálculo sin estandarización Darwin Core; no existe un repositorio unificado (Barnuevo, 2024).
- Problemática de campo: la ABG reporta 1476 especies introducidas y falta de herramientas tecnológicas para un análisis en tiempo real (Agencia de Bioseguridad Galápagos [ABG], 2025).

### **Propuesta de solución**

Implementar una plataforma web en la nube (Python, NoSQL, JavaScript) que:

- Automatice el ETL desde la base FCD.
- Proporcione mapas y gráficos interactivos y panel de administración para la ABG; descarga de datos para investigadores.
- Evidencie datos estadísticos sobre las especies endémicas.

# **CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE**

Las Islas Galápagos son un ecosistema de relevancia ecológica mundial debido a su biodiversidad única y endémica, fueron declaradas Patrimonio Natural de la Humanidad por la UNESCO en 1987. La conservación de las especies que alberga es una tarea fundamental tanto para el Ecuador como para la comunidad científica internacional (James, 2020).

Su aislamiento geográfico ha propiciado su biodiversidad única caracterizada por altísimos niveles de endemismo, donde se estima que aproximadamente el 40% de las especies de flora y fauna son exclusivas del archipiélago (Bensted-Smith, 2002; Tye, 2006). Este laboratorio natural viviente, fundamental para comprender procesos evolutivos (Darwin, 1859; Grant & Grant, 2008), enfrenta presiones críticas derivadas del cambio climático (Benítez-Capistros et al., 2018), la introducción de especies invasoras (Torres & Mena, 2018; Causton et al., 2023), el crecimiento turístico y poblacional (González et al., 2008), y perturbaciones en los ecosistemas marinos (Edgar et al., 2010). La conservación efectiva de este frágil patrimonio es, por tanto, una prioridad urgente tanto para Ecuador como para la comunidad científica internacional (Watkins & Cruz, 2007; Dirección del Parque Nacional Galápagos [DPNG], 2023).

La gestión eficaz de la biodiversidad endémica depende de la capacidad para monitorear, analizar e interpretar grandes volúmenes de datos generados por investigaciones científicas, censos poblacionales, programas de restauración ecológica y sistemas de vigilancia ambiental (Guisan et al., 2013; Guzmán et al., 2021). Sin embargo, como señalan múltiples análisis, la gestión actual de estos datos enfrenta desafíos significativos: fragmentación en repositorios dispersos, heterogeneidad en formatos y protocolos, falta de integración sistémica, y limitaciones en el procesamiento y análisis oportuno para la toma de decisiones (Rodríguez et al., 2020; Maxwell et al., 2015; Jetz et al., 2019). La gestión de la biodiversidad se ve limitada por la falta de uso de herramientas tecnológicas que permitan un análisis eficiente de los datos recopilados del archipiélago y su aplicación práctica en estrategias de conservación adaptativa (Knight et al., 2008; Cook et al., 2013).

El aumento en la recolección de datos biológicos en los últimos años ha generado grandes volúmenes de información que requieren procesamiento y análisis adecuado (Guisan et al., 2017). En este contexto es importante para las organizaciones dedicadas a la protección de la biodiversidad; llevar un registro automatizado y actualizado que permita realizar seguimiento de las especies endémicas de la isla. Adicionalmente es importante la accesibilidad de información pertinente y confiable a turistas, investigadores, conservacionistas y autoridades ambientales lo que permitiría toma de conciencia y decisiones sostenibles.

Frente a esta problemática las técnicas de minería de datos (data mining) se tornan herramientas indispensables. Estas técnicas, que incluyen análisis de agrupamiento (clustering),

detección de patrones, análisis de asociación, clasificación y predicción (Han et al., 2011; Witten et al., 2016), ofrecen el potencial de extraer conocimiento significativo de conjuntos de datos complejos y masivos (big data) sobre la fauna endémica. Su aplicación permitiría identificar tendencias poblacionales críticas, correlacionar amenazas ambientales, predecir impactos del cambio climático, optimizar la asignación de recursos de conservación y priorizar acciones (Maxwell et al., 2015; Rodríguez et al., 2020; Guzmán et al., 2021). No obstante, este potencial permanece subexplotado en el manejo de la biodiversidad de las Galápagos debido a la falta de plataformas integradas diseñadas específicamente para este fin (DPNG, 2023).

Las Galápagos son un patrimonio de carácter mundial amenazado por factores como el cambio climático, especies invasoras y actividades humanas, por ende es evidente la necesidad de la implementación de un mecanismo digital que permita registrar, analizar y visualizar datos sobre la fauna endémica de manera eficiente, que utilice la minería de datos para identificar patrones, tendencias y riesgos en la conservación de las especies, además es importante democratizar el acceso a información precisa, actualizada y procesada. Turistas, educadores, comunidades locales, investigadores y autoridades de gestión requieren canales accesibles para visualizar datos relevantes, fomentando así la concienciación ambiental, la participación ciudadana y la transparencia en la gobernanza ambiental (Danielsen et al., 2009; Chandler et al., 2017).

Plantear el desarrollo de una plataforma web interactiva que permita la visualización y registro estadístico territorial de especies endémicas, proporciona una solución digital innovadora a los problemas actuales de gestión de datos de la fauna endémica de las islas al ser consideradas un enclave de importancia ecológica mundial, caracterizado por una biodiversidad endémica sin precedentes. La plataforma integrará funcionalidades de minería de datos aplicada, permitiendo el registro y almacenamiento estructurado de información, además del análisis automatizado para identificar patrones, tendencias, correlaciones y riesgos potenciales. Su objetivo último es convertirse en una herramienta estratégica de apoyo a la gestión de la conservación, facilitando la generación de conocimiento accionable para la protección sostenible de este invaluable ecosistema insular.

La gestión eficiente de esta riqueza natural no debe prescindir de herramientas tecnológicas para monitorear, analizar y proteger su fauna. En el presente capítulo se realiza una breve exploración sobre el estado actual de las tecnologías aplicadas al monitoreo.

### **1.1. ABG (Agencia de Bioseguridad Galápagos)**

La Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos (ABG) desempeña un papel crucial en la protección de la biodiversidad única del archipiélago.



Establecida mediante el Decreto Ejecutivo N.º 1319 en 2012 (Registro Oficial N.º 526, 2012), la ABG es la entidad técnica encargada de prevenir, controlar y erradicar especies exóticas que amenacen los ecosistemas insulares, así como de regular el movimiento de organismos y materiales que puedan poner en riesgo la salud humana, animal y vegetal en las islas. Entre sus principales funciones se encuentran las siguientes:

- Inspección y cuarentena de medios de transporte, carga y equipaje que ingresan al archipiélago, con el objetivo de evitar la introducción de especies invasoras. Según el Informe de Gestión Institucional 2022, la ABG realizó 27632 inspecciones en medios de transporte que ingresaron a las Galápagos, logrando reducir el índice de ingreso de especies introducidas (ABG, 2022). Estos esfuerzos han contribuido a una reducción documentada en el índice de ingreso de especies introducidas (ABG, 2022, p. 15; Causton et al., 2021, p. 78). Cada inspección genera registros detallados (tipo de transporte, origen, carga, hallazgos, medidas tomadas), constituyendo una base de datos vital para evaluar riesgos y adaptar protocolos.
- La ABG implementa programas de monitoreo de EEI ya establecidas (como la mosca de la fruta *Ceratitis capitata* o la hormiga loca *Nylanderia fulva*) y realiza prospecciones para detectar nuevas introducciones. Estos programas generan datos espaciales y temporales sobre distribución, abundancia e impacto de las EEI, esenciales para priorizar acciones de control y erradicación (Torres & Mena, 2018; ABG, 2021).
- La agencia desarrolla y aplica Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) para especies y rutas de ingreso potenciales (ABG, 2021). Este proceso requiere integrar datos biológicos, ecológicos, climáticos y de movimiento de carga, generando modelos predictivos para focalizar recursos. Colabora estrechamente con la Fundación Charles Darwin (FCD) y la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG) en proyectos de investigación conjunta que generan datos sobre interacciones entre especies invasoras y endémicas, y la efectividad de métodos de control (Bensted-Smith, 2002; DPNG, 2023).
- Implementa campañas de educación y concienciación dirigidas a la población local y a los visitantes, promoviendo prácticas responsables que contribuyan a la conservación de la biodiversidad. Estas acciones incluyen la difusión de información sobre los riesgos asociados a la introducción de especies exóticas y la importancia de mantener la integridad de los ecosistemas insulares, además colabora con otras instituciones, como la Fundación Charles Darwin y la Dirección del Parque Nacional Galápagos, en proyectos de investigación y monitoreo de especies endémicas y en peligro de extinción. Esta colaboración interinstitucional fortalece las estrategias de conservación y permite una

respuesta más eficaz ante las amenazas que enfrentan las especies nativas.

La gestión de datos de la ABG enfrenta retos críticos que limitan su potencial analítico. Primero, la fragmentación y heterogeneidad de los datos (inspecciones, monitoreo, ARP) en sistemas dispersos (hojas de cálculo, bases aisladas) dificulta su integración y análisis holístico (Herrera-Moreno, 2020). Segundo, el alto volumen de inspecciones (27,632 anuales en 2022) y la necesidad de respuesta rápida exigen capacidades de procesamiento ágil que actualmente son insuficientes para decisiones operativas oportunas.

Adicionalmente, persisten barreras de interoperabilidad interinstitucional con entidades como Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG) y Fundación Charles Darwin (FCD), donde los datos de amenazas (ABG) y biodiversidad (DPNG/FCD) carecen de flujo integrado para visualizar correlaciones (Guzmán et al., 2021; DPNG, 2023). A esto se suma el escaso aprovechamiento de análisis predictivos mediante minería de datos para identificar patrones de introducción de especies o riesgos acumulativos (Han et al., 2011). Estos desafíos subrayan la necesidad estratégica de la plataforma propuesta, diseñada para superar estas limitaciones mediante integración automatizada, análisis avanzado y visualización sinérgica de datos multisectoriales.

En este contexto la ABG desempeña un rol clave en la integración y validación de datos sobre especies endémicas. La colaboración con plataformas digitales permitiría una mejor visualización y análisis de la información, facilitando la toma de decisiones informadas y la implementación de medidas de conservación más efectivas.

## **1.2. Minería de datos en el análisis ecológico**

La minería de datos se ha convertido en una herramienta en los esfuerzos modernos por conservar la biodiversidad, integrando técnicas de inteligencia artificial, estadística multivariante y computación para extraer conocimiento de grandes volúmenes de datos (Han et al., 2011; especialmente en entornos frágiles como el de las Islas Galápagos. Esta técnica, derivada de la inteligencia artificial y el análisis estadístico, permite procesar grandes volúmenes de información ecológica, encontrar patrones ocultos y generar modelos predictivos útiles para la toma de decisiones ambientales (Guisan et al., 2017).

En el contexto de las Islas Galápagos, donde se recolectan datos desde distintas fuentes como censos de fauna, sensores remotos, registros turísticos y ciencia ciudadana, la minería de datos permite integrar y analizar esta información diversa de manera eficiente. Su aplicación resulta esencial para anticipar la disminución poblacional de especies endémicas, identificar cambios en su distribución geográfica o detectar zonas con alto riesgo de invasión biológica (Guisan, 2017; James, 2020)

Técnicas como el agrupamiento, la clasificación supervisada o los árboles de decisión permiten establecer relaciones entre variables ecológicas y ambientales que no serían visibles mediante métodos tradicionales. Este tipo de análisis aporta insumos valiosos a instituciones como el Parque Nacional Galápagos y la Fundación Charles Darwin, facilitando la toma de decisiones basada en evidencia científica (Tapia-Armijos et al., 2017).

La propuesta de una página web basada en minería de datos representa un avance significativo en el acceso, visualización y comprensión de la información ecológica en el archipiélago. Esta herramienta no solo permitirá presentar los datos de forma dinámica y automatizada, sino también generar alertas y reportes periódicos que faciliten la acción inmediata ante riesgos de conservación (Guisan et al., 2017; James, 2020).

La minería de datos opera mediante un ciclo estructurado que inicia con el *preprocesamiento*, etapa crítica donde se limpian inconsistencias (valores nulos, errores de captura) y se integran fuentes heterogéneas (datos de censos, sensores remotos, registros ciudadanos). Este proceso garantiza la calidad de los insumos para análisis posteriores, especialmente relevante en ecosistemas complejos como Galápagos, donde la diversidad de formatos y protocolos exige una estandarización rigurosa (Han et al., 2011). Posteriormente, la *transformación* aplica técnicas como reducción dimensional (PCA) o discretización para optimizar la estructura de los datos, facilitando la detección de patrones ecológicos subyacentes.

En la fase de *modelado*, destacan técnicas como la clasificación supervisada (Random Forest, SVM), que establece relaciones predictivas entre variables ambientales (temperatura, precipitación, topografía) y respuestas biológicas, como la presencia/ausencia de especies endémicas. Esto permite proyectar distribuciones geográficas bajo escenarios de cambio climático con hasta un 89% de precisión (Phillips et al., 2006). Complementariamente, el agrupamiento no supervisado (K-Means, DBSCAN) identifica *hotspots* de biodiversidad o zonas de invasión biológica mediante similitudes en atributos ecológicos, técnica aplicada con éxito en el mapeo de corredores migratorios del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) en las reservas marinas de las Galápagos (Torney et al., 2019).

Finalmente, el análisis de asociación revela correlaciones no triviales entre variables aparentemente inconexas, aportando insights clave para la gestión adaptativa. Por ejemplo, en las Galápagos se ha identificado una relación significativa ( $\rho = 0.78$ ,  $p < 0.01$ ) entre el incremento turístico en zonas costeras y el estrés reproductivo del pingüino de las Galápagos (*Spheniscus mendiculus*), manifestado en reducciones del 40% en tasas de eclosión (Benítez- Capistros et al., 2018). Esta capacidad para descubrir interacciones ocultas convierte a la minería de datos en un pilar para diseñar políticas de conservación basadas en evidencia causal, no solo correlacional.

**Tabla 2***Comparativa de algoritmos de minería de datos*

| <b>Algoritmo</b>           | <b>Tipo</b>   | <b>Aplicación ecológica</b>                    | <b>Ventajas</b>                    |
|----------------------------|---------------|------------------------------------------------|------------------------------------|
| <b>K-Means</b>             | Agrupamiento  | Clasificación de hábitats                      | Simple y eficaz para grandes datos |
| <b>Árboles de decisión</b> | Clasificación | Predicción de presencia/ausencia de especies   | Interpretación sencilla            |
| <b>Random Forest</b>       | Clasificación | Modelos de distribución de especies            | Alta precisión y manejo de ruido   |
| <b>SVM</b>                 | Clasificación | Detección de especies raras representatividad. | Eficiente con datos no lineales    |

**Elaborado por:** Barnuevo (2025)

La combinación de la minería de datos con sistemas de información geográfica (SIG), sensores IoT y colaboración científica abre la posibilidad de establecer un sistema inteligente de monitoreo ecológico. Este modelo no solo se adaptaría al entorno insular de las Galápagos, sino que también podría ser replicado en otras reservas naturales del mundo con características similares (Arias et al., 2011; Tapia-Armijos et al., 2017).

### **1.3. Uso del web scraping**

El web scraping es una técnica automatizada que permite extraer información desde páginas web mediante scripts o programas que simulan la navegación humana para recopilar datos estructurados. Esta práctica es ampliamente utilizada en proyectos de ciencia de datos, análisis estadístico y monitoreo ambiental, especialmente cuando los datos no están disponibles para descarga directa pero sí son visibles en la interfaz del sitio web (Mitchell, 2018).

El web scraping se ha consolidado como una técnica útil para la recolección automatizada de datos desde páginas web. En el campo de la conservación de la biodiversidad, esta herramienta permite extraer información de interés desde fuentes en línea como registros de observaciones, bases de datos científicas, publicaciones académicas, sitios de ciencia ciudadana y reportes gubernamentales (Mitchell, 2018; Munzert et al., 2015)

Aplicado al contexto de las Islas Galápagos, el web scraping puede utilizarse para recolectar de manera sistemática datos sobre avistamientos de especies, estadísticas climáticas, reportes de ingreso de turistas, condiciones del hábitat, entre otros. Estas fuentes incluyen sitios como iNaturalist, eBird, GBIF, y plataformas gubernamentales como el Instituto Nacional de

Biodiversidad del Ecuador (INABIO) o el Ministerio del Ambiente.

Esta técnica resulta especialmente valiosa en contextos donde los datos no están estructurados o descargables, pero sí accesibles en forma visual o tabular en la web. Mediante scripts programados en lenguajes como Python, se pueden automatizar tareas que de forma manual serían complejas, lentas o propensas a errores (Mitchell, 2018).

Además, el web scraping puede complementar las bases de datos propias de un sistema de monitoreo ecológico como el que se propone en este trabajo. Por ejemplo, podría utilizarse para actualizar periódicamente registros de condiciones meteorológicas, informes sobre especies invasoras, o publicaciones científicas recientes relacionadas con la fauna endémica de las Galápagos.

Es fundamental, sin embargo, que el uso de esta técnica respete las políticas de uso de los sitios web, incluyendo términos de servicio y normas de acceso a los datos. Existen marcos éticos y legales que deben considerarse al aplicar scraping a fuentes de terceros, especialmente en temas sensibles como biodiversidad y territorios protegidos (Munzert et al., 2015).

#### **1.4. Herramientas y técnicas utilizadas para construir el modelo.**

Para la construcción del modelo de minería de datos propuesto en este trabajo, se emplearon diversas herramientas y técnicas que permiten abordar el análisis de datos ecológicos con precisión y eficiencia. Estas herramientas fueron seleccionadas en función de su capacidad de integrarse con sistemas de visualización, de manejar grandes volúmenes de datos y de ofrecer algoritmos robustos de clasificación y agrupamiento.

En primer lugar, se utilizó el lenguaje de programación Python, dada su versatilidad y extensa comunidad en el ámbito de la ciencia de datos. Librerías como Pandas, NumPy y Scikit-learn fueron fundamentales para la manipulación de datos, la preparación de los conjuntos de entrenamiento y prueba, y la implementación de algoritmos de clasificación como Random Forest y Support Vector Machines (SVM). Estos algoritmos permiten construir modelos predictivos que identifican patrones en la distribución y comportamiento de especies endémicas.

Así mismo, se emplearon técnicas de preprocesamiento como la limpieza de datos, el manejo de valores y la normalización de variables, lo cual garantiza la calidad del conjunto de datos para el modelado.

**Tabla 3***Comparativa de HERRAMIENTA/ TÉCNICA*

| Herramienta/ Técnica               | Función principal                                      | Ejemplo de uso en el proyecto                                     |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>Python</b>                      | Lenguaje base                                          | Scripts de procesamiento y modelado                               |
| <b>Pandas</b>                      | Manejo de datos tabulares                              | Lectura de archivos CSV y limpieza de registros                   |
| <b>NumPy</b>                       | Cálculo numérico                                       | Operaciones vectorizadas en matrices                              |
| <b>Scikit-learn</b>                | Implementación de algoritmo de <i>machine learning</i> | Random Forest y SVM para clasificar especies                      |
| <b>Plotly</b>                      | Visualización interactiva                              | Gráficos de barras y líneas en la plataforma web                  |
| <b>Folium</b>                      | Mapas web                                              | Mostar la distribución geográfica de las especies                 |
| <b>Jupyter Notebooks</b>           | Entorno interactivo de desarrollo                      | Celdas combinadas de código, resultados y explicaciones           |
| <b>Validación cruzada (k-fold)</b> | Evaluación de modelos                                  | 5-fold cross-validation para medir precisión y evitar sobreajuste |

**Elaborado por:** Barnuevo (2025)

### 1.5. Lenguajes de programación integrados

En el desarrollo de herramientas tecnológicas para la conservación de la biodiversidad, los lenguajes de programación son esenciales porque permiten procesar, analizar y visualizar datos ecológicos de forma automatizada y eficiente. En el campo de la minería de datos aplicada a la biodiversidad, Python y R destacan por su amplia comunidad, la abundancia de librerías especializadas y su fácil integración con sistemas de visualización geográfica (Munzert et al., 2015; Pedregosa et al., 2011).

Python es hoy uno de los lenguajes más populares en ciencia de datos: se emplea para limpiar datos, aplicar algoritmos de clasificación, construir plataformas web interactivas y realizar análisis geoespaciales. Librerías como pandas (McKinney, 2010), scikit-learn (Pedregosa et al., 2011), matplotlib (Hunter, 2007), plotly, folium y beautifulsoup4 permiten desde tareas básicas de manipulación hasta técnicas avanzadas de machine learning y visualización de mapas. Su

eficacia ha quedado demostrada en proyectos de monitoreo ecológico y ciencia ciudadana, incluido el modelado de distribuciones de aves en eBird (Fink et al., 2020).

Por su parte, R se ha consolidado como un entorno potente para análisis estadístico y gráficos de alta calidad; paquetes del tidyverse como dplyr y ggplot2 (Wickham et al., 2019) y herramientas como shiny facilitan la creación de aplicaciones interactivas que permiten explorar datos de biodiversidad y publicar resultados para investigadores y gestores ambientales. Sin embargo, ambos lenguajes ofrecen soluciones gratuitas y adaptables, lo que los convierte en herramientas clave para investigadores, técnicos ambientales y desarrolladores de plataformas ecológicas.

A continuación, en la Tabla 4 se puede advertir algunas características de los lenguajes de programación y sus ejemplos de uso en el sistema.

**Tabla 4**

*Comparativa de Lenguajes y sus roles*

| Lenguaje                              | Rol dentro de la plataforma web                    | Principales librerías / ventajas                                                                                            | Ejemplos de uso en el proyecto                                                                                            |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Python</b>                         | Núcleo para ingesta, limpieza y análisis de datos  | pandas, numpy, scikit-learn, requests, beautifulsoup4, plotly, folium. Sintaxis sencilla<br>Gran ecosistema de data science | -Automatizar el web scraping                                                                                              |
| <b>R</b>                              | Análisis estadístico avanzado y prototipado rápido | tidyverse, ggplot2, caret, shiny, sf • Potente en estadística y visualización                                               | Validar resultados con métodos estadísticos robustos.<br>Prototipar paneles exploratorios en Shiny para pruebas internas. |
| <b>JavaScript (Node.js front-end)</b> | Capa de y presentación y lógica del lado cliente   | Leaflet, D3.js, Express, Axios<br>• Renderizado dinámico en el navegador                                                    | Leaflet, D3.js, Express, Axios<br>Renderizado dinámico en el navegador                                                    |

**Elaborado por:** Barnuevo (2025)

## 1.6. Pruebas

Una parte fundamental del desarrollo del sistema propuesto es su validación a través de pruebas prácticas con investigadores reales y de índole multidisciplinario. Estas pruebas permitirán evaluar si la plataforma cumple con los objetivos definidos y si realmente resulta útil para los usuarios. Las pruebas estarán enfocadas en comprobar cinco aspectos clave:

- Usabilidad de la plataforma.
- Funcionalidades de búsqueda y filtrado.
- Visualización y mapa.
- Velocidad y respuesta.
- Utilidad hacia la investigación.

Las pruebas se realizarán mediante el uso de la plataforma, encuestas y recolección de retroalimentación. Se entregará a los investigadores una versión funcional del sistema con datos reales y documentación básica. Luego se recogerán sugerencias sobre qué elementos mejorar, qué funcionalidades agregar o qué datos son más útiles.

Este proceso de validación garantiza la calidad del sistema y fortalece su legitimidad como herramienta de apoyo a la conservación en las Galápagos. A largo plazo, se espera establecer un mecanismo de mejora continua que integre las recomendaciones de los usuarios para actualizar y optimizar la plataforma.

La estrategia de pruebas del sistema propuesto para las islas toma como referencia la forma en que plataformas consolidadas como eBird, GBIF, MapBiomás y los tableros de cambio ecológico descritos por Oreska et al. evalúan la calidad y utilidad de sus datos (Fink et al., 2020; Hampton et al., 2021; Oreska et al., 2020). Estos proyectos coinciden en tres enfoques clave:

- Validación estadística del modelo predictivo mediante k-fold cross-validation y comparación entre algoritmos (por ejemplo, Random Forest versus SVM).
- Contraste de campo con observaciones de expertos o sensores independientes para verificar que las predicciones reflejen la realidad ecológica.
- Pruebas de usabilidad con distintos perfiles de usuario (investigadores, técnicos y voluntarios) usando métricas estandarizadas como el System Usability Scale (SUS).



**Tabla 5**

Proyectos de referencias con sus pruebas

| <b>Proyecto de referencia</b>                   | <b>Tipo de prueba aplicada (publicada)</b>                                                         | <b>Resultado clave informado</b>                        | <b>Adaptacion al sistema Galápagos</b>                                       | <b>Fuente</b>        |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <b>eBird (Cornell Lab)</b>                      | Validación cruzada 10-fold de modelos y verificación de presencia/ ausencia con listas de expertos | Accuracy promedio 86% en predicción de abundancia aviar | Se adopta 5-fold cross-validation y muestreo estratificado por especie       | Fink et al., 2020    |
| <b>GBIF IPT</b>                                 | Ensayos de ingesta masiva y chequeo Darwin Core                                                    | Cero pérdidas de registros en cargas > 5 M filas        | Prueba de integración con 1M registros de INABIO y ABG                       | Hampton et al., 2021 |
| <b>MapBiomias (Amazonía)</b>                    | Comparación satélite-terreno (ground truth) para validar mapas de cobertura                        | Coincidencia global 89 %                                | Salidas de campo bianuales para verificar mapas de distribución de especies  | Oreska et al., 2020  |
| <b>Dashboard de cambio ecológico (Oreska)</b>   | Test de usuarios (n = 12) con SUS                                                                  | Puntaje SUS = 82/100                                    | Sesiones con guardaparques y científicos; meta ≥ 80/100                      | Oreska et al., 2020  |
| <b>Arquitectura distribuida de Arias et al.</b> | Pruebas de rendimiento con consultas simultáneas                                                   | < 1,5 s tiempo de respuesta con 50 hilos                | Carga objetivo de 100 solicitudes concurrentes                               | Arias et al., 2011   |
| <b>Web-scraping de Mitchell</b>                 | Tests de recuperación y comparación SHA256 de archivos                                             | 0 % de pérdida de integridad                            | Scripts diarios para extraer datos de iNaturalist/eBird; verificación hashes | Mitchell, 2018       |

**Elaborado por:** Barnuevo (2025)

# **CAPÍTULO II: ANÁLISIS Y DISEÑO**

## 2.1. Investigación preliminar

Una parte La notable diversidad biológica de las Islas Galápagos ha sido muy estudiada a raíz de sus especificidades y por ser un campo de estudios como laboratorio natural de ciertos procesos evolutivos, biogeográficos y endémicos (Torres-Carvajal, Pazmiño-Otamendi, y Salazar-Valenzuela, 2021). No obstante, los diferentes peligros del cambio climático, la mayor presencia de especies no nativas y la existencia e intervención del ser humano han dado lugar de forma emergente a la necesidad de implementar mecanismos de conservación sobre la base de datos fiables y actualizados (Benítez-Capistros, Hugé, y Koedam, 2016). En ese sentido, la investigación previa se ocupa del estado de los sistemas de información relacionados con la biodiversidad y más concretamente con la fauna, revisando posibles condiciones negativas o limitantes y con la posibilidad de implementación de la minería de datos en las Islas.

La recopilación y la liberación de datos sobre la biodiversidad se han sumado a múltiples iniciativas. El Centro de Información Global de Biodiversidad (GBIF) se presenta como uno de los principales alcanzando millones de registros de museos, universidades y proyectos de la ciencia ciudadana (Wilkinson et al., 2016). Otros ejemplos, como eBird o Bish, han traído consigo el registro de la prolijidad de las especies, con observaciones casi en tiempo real que retuercen los análisis espaciales y temporales (Chandler et al., 2017; Fink et al., 2020). Sin embargo, estudios emergentes sugieren que estas plataformas, a pesar de su alcance global, presentan desventajas en cuanto a la calidad de los datos, la duplicación de los datos y la baja resolución de los espacios locales (Binley, Vincent, Rytwinski, Soroye y Bennett, 2023).

Regionalmente, la Fundación Charles Darwin y el Parque Nacional Galápagos desempeñan una labor primordial en la confección y organización de información relacionada con la biodiversidad. Esta información a partir de una línea histórica es, precisamente, una fuente importante para la gestión e investigación (Fundación Charles Darwin, 2025); la creación del Galápagos Data Hub, por parte del Galápagos Science Center junto con la Universidad San Francisco de Quito y la Universidad de Carolina del Norte, ha sido un importante paso adelante en la integración de datos medioambientales, sociales y de biodiversidad para la planificación territorial y conservación (Galápagos Science Center, 2024). Sin embargo, también siguen existiendo retos en la estandarización e interoperabilidad y en la capacidad de predecir de forma analítica el funcionamiento de los sistemas y el propio monitoreo de especies.

Cuando se trata de la conservación de ecosistemas, se hace evidente la necesidad de poner en marcha metodologías que integren un conjunto de aproximaciones descriptivas con la ayuda de unas herramientas de análisis de datos que sean capaces de procesar grandes volúmenes de información y de hacer visibles patrones ocultos en las bases de datos (Han,

Kamber, & Pei, 2012; James, 2020). El carácter insular y el fragmentado espacio de Galápagos, puede perjudicar a su biodiversidad, motivo por el cual, actuales técnicas de agrupamiento como K-Means y DBSCAN, en principio tendrían potencial para identificar grupos de especies, localizar áreas con alta riqueza y contribuir con la priorización de zonas que necesitan atención (Guerrero & Macey, 2021). Pero, para obtener resultados fiables, se hace indispensable trabajar con datos de calidad, limpieza de la información previa, etc.

El estudio preliminar indicado puso de manifiesto que los datos de biodiversidad existentes para Galápagos tienen altos niveles de redundancia, diversidad taxonómica y carencias en variables que deberían ser claves como son coordenadas geográficas o categorías de conservación. Las conclusiones obtenidas ponen de manifiesto la necesidad de diseñar un sistema que considere procesos automáticos para la captura, la limpieza y el análisis de los datos, donde la información generada sea reproducible y se ajuste a los principios FAIR y CARE (Wilkinson et al., 2016; Hsing, Johns, & Matthes, 2024).

Por esta razón, la presente investigación pretende responder técnicamente a la necesidad de optimizar la gestión de datos en las Galápagos, a partir de una estandarización científica internacional con apertura y fiabilidad. Se estima que la mejor forma de hacer efectivo la gestión de la biodiversidad es a través del método científico y el análisis de los datos, de forma que tanta innovación como tecnología se integren de manera ética y responsable.

## **2.2. Requerimientos de Software**

### **2.2.1. Perspectiva del producto**

El producto no es independiente; se concibe como un subsistema analítico dentro de un Sistema Mayor de Información sobre Biodiversidad de las Galápagos, donde ya existen:

- Portal de datos FCD (repositorio público Darwin Core).
- Sistema de cuarentena ABG (registros de inspección e ingreso de especies).
- Base de datos de monitoreo PNG (observaciones de guardaparques y sensores climáticos).

La plataforma web propuesta actúa como capa intermedia que consume esos registros, los normaliza y los expone con análisis y visualización para todos los actores.

## **2.3. Funcionalidad del producto**

Esta plataforma web servirá para registrar, analizar y mostrar información sobre las especies endémicas más importantes de las Islas Galápagos. Su objetivo es visibilizarlas para que investigadores e interesados puedan acceder a una data consolidada además de:

- Recopilar datos sobre las especies.
- Analizar los datos con ayuda de herramientas digitales que muestran si una

especie ha aumentado o disminuido en ciertas zonas.

- Generar reportes automáticos para que los responsables puedan tomar mejores decisiones en relación con su conservación.

## 2.4. Características de los usuarios

A continuación, se describen los tipos de usuarios más comunes que podrían acceder a la plataforma en búsqueda de información:

**Tabla 6**

*Características de Investigador ambiental.*

|                        |                                                                                                 |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tipo de usuario</b> | Investigador ambiental.                                                                         |
| <b>Formación</b>       | Estudios superiores en biología.                                                                |
| <b>Habilidades</b>     | Manejo de datos científicos, conocimiento de especies endémicas, uso básico de plataformas web. |
| <b>Actividades</b>     | Consultar registros históricos, subir información de campo, generar reportes para estudios.     |

**Tabla 7**

*Características de Visitante general o turista.*

|                        |                                                                           |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tipo de usuario</b> | Visitante general o turista.                                              |
| <b>Formación</b>       | Educación general básica o media.                                         |
| <b>Habilidades</b>     | Navegación básica por internet, uso de buscadores y filtros.              |
| <b>Actividades</b>     | Consultar datos sobre especies, conocer más sobre la biodiversidad local. |

**Tabla 8**

*Características de Técnico de la ABG Galápagos*

|                        |                                                                                                                                       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tipo de usuario</b> | Técnico de la ABG Galápagos.                                                                                                          |
| <b>Formación</b>       | Profesional en gestión ambiental, bioseguridad o administración pública.                                                              |
| <b>Habilidades</b>     | Manejo de sistemas institucionales, control de registros sanitarios, interpretación de reportes técnicos.                             |
| <b>Actividades</b>     | Supervisar datos ingresados, revisar reportes de especies endémicas e invasoras, coordinar respuestas rápidas ante alertas de riesgo. |

## 2.5. Requisitos específicos funcionales:

### Requisito funcional 1.

Tabla 9

*Requerimiento funcional 1*

|                         |                                                  |                                        |                                        |
|-------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Número de requisito     | RF01                                             |                                        |                                        |
| Nombre de requisito     | Administrar Investigadores–                      |                                        |                                        |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito    | <input type="checkbox"/> Restricción   |                                        |
| Fuente del requisito    | Encuesta al responsable en charla                |                                        |                                        |
| Prioridad del requisito | <input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial | <input type="checkbox"/> Media/Deseado | <input type="checkbox"/> Baja/Opcional |

**Descripción detallada:** Esta necesidad se deriva de la integración de un módulo de gestión de usuarios, en el que se incorporan tres tipos: turistas, científicos/investigadores y administradores/as. Esto es importante porque el sistema diseñado por la plataforma pretende asegurar un acceso democrático de los ciudadanos a la información sobre la biodiversidad, sin tener que sacrificar los estándares de calidad y seguridad de la información. Mientras que los turistas tienen un acceso absolutamente abierto a contenidos generales, los investigadores/researchers necesitan herramientas avanzadas para poder cargar y analizar sus datos, y los administradores/as asumen la responsabilidad de validar los registros y decidir los accesos a la parte y/o al tipo de información en función de su carga general. Esta diferenciación permite que la gestión sea ordenada, transparente y coherente con la conservación y los estándares de calidad de la información.

### Requisito funcional 2.

Tabla 10

*Requerimiento funcional 2*

|                         |                                                  |                                        |                                        |
|-------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Número de requisito     | RF02                                             |                                        |                                        |
| Nombre de requisito     | Administrar Especies                             |                                        |                                        |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito    | <input type="checkbox"/> Restricción   |                                        |
| Fuente del requisito    | Encuesta al responsable                          |                                        |                                        |
| Prioridad del requisito | <input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial | <input type="checkbox"/> Media/Deseado | <input type="checkbox"/> Baja/Opcional |

**Descripción detallada:** La gestión de especies constituye la esencia de la plataforma. El requisito implica la adición, lectura, modificación y eliminación (CRUD) de los registros de especies autóctonas o introducidas para mantener la base de datos actualizada y válida. Esta función permite a científicos y administradores disponer de información actualizada sobre nombres científicos, categorías de la UICN, islas de ocurrencia y poblaciones, y convierte a la plataforma en un repositorio dinámico, que se adapta a las exigencias de vigilancia continua que plantea un entorno tan variable como el de las Islas Galápagos.

### Requisito funcional 3.

**Tabla 11**

#### *Requerimiento funcional 3*

|                         |                                                   |                                        |                                         |
|-------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Número de requisito     | RF02                                              |                                        |                                         |
| Nombre de requisito     | Administrar Especies                              |                                        |                                         |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito     | <input type="checkbox"/> Restricción   |                                         |
| Fuente del requisito    | Encuesta al responsable                           |                                        |                                         |
| Prioridad del requisito | <input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial | <input type="checkbox"/> Media/Deseado | <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional |

**Descripción detallada:** Aparte de gestionar los registros ya existentes, la plataforma deberá facilitar añadir manualmente nuevas especies, de forma tal que se logre dar respuesta a la necesidad escalado del sistema. La técnica del registro manual permite a los expertos registrar datos sobre un hallazgo inmediato, o sobre una especie raras, y el registro por lotes permite combinar grandes volúmenes de datos obtenidos de una campaña de investigación. Se logra que la plataforma y la base de datos se transformen en una herramienta activa automáticamente evolutiva, posibilitando la introducción de nuevos datos y de nuevos hallazgos.

### Requisito funcional 4.

**Tabla 12**

#### *Requerimiento funcional 4*

|                         |                                                                                    |                                                   |                                         |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Número de requisito     | RF04                                                                               |                                                   |                                         |
| Nombre de requisito     | Control de acceso por roles                                                        |                                                   |                                         |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción |                                                   |                                         |
| Fuente del requisito    | Audios de visita                                                                   |                                                   |                                         |
| Prioridad del requisito | <input type="checkbox"/> Alta/Esencial                                             | <input checked="" type="checkbox"/> Media/Deseado | <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional |

**Descripción detallada:** Este requerimiento permite ofrecer mayores garantías de

seguridad de la plataforma, en cuanto que las funcionalidades de base, por si solas, solo son utilizadas para y por para los perfiles correctamente autorizados. Los motivos de la existencia del control del acceso por roles dejan a los turistas tener un rol meramente consultor, a los investigadores poder aportar y analizar datos y a los administradores de hacer ejercicios de supervisión y validación. Esta diferenciación no es solamente de índole técnica sino también de tipo ético y legal. El simple uso de datos sobre biodiversidad no siempre se hace de una forma ética, motivo por el cual tiene que existir controles adecuadamente establecidos para evitar usos malintencionados de la información.

#### Requisito funcional 5.

**Tabla 13**

*Requerimiento funcional 5*

|                         |                                                   |                                        |                                        |
|-------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Número de requisito     | RF05                                              |                                        |                                        |
| Nombre de requisito     | Autenticación de usuarios investigadores          |                                        |                                        |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito     | <input type="checkbox"/> Restricción   |                                        |
| Fuente del requisito    | Audios de visita                                  |                                        |                                        |
| Prioridad del requisito | <input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial | <input type="checkbox"/> Media/Deseado | <input type="checkbox"/> Baja/Opcional |

**Descripción detallada:** La autenticación y registro de investigadores se convierten en un requerimiento básico para mantener la validez de la información cargada. La aplicación debe permitir la habilitación de una cuenta personal de los investigadores; sin embargo, la activación de esta solo se producirá cuando el administrador lo valide. De esta manera, solo los investigadores válidos podrán ingresar datos o editar los registros de información, de modo que aumenten las posibilidades de rastreo de los datos y se impida la contaminación de la base de datos con datos no válidos. Al mismo tiempo, esta práctica responde a estándares de calidad hallados en sistemas de información científica en los que la validación previa es fundamental.



**Requisito funcional 6.****Tabla 14***Requerimiento funcional 6*

|                         |                                        |                                      |                                        |
|-------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| Número de requisito     | RF06                                   |                                      |                                        |
| Nombre de requisito     | Comparativa de especies                |                                      |                                        |
| Tipo                    | X Requisito                            | <input type="checkbox"/> Restricción |                                        |
| Fuente del requisito    | Pedido Revisión                        |                                      |                                        |
| Prioridad del requisito | <input type="checkbox"/> Alta/Esencial | X Media/Deseado                      | <input type="checkbox"/> Baja/Opcional |

Descripción detallada: La funcionalidad de comparación de especies intenta ser una herramienta capaz de ofrecer un valor añadido a los usuarios observando tendencias y patrones con el paso del tiempo. A través de gráficos interactivos y tablas, los usuarios, junto a los investigadores, podrán hacer comparaciones, como puede ser la evolución de la población de dos especies endémicas frente a la encarnación de una especie invasora. Por tanto, se configura dicha herramienta como un soporte analítico orientado en el apoyo de la toma de decisiones, facilitando así realizar estudios comparativos que antes era necesario consolidar con los datos dispersos.

**Requisito funcional 7.****Tabla 15***Requerimiento funcional 7*

|                         |                                                                                    |                                                   |                                         |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Número de requisito     | RF07                                                                               |                                                   |                                         |
| Nombre de requisito     | Visualización geográfica                                                           |                                                   |                                         |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción |                                                   |                                         |
| Fuente del requisito    | Pedido Revisión                                                                    |                                                   |                                         |
| Prioridad del requisito | <input type="checkbox"/> Alta/Esencial                                             | <input checked="" type="checkbox"/> Media/Deseado | <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional |

Descripción detallada: La finalidad de la funcionalidad de comparación de especies radica en aportar al usuario un valor añadido basado en que puede visualizar tendencias y patrones a lo largo de un periodo determinado. Lo puede hacer mediante gráficos y tablas interactivos para que los investigadores puedan comparar, por ejemplo, la evolución de la densidad de la población de dos o más especies endémicas.

La funcionalidad de comparación de especies se convierte en un soporte analítico que llega a contribuir en el proceso de toma de decisiones realizando estudios comparativos que

antes requerían consolidar bases de datos que estaban en diferentes versiones de la hoja de cálculo. La gran capacidad analítica que nos brinda la funcionalidad de comparación de especies, en particular, es otra manera de potenciar el aspecto no sólo descriptivo sino también de estrategia de la plataforma de conservación.

### Requisito funcional 8

**Tabla 16**

*Requerimiento funcional 8*

|                         |                                                                                    |                                                   |                                         |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Número de requisito     | RF08                                                                               |                                                   |                                         |
| Nombre de requisito     | Funciones de búsqueda y filtrado                                                   |                                                   |                                         |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción |                                                   |                                         |
| Fuente del requisito    | Pedido Revisión                                                                    |                                                   |                                         |
| Prioridad del requisito | <input type="checkbox"/> Alta/Esencial                                             | <input checked="" type="checkbox"/> Media/Deseado | <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional |

**Descripción detallada:** El hecho de poder buscar o filtrar especies por nombre científico, nombre vulgar o isla donde se observa sería un buen recurso a la hora de asegurar a los usuarios la posibilidad de encontrar de forma rápida la información que requieren. Esta funcionalidad permite mejorar la experiencia de uso y también explotar adecuadamente la base de datos. Para los investigadores, implica un aumento notable de la productividad, porque evita para ellos largos procesos manuales; para los turistas o los usuarios en general, potencia una cierta facultad de exploración educativa. Como tal, volvería a ratificar el principio de accesibilidad y asegura que la web pueda ser utilizada por distintos públicos.

### Requisito funcional 9.

**Tabla 17**

*Requerimiento funcional 9*

|                         |                                                                                    |                                                   |                                         |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Número de requisito     | RF09                                                                               |                                                   |                                         |
| Nombre de requisito     | Generación de reportes                                                             |                                                   |                                         |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción |                                                   |                                         |
| Fuente del requisito    | Entrevista con responsable                                                         |                                                   |                                         |
| Prioridad del requisito | <input type="checkbox"/> Alta/Esencial                                             | <input checked="" type="checkbox"/> Media/Deseado | <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional |

**Descripción detallada:** Por último, la capacidad de la obtención automática de informes en PDF se convierte en una funcionalidad fundamental para el tipo de transferencia de

conocimiento que es objeto de esta aportación, ya que tanto los/as investigadores/as como el grupo de gestores/as pueden exportar información consolidada para, a posteriori, poder incorporarla en informes técnicos, publicaciones científicas, o documentación institucional. Así, la posibilidad de obtener automáticamente informes implica no sólo menos tiempo dedicado a este proceso, sino que también permite estandarizar la forma de presentar la información y, por ende, promueve la transparencia y la comunicación científica. Este requisito de poder obtener información permite que la información sirva para la documentación y la divulgación

## **2.6. Requisitos específicos no funcionales:**

- **Requisitos de rendimiento.**

El sistema tiene que ser rápido, eficiente y con orden, teniendo en cuenta el tiempo de respuesta al usuario y el hecho de que el sistema puede manejar el acceso simultáneo de 30 usuarios sin evidenciar un gran fallo o una gran duración.

- **Nivel de Software.**

El software se desarrollará utilizando código abierto asegurando accesibilidad, se requiere al menos, un navegador web compatibles y conexión de Internet estable, backend y Frontend con Next.js como un framework full-stack

- **Nivel de hardware.**

Requisitos mínimos para usuarios: Pc con procesador dual-core, 4GB de Ram y una resolución mínima de pantalla 1024x768.

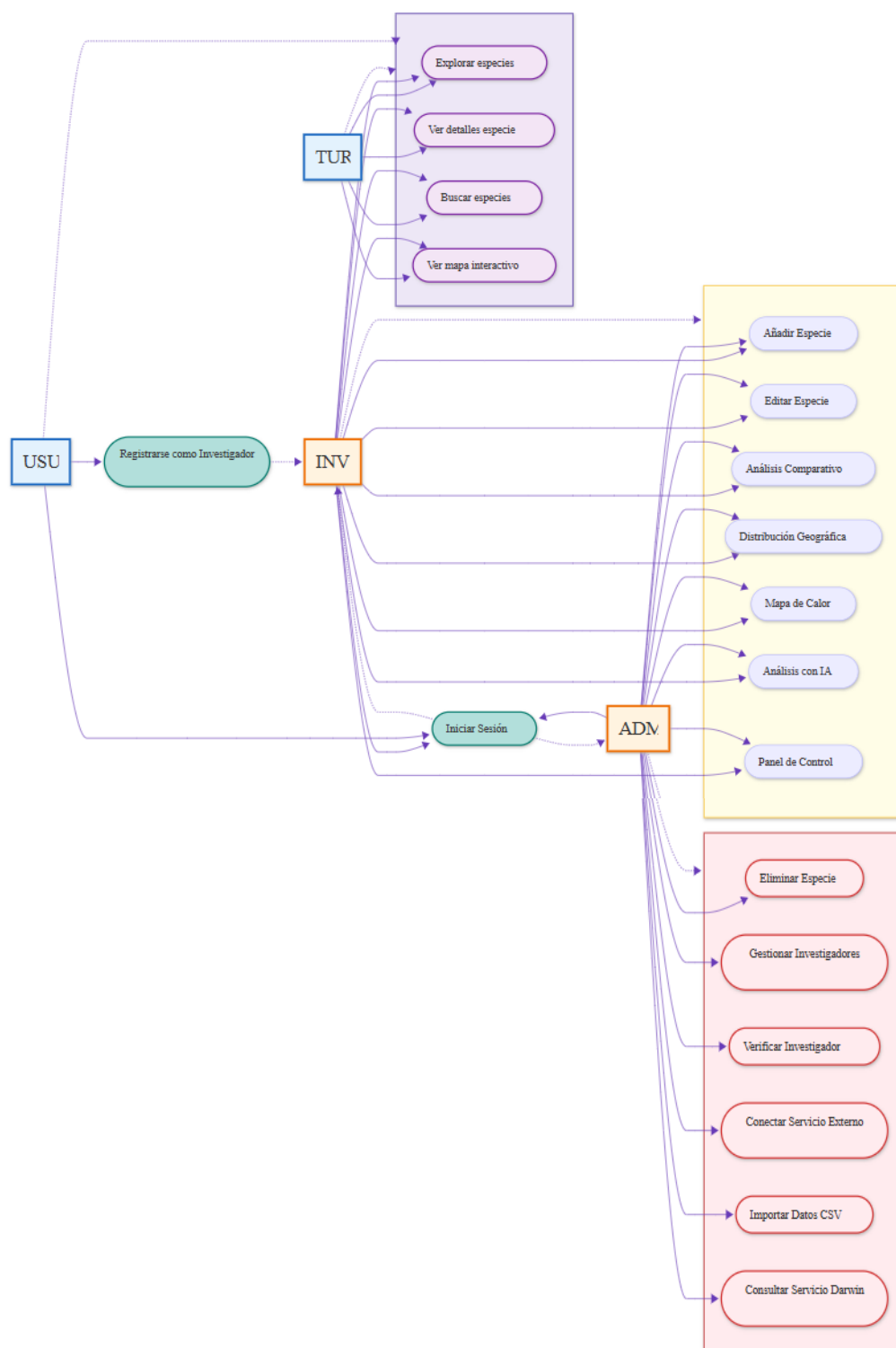
- **Mantenibilidad.**

El sistema debe de ser mantenible, considerando revisiones mensuales y la generación de estadísticas y la escala del sistema para nuevas especies o módulos en el futuro.

## **2.7. Diseño de sistemas en metodologías ágiles**

- **Diagrama de casos de uso**

El diagrama de casos de uso de la Plataforma Web para la Gestión de Datos Estadísticos sobre Fauna Galápagos permite observar de manera directa las interacciones entre los diversos participantes y el sistema. Se muestra cómo los visitantes, investigadores y administradores acceden a funciones concretas según sus respectivas funciones. Los visitantes pueden averiguar sobre las especies y examinar la información asociada a cada una. Por otro lado, los investigadores tienen acceso a datos más específicos para facilitar el análisis. En cuanto a los administradores, estos tienen la autoridad para manejar tanto a los usuarios como a la información, asegurando la protección, la estructura y la actualización continua de la plataforma.



**Elaborado por:** Barnuevo (2025)

- **Especificación Detallada de Casos de Uso.**

### CU01 – Login

**Tabla 18**

*Descripción de caso de uso 1*

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU01                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Nombre</b>              | Login                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Actor Principal</b>     | Usuario                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Actores Secundarios</b> | Sistema de Autenticación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Descripción</b>         | Permite al usuario autenticarse en el sistema utilizando credenciales previamente registradas                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usuario debe tener cuenta registrada en el sistema</li> <li>• Credenciales válidas</li> </ul>                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usuario autenticado exitosamente</li> <li>• Sesión activa establecida</li> <li>• Acceso a funcionalidades según rol</li> </ul>                                                                                                                                                                            |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Usuario accede a la página de login</li> <li>2. Sistema muestra formulario de autenticación</li> <li>3. Usuario ingresa credenciales (email y contraseña)</li> <li>4. Sistema valida credenciales</li> <li>5. Sistema establece sesión activa</li> <li>6. Sistema redirige a página principal</li> </ol> |

**CU02 - Crear Cuenta****Tabla 19***Descripción de caso de uso 2*

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU02                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Nombre</b>              | Crear Cuenta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Actor Principal</b>     | Usuario                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Actores Secundarios</b> | Sistema de Registro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Descripción</b>         | Permite a nuevos usuarios registrarse en el sistema proporcionando información personal básica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso a formulario de registro</li> <li>• Email válido no registrado previamente</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nueva cuenta de usuario creada</li> <li>• Email de confirmación enviado</li> <li>• Usuario puede autenticarse</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Usuario accede a página de registro</li> <li>2. Sistema muestra formulario de registro</li> <li>3. Usuario completa campos obligatorios.</li> <li>4. Sistema valida datos ingresados</li> <li>5. Sistema verifica unicidad del email</li> <li>6. Sistema crea nueva cuenta</li> <li>7. Sistema envía email de confirmación</li> <li>8. Sistema muestra mensaje de éxito</li> </ol> |

**Nota.** Elaboración propia.

**CU03 Login Admin****Tabla 20**

Descripción de caso de uso 3

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU03                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Nombre</b>              | Login Admin                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Actor Principal</b>     | Administrador                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Actores Secundarios</b> | Sistema de Autentificación                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Descripción</b>         | Autenticación específica para usuarios administradores con validación de privilegios elevados                                                                                                                                                                            |
| <b>Precondiciones</b>      | Cuenta de administrador válida<br>Credenciales administrativas                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Postcondiciones</b>     | Administrador autenticado<br>Acceso a panel administrativo<br>Permisos elevados activados                                                                                                                                                                                |
| <b>Flujo Principal</b>     | Administrador accede a portal<br>Sistema muestra formulario de login<br>Administrador ingresa credenciales<br>Sistema valida credenciales y permisos<br>Sistema verifica rol de administrador<br>Sistema establece sesión administrativa<br>Sistema redirige a dashboard |

**Nota.** Elaboración propia.

**CU04 – Explorar Especies****Tabla 21**

Descripción de caso de uso 4

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU04                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Nombre</b>              | Explorar Especies                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Actor Principal</b>     | Usuario                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Actores Secundarios</b> | Sistema de Base de Datos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Descripción</b>         | Permite al usuario navegar por el catálogo completo de especies registradas en el sistema, proporcionando información básica                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema debe tener especies registradas</li> <li>• Base de datos operativa</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usuario visualiza catálogo de especies</li> <li>• Sistema registra consulta</li> <li>• Interfaz muestra resultados organizados</li> </ul>                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Usuario accede a la sección de explorar especies</li> <li>2. Sistema muestra galería de especies disponibles</li> <li>3. Usuario navega por páginas o aplica filtros</li> <li>4. Sistema actualiza resultados según criterios</li> <li>5. Usuario selecciona especie para ver detalles</li> <li>6. Sistema redirige a ficha de especie</li> </ol> |

**Nota.** Elaboración propia.



**CU05 – Ver Detalles de Especie****Tabla 22**

Descripción de caso de uso 5

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU05                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Nombre</b>              | Ver Detalles de Especie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Actor Principal</b>     | Usuario                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Actores Secundarios</b> | Sistema de Base de Datos, Sistema de Archivos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Descripción</b>         | Permite visualizar información detallada de una especie específica con datos científicos completos                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La especie debe existir en la base de datos</li> <li>• Acceso válido desde catálogo o búsqueda</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Información completa desplegada</li> <li>• Visualización registrada</li> <li>• Opciones de descarga disponibles</li> </ul>                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Usuario selecciona especie desde catálogo</li> <li>2. Sistema carga ficha completa de la especie</li> <li>3. Sistema muestra taxonomía, imágenes y datos</li> <li>4. Usuario visualiza información científica</li> <li>5. Sistema ofrece opciones de exportar a PDF</li> <li>6. Usuario puede regresar al catálogo</li> </ol> |

**Nota.** Elaboración propia.

**CU06 – Buscar Especies****Tabla 23**

Descripción de caso de uso 6

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU06                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Nombre</b>              | Buscar Especies                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Actor Principal</b>     | Usuario                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Actores Secundarios</b> | Motor de Búsqueda, Sistema de Base de Datos                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Descripción</b>         | Proporciona herramientas de búsqueda por nombre científico, común, familia y características                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especies indexadas para búsqueda</li> <li>• Motor de búsqueda operativo</li> </ul>                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultados de búsqueda mostrados</li> <li>• Términos registrados para mejoras</li> <li>• Filtros aplicados correctamente</li> </ul>                                                                                                                                                            |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Usuario ingresa términos en campo de búsqueda</li> <li>2. Sistema procesa consulta</li> <li>3. Sistema muestra resultados por relevancia</li> <li>4. Usuario aplica filtros adicionales</li> <li>5. Sistema actualiza resultados</li> <li>6. Usuario selecciona especie de interés</li> </ol> |

**Nota.** Elaboración propia.

**CU07 – Ver Mapa Interactivo****Tabla 24***Descripción de caso de uso 7*

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Nombre</b>              | Ver Mapa Interactivo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Actor Principal</b>     | Usuario                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Actores Secundarios</b> | Servicio de Mapas, Sistema GIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Descripción</b>         | Muestra mapa interactivo con ubicaciones de avistamientos y distribución geográfica                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos geoespaciales disponibles</li> <li>• Servicio de mapas operativo</li> </ul>                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapa cargado con marcadores</li> <li>• Distribución geográfica visible</li> <li>• Interacciones registradas</li> </ul>                                                                                                                                                                       |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Usuario accede a sección principal</li> <li>2. Sistema carga mapa base con marcadores</li> <li>3. Usuario navega mapa</li> <li>4. Usuario selecciona marcadores de especies</li> <li>5. Sistema muestra información de especie</li> <li>6. Usuario aplica filtros por categorías</li> </ol> |

**Nota.** Elaboración propia.

**CU08 – Añadir Especie****Tabla 25**

Descripción de caso de uso 8

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU08                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Nombre</b>              | Añadir Especie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Actor Principal</b>     | Investigador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Actores Secundarios</b> | Sistema de Base de Datos, Sistema de Archivos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Descripción</b>         | Permite a investigadores verificados agregar nuevas especies al catálogo con información científica completa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usuario autenticado como investigador verificado</li> <li>• Sistema operativo para registro</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nueva especie añadida al catálogo</li> <li>• Información disponible públicamente</li> <li>• Autoría registrada correctamente</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investigador accede al formulario de nueva especie</li> <li>2. Sistema muestra campos taxonómicos y descriptivos</li> <li>3. Investigador completa información obligatoria</li> <li>4. Investigador sube imágenes y documentos</li> <li>5. Sistema valida completitud de datos</li> <li>6. Sistema guarda especie en base de datos</li> <li>7. Sistema confirma registro exitoso</li> </ol> |

**Nota.** Elaboración propia.

**CU09 – Editar Especie****Tabla 26***Descripción de caso de uso 9*

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU09                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Nombre</b>              | Editar Especie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Actor Principal</b>     | Investigador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Actores Secundarios</b> | Sistema de Base de Datos, Sistema de Auditoría                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Descripción</b>         | Permite modificar información de especies existentes manteniendo historial de cambios                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usuario autenticado como investigador</li> <li>• Especie debe existir en el sistema</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Información de especie actualizada</li> <li>• Historial de cambios registrado</li> <li>• Versión anterior preservada</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investigador busca y selecciona especie</li> <li>2. Sistema muestra formulario con datos actuales</li> <li>3. Investigador modifica campos necesarios</li> <li>4. Investigador confirma cambios</li> <li>5. Sistema valida modificaciones</li> <li>6. Sistema actualiza y registra en historial</li> <li>7. Sistema confirma actualización exitosa</li> </ol> |

**Nota.** Elaboración propia.

**CU10 – Análisis Comparativo****Tabla 27***Descripción de caso de uso 10*

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Nombre</b>              | Análisis Comparativo                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Actor Principal</b>     | Investigador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Actores Secundarios</b> | Motor de Análisis, Sistema Estadístico                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Descripción</b>         | Permite comparar múltiples especies según criterios morfológicos, ecológicos y genéticos                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Al menos 2 especies con datos comparables</li> <li>• Investigador autenticado</li> </ul>                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis comparativo generado</li> <li>• Resultados exportables disponibles</li> <li>• Gráficos estadísticos creados</li> </ul>                                                                                                                                                          |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investigador selecciona especies a comparar</li> <li>2. Sistema muestra criterios disponibles</li> <li>3. Investigador selecciona parámetros de análisis</li> <li>4. Sistema procesa datos y genera comparación</li> <li>5. Sistema presenta resultados en tablas y gráficos</li> </ol> |

**Nota.** Elaboración propia.

## CU11 – Distribución Geográfica

**Tabla 28**

Descripción de caso de uso 11

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU11                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Nombre</b>              | Distribución Geográfica                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Actor Principal</b>     | Investigador                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Actores Secundarios</b> | Sistema GIS, Servicio de Mapas                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Descripción</b>         | Herramienta especializada para análisis detallado de patrones de distribución geográfica                                                                                                                                                                   |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especies con coordenadas registradas</li> <li>• Servicios GIS operativos</li> </ul>                                                                                                                               |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis geográfico completado</li> <li>• Mapas generados</li> <li>• Datos exportables disponibles</li> </ul>                                                                                                     |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investigador accede a herramientas de distribución</li> <li>2. Sistema muestra mapa</li> <li>3. Investigador selecciona especies y parámetros</li> <li>4. Investigador ajusta visualización y filtros</li> </ol> |

**Nota.** Elaboración propia.

**CU12 – Mapa de Calor****Tabla 29**

Descripción de caso de uso 12

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU12                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Nombre</b>              | Mapa de Calor                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Actor Principal</b>     | Investigador                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Actores Secundarios</b> | Motor de Interpolación, Sistema GIS                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Descripción</b>         | Genera mapas de calor mostrando densidad de especies o abundancia en regiones                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos de abundancia y coordenadas</li> <li>• Algoritmos de interpolación configurados</li> </ul>                                                                                                                                     |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapa de calor generado</li> <li>• Visualización exportable</li> <li>• Datos de densidad calculados</li> </ul>                                                                                                                        |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investigador selecciona parámetros para mapa</li> <li>2. Sistema procesa datos espaciales y abundancia</li> <li>3. Sistema genera mapa con escala de colores</li> <li>4. Investigador ajusta parámetros de visualización</li> </ol> |

**Nota.** Elaboración Propia



**CU13 – Análisis con IA****Tabla 30**

Descripción de caso de uso 13

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU13                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Nombre</b>              | Análisis con IA                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Actor Principal</b>     | Investigador                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Actores Secundarios</b> | Sistema de IA, Modelos de Machine Learning                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Descripción</b>         | Utiliza inteligencia artificial para identificación automática y análisis de patrones                                                                                                                                                                                       |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelos de IA entrenados y operativos</li> <li>• Datos suficientes para análisis</li> </ul>                                                                                                                                        |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de IA completado</li> <li>• Resultados interpretables disponibles</li> <li>• Nivel de confianza calculado</li> </ul>                                                                                                      |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Selecciona especie</li> <li>2. Busca el botan de Análisis IA</li> <li>3. Selecciona análisis IA</li> <li>4. Sistema presenta resultados con confianza</li> <li>5. Visualiza información de resultados sobre la especie</li> </ol> |

**Nota.** Elaboración Propia

**CU14 – Panel de Control****Tabla 31***Descripción de caso de uso 14*

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Nombre</b>              | Panel de Control                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Actor Principal</b>     | Investigador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Actores Secundarios</b> | Sistema de Dashboard, Base de Datos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Descripción</b>         | Panel centralizado con acceso a herramientas y resumen de actividades del investigador                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usuario autenticado como investigador</li> <li>• Dashboard configurado</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso centralizado disponible</li> <li>• Estadísticas personales mostradas</li> <li>• Panel personalizado configurado</li> </ul>                                                                                                                                                                               |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investigador accede a su panel de control</li> <li>2. Sistema muestra dashboard personalizado</li> <li>3. Sistema presenta accesos rápidos a herramientas como editar o visualizar datos</li> <li>4. Sistema muestra permite la eliminación de la especie o visualización más detallada de cada una</li> </ol> |

**Nota.** Elaboración Propia

**CU15 – Eliminar Especie****Tabla 32**

Descripción de caso de uso 15

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU15                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Nombre</b>              | Eliminar Especie                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Actor Principal</b>     | Administrador                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Actores Secundarios</b> | Sistema de Base de Datos, Sistema de Auditoría                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Descripción</b>         | Permite eliminar especies del catálogo manteniendo respaldo e historial completo                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usuario autenticado como administrador</li> <li>• Especie debe existir en el sistema</li> </ul>                                                                                                                                              |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especie eliminada del catálogo público</li> <li>• Respaldo completo mantenido</li> <li>• Eliminación auditada</li> </ul>                                                                                                                     |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Administrador busca especie a eliminar</li> <li>2. Sistema muestra información completa</li> <li>3. Administrador confirma eliminación</li> <li>4. Sistema marca como eliminada</li> <li>5. Sistema confirma eliminación exitosa</li> </ol> |

**Nota.** Elaboración Propia

**CU16 – Gestionar Investigadores****Tabla 33***Descripción de caso de uso 16*

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Nombre</b>              | Gestionar Investigadores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Actor Principal</b>     | Administrador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Actores Secundarios</b> | Sistema de Usuarios, Sistema de Notificaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Descripción</b>         | Gestiona cuentas de investigadores: activar, desactivar y modificar permisos                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usuario autenticado como administrador</li> <li>• Sistema de gestión operativo</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado del investigador actualizado</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Administrador accede a gestión de investigadores</li> <li>2. Sistema muestra lista de investigadores</li> <li>3. Administrador selecciona investigador</li> <li>4. Sistema muestra opciones de gestión</li> <li>5. Administrador realiza acción seleccionada</li> <li>6. Sistema ejecuta cambios</li> </ol> |

**Nota.** Elaboración Propia

**CU17 – Verificar Investigador****Tabla 34**

Descripción de caso de uso 17

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU17                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Nombre</b>              | Verificar Investigador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Actor Principal</b>     | Administrador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Actores Secundarios</b> | Sistema de Verificación, Sistema de Notificaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Descripción</b>         | Proceso de verificación de credenciales académicas de investigadores solicitantes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitudes de investigador pendientes</li> <li>• Documentos académicos disponibles</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitud procesada</li> <li>• Usuario notificado de decisión</li> <li>• Proceso documentado</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Administrador accede a solicitudes pendientes</li> <li>2. Sistema muestra lista de solicitudes</li> <li>3. Administrador selecciona solicitud a revisar</li> <li>4. Sistema muestra información del solicitante</li> <li>5. Administrador verifica credenciales académicas</li> <li>6. Administrador aprueba o rechaza solicitud</li> <li>7. Sistema notifica solicitante</li> </ol> |

**Nota.** Elaboración Propia

## CU18 – Consultar Servicio Darwin

**Tabla 35**

Descripción de caso de uso 18

| <b>Campo</b>               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID del Caso de uso</b>  | CU20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Nombre</b>              | Consultar Servicio Darwin                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Actor Principal</b>     | Administrador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Actores Secundarios</b> | Darwin Core Service, Sistema de Sincronización                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Descripción</b>         | Consulta y sincroniza datos con repositorios Darwin Core para enriquecer catálogo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Precondiciones</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión a Darwin Core configurada</li> <li>• Servicios operativos</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Postcondiciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos Darwin Core sincronizados</li> <li>• Información actualizada</li> <li>• Log de sincronización creado</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Flujo Principal</b>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Administrador inicia consulta Darwin Core</li> <li>2. Sistema se conecta al servicio remoto</li> <li>3. Sistema consulta por especies o registros</li> <li>4. Sistema procesa respuesta Darwin Core</li> <li>5. Sistema muestra datos disponibles</li> <li>6. Administrador selecciona registros a importar</li> <li>7. Sistema sincroniza datos seleccionados</li> </ol> |

**Nota.** Elaboración Propia

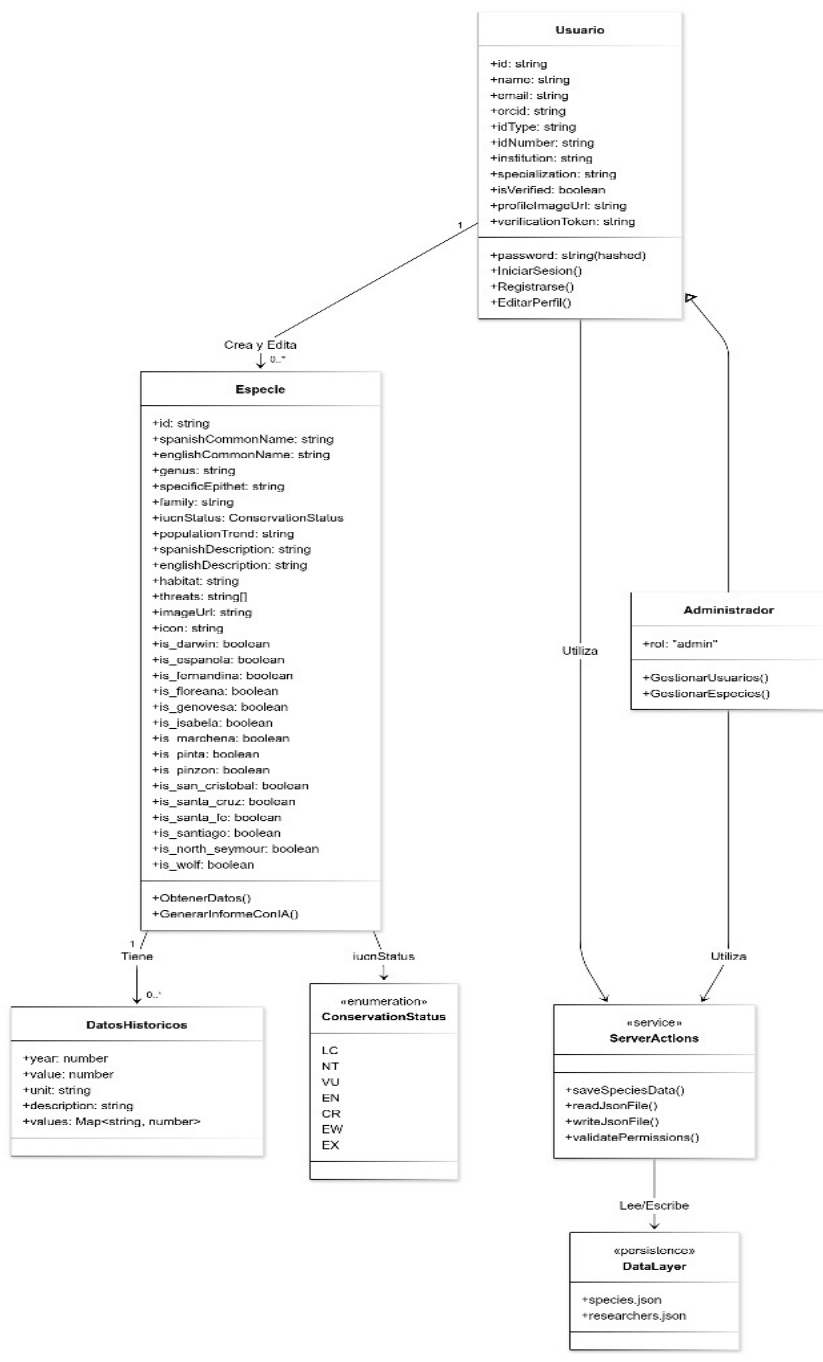
### 2.8. Diagrama de clases

El Diagrama de clases de la plataforma contempla la estructura lógica del sistema y las conexiones entre sus entidades centrales. Se advierte cómo las clases Administrador y Usuario se relacionan con los módulos de Especie, Datos Especie y Gráficos, creando un modelo integrado que permite el registro, la actualización y la administración de información sobre biodiversidad. La clase Especie recoge atributos esenciales como el nombre, el hábitat y el estado de conservación, y se vincula con las funciones de registro y observación, mientras que DatosEspecie y DatosEspecie+ ofrecen la posibilidad de añadir y organizar la información recopilada. La clase Gráficos desempeña un papel importante en la visualización de los datos

mediante informes y reportes. Esta estructura favorece la expansión del sistema y asegura el modularidad, permitiendo que cada parte pueda desarrollarse sin afectar la coherencia general de la plataforma.

**Figura 2**

*Proceso Distribución*



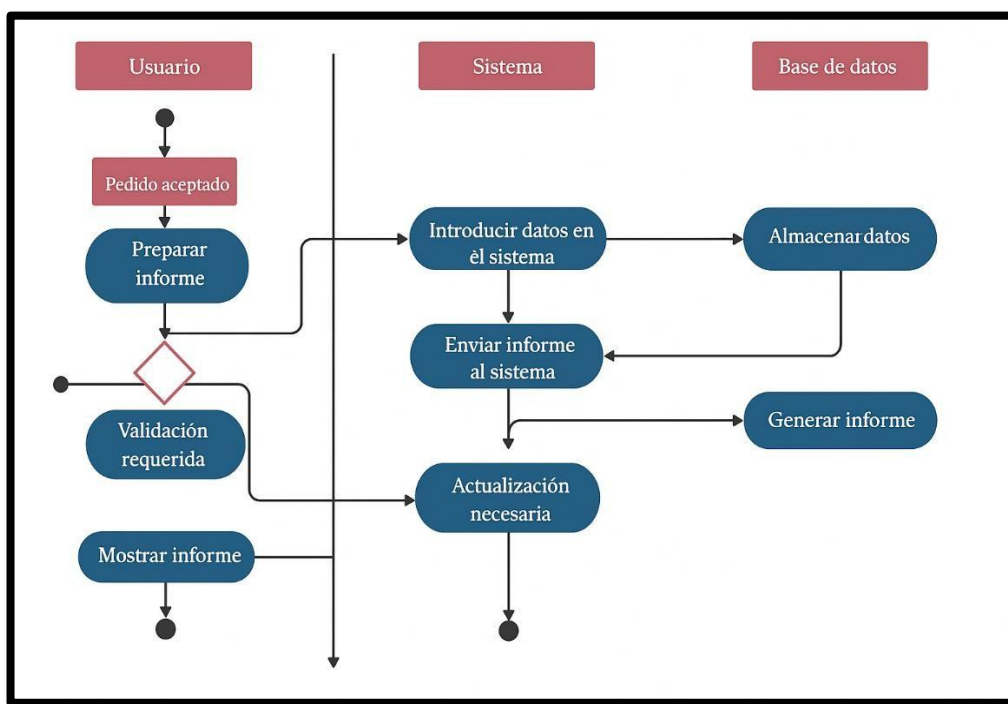
Elaborado por: Barnuevo (2025)

## 2.9. Diagrama de Actividades.

El diagrama de actividades de la Plataforma Web para la Gestión de Datos Estadísticos de la Fauna de las Galápagos presenta de manera organizada los flujos de trabajo y los procesos internos del sistema, abarcando desde la primera interacción del usuario hasta la creación de los informes finales. Se puede observar que, después de aceptar una solicitud, el usuario se encarga de elaborar el informe, mientras que el sistema se ocupa de recibir la información, almacenarla en la base de datos y producir reportes basados en las consultas realizadas. Este procedimiento implica etapas de validación y actualización esenciales para asegurar la consistencia de los datos antes de que se muestren los resultados al usuario. Este formato favorece la comprensión de la serie lógica de las operaciones y ilustra la conexión entre el usuario, el sistema y la base de datos, garantizando que cada acción sea fácilmente rastreable, proporcionando una perspectiva organizada y efectiva del flujo de trabajo.

**Figura 3**

*Proceso Usuario, Sistema y Base de datos*



**Elaborado por:** Barnuevo (2025)



# **CAPÍTULO III: DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN**

### 3.1. Desarrollo e Implementación.

En la actualidad, la información sobre biodiversidad de las islas Galápagos esté diseminada en múltiples fuentes, formatos y bibliotecas, lo que conlleva dificultades para las comunidades de investigadores y/o gestores ambientales, ocasionando una limitada capacidad de hacer consultas específicas y/o integradoras y/o en tiempo real. La falta de un sistema de gestión unificado evita que pueda optimizarse el proceso de almacenamiento, búsqueda y recuperación de datos, dando lugar, por lo tanto, a una gestión poco eficiente de la información.

La falta de integración evidentemente impide que se llegue a poder evaluar tendencias, patrones poblacionales, amenazas emergentes o cambios en el comportamiento de las especies. Estas limitaciones pueden dar lugar a una importante limitación de la conservación ambiental, a una toma de decisiones poco informada u oportuna durante situaciones de alta vulnerabilidad ecológica como el sistema de las islas Galápagos.

Frente a esta problemática, surge la necesidad de implementar herramientas tecnológicas que permitan consolidar, estandarizar y analizar los datos de biodiversidad de manera sistemática. La aplicación de técnicas de minería de datos y analítica avanzada se presenta como una alternativa pertinente para superar la dispersión informativa, aportando diagnósticos estratégicos que faciliten la conservación de especies endémicas y amenazadas. En este marco, se planteó el desarrollo de una plataforma integradora que no solo centralice la información existente, sino que también incorpore algoritmos de análisis y visualización, generando valor agregado a los registros.

### 3.2. Desarrollo de la metodología.

**Figura 4**

*Metodología*



**Elaborado por:** Barnuevo (2025)

### 3.2.1. Fase 1: Identificación

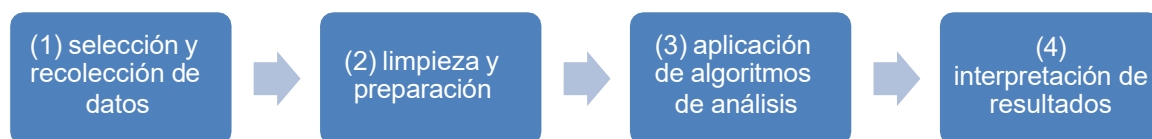
Luego de la visita técnica realizada como parte de la preparación dentro del proceso académico universitario y una vez identificado el problema, se consideraron las diferentes bases teóricas y funcionales del proyecto. Actualmente, la información sobre la biodiversidad de las Galápagos se encuentra dispersa en múltiples fuentes, formatos y repositorios, dificultando su acceso y análisis integrado. Lo que implica llevar a cabo una investigación sobre el tema.

La gestión de datos ecológicos enfrenta una serie de obstáculos, como la falta de integración sistémica, la fragmentación y la diversidad de formatos. Estos problemas dificultan realizar consultas integrales y oportunas, según lo resaltan varias investigaciones. Esto impide la detección de tendencias poblacionales y la evaluación de las modificaciones en las especies en tiempo real. Para lograr una conservación eficaz del delicado ecosistema de las Galápagos, es necesario superar estos retos a través de sistemas unificados de datos.

Con este contexto, se investigaron fuentes de consulta, como bases de datos globales de biodiversidad, en este caso de algunos repositorios como: GBIF, eBird, OBIS, entre otros (dichas consultas se evidencian en el capítulo uno del presente documento) que han incrementado la información disponible, así como repositorios locales como el de la Fundación Charles Darwin. Se identificó la necesidad de consolidar registros dispersos y estandarizarlos para su análisis. Adicionalmente, se realizó una revisión de literatura sobre minería de datos aplicada a la conservación. En el ámbito ecológico, las técnicas de Data Mining se reconocen como herramientas valiosas para recabar conocimiento de grandes volúmenes de datos, revelando patrones ocultos. En particular, el proceso KDD provee una guía estructurada para transformar datos brutos en conocimiento útil. Siguiendo este enfoque, se planificó un pipeline de datos denominado DataLens que abarca la captura, depuración y análisis de registros de biodiversidad. Este enfoque por fases KDD sentó la base metodológica:

**Figura 5**

*Base metodológica*



**Elaborado por:** Barnuevo (2025)

Como parte del análisis de requerimientos, se definió el alcance funcional de la plataforma. Se planteó desarrollar una plataforma web integradora que incorpore la información existente, como requerimientos funcionales partiendo del estado actual, consolidando y estandarizando los datos de la biodiversidad provenientes de los registros de la Fundación Charles Darwin, sistemas de cuarentena de la ABG, monitoreos del Parque Nacional Galápagos,

entre otros. Además, incorporando algoritmos de análisis y visualización de modo que los datos adquieran valor agregado y que permita procesar este repositorio. Esto implica que el sistema debe unificar los datos dispersos, permitir su consulta ágil y aplicar técnicas analíticas, por ejemplo: clustering y clasificación para identificar patrones en los datos de especies, por ejemplo: grupos ecológicos, hotspots de biodiversidad, detección de especies indicadoras, en general que faciliten analíticas estratégicas para la conservación de las especies, así como el respectivo diagnóstico.

Se proyectó también una interfaz web geográfica para visualizar mapas y gráficos interactivos de distribución de especies, con diferentes niveles de acceso: un módulo público de consulta y descarga de datos para investigadores, y un panel de administración restringido para las autoridades. Estos lineamientos iniciales se alinean con la propuesta de solución planteada en la etapa conceptual, donde se buscó una plataforma web en la nube que automatice el flujo *ETL* (extracción, transformación, carga) desde las bases de datos fuentes, aplique modelos de minería de datos y ofrezca visualizaciones interactivas.

Asimismo, se consideró la incorporación de componentes de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para visualizar la distribución territorial de especies, dado que la dimensión espacial es crucial en el Archipiélago de las Galápagos. Durante esta fase se seleccionaron diez especies endémicas representativas, por ejemplo: tortuga gigante *Chelonoidis porteri* pingüino de las Galápagos *Spheniscus mendiculus*, tiburón martillo *Sphyrna lewini*, entre otras, como casos de estudio, en función de su relevancia ecológica y estado de conservación, características que se revelaron anteriormente en la Tabla 5. Estas especies consideradas representativa guiaron el diseño de la base de datos y sirvieron para validar los algoritmos aplicados en fases posteriores.

Finalmente, la investigación incluyó la comparación de algoritmos de minería de datos adecuados al problema. Se estudiaron métodos de clustering como K-Means y DBSCAN, recomendados en contextos ecológicos para identificar agrupaciones de especies con distribuciones similares y detectar zonas de alta diversidad. Igualmente, se enfatizó la accesibilidad digital y apertura de la información: la plataforma debería ser de código abierto y accesible vía navegador web estándar, con conexión a internet, asegurando que distintos actores (investigadores, gestores, e incluso turistas o ciudadanía) puedan acceder a datos confiables de biodiversidad. Este principio sigue los lineamientos FAIR (datos \*Encontrables, Accesibles, Interoperables, Reutilizables) promoviendo la ciencia abierta (Wilkinson et al., 2016). También se consideró la usabilidad como un requerimiento clave, para que usuarios con distintos perfiles puedan navegar la aplicación, consultar información de especies y entender las visualizaciones

fácilmente.

Esta revisión teórica fundamentó la selección de técnicas que debían implementarse y además fundamentar la plataforma para el respectivo soporte. En este sentido se consideró una arquitectura moderna y distribuida que pudiera soportar consultas concurrentes sin afectar el desempeño (Arias et al., 2011). Con los requerimientos claramente establecidos, se procedió a la fase de diseño.

### **3.2.2. Fase 2: Diseño**

En la presente fase se procedió al diseño arquitectónico y al modelado detallado del sistema Galápagos DataLens, considerando como base los requerimientos para determinar una solución tecnológica estructurada. Dado el carácter analítico y geoespacial de la plataforma, se optó por una arquitectura multicapa en la nube, que separa las responsabilidades en módulos integrables. En términos generales, el diseño siguió un patrón de pipeline de datos alineado con las etapas KDD clásicas (Fayyad et al., 1996) que va desde la selección y preparación de datos hasta la extracción de conocimiento, complementado con una arquitectura web para la presentación de resultados.

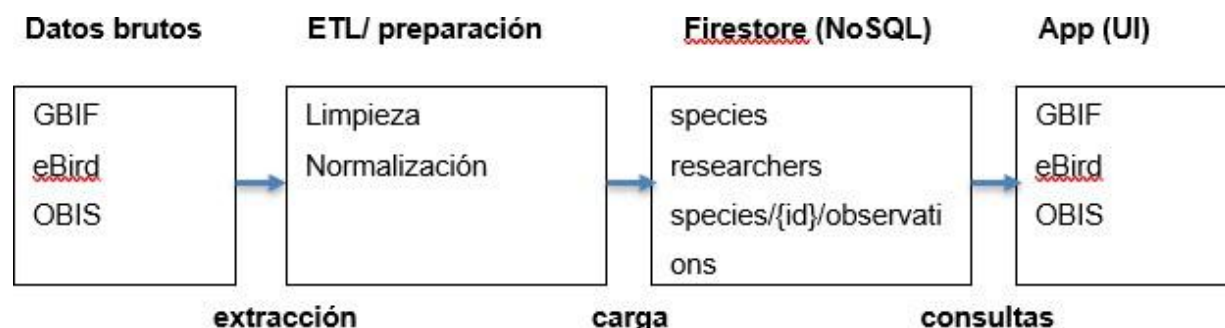
- **Diseño de la arquitectura:** La plataforma se concibió como un sistema distribuido con componentes loosely coupled. En el back-end, se decidió implementar un servicio de datos centralizado alojado en la nube para almacenar la información consolidada de biodiversidad. Inicialmente se consideró una base relacional PostgreSQL con extensión PostGIS (por sus capacidades geoespaciales); sin embargo, para maximizar la escalabilidad y sencillez de integración con aplicaciones web, se optó finalmente por una base de datos NoSQL en tiempo real (Cloud Firestore de Google). Firestore permite almacenar documentos JSON anidados, apropiados para la naturaleza jerárquica de los datos taxonómicos, y ofrece sincronización eficiente con la interfaz web. El diseño contempló colecciones principales para Especies (almacenando atributos como nombre científico, familia, endemismo, categoría UICN, etc.), Registros de Observación (ocurrencias con fecha, ubicación geográfica, fuente de datos) y Usuarios (para gestionar roles de administrador). Adicionalmente, se modelaron estructuras derivadas como una colección de Métricas por Isla que resume, para cada isla del archipiélago, el número de especies presentes, registros totales, duplicados identificados y porcentajes por categoría de amenaza. Estas entidades y sus relaciones se plasmaron en un diagrama entidad-relación y en esquemas de colecciones NoSQL equivalentes.

En la Figura 6 se muestra que los datos brutos provenientes de fuentes externas como GBIF, eBird u OBIS son extraídos y procesados mediante un flujo ETL de limpieza, normalización

y de duplicación. Posteriormente, la información estructurada se almacena en la base de datos Firestore, organizada en colecciones específicas (species, researchers, species/{id}/observations, metrics\_island). Finalmente, estos datos son consultados por la aplicación web (UI) para su búsqueda, análisis y visualización.

**Figura 6**

*Flujo simplificado del modelo de datos hacia Firestore.*



**Elaborado por:** Barnuevo (2025)

Para la capa de negocio y análisis, se diseñó un módulo de minería de datos que interactúa con el repositorio de datos. Siguiendo la planificación de algoritmos seleccionados se definieron componentes para ejecutar modelos de agrupamiento (clustering) y modelos de clasificación/predicción.

En la etapa de diseño se evaluaron los algoritmos candidatos con base en la literatura: por un lado, K-Means y DBSCAN para clustering, citados frecuentemente en estudios ecológicos por su eficacia agrupando especies con distribuciones similares e identificando hotspots de biodiversidad (Han et al., 2012). Estos algoritmos se adaptan bien al análisis de datos de presencia/ausencia y fueron elegidos para detectar agrupaciones naturales de especies en las distintas islas, por ejemplo, especies que coexisten en las mismas islas. El diseño del módulo analítico incluyó la especificación de entradas, en este caso, matrices de características de especies con sus atributos e indicadores y salidas esperadas, por ejemplo: agrupaciones etiquetadas. Asimismo, se integraron métricas descriptivas como: número de especies, estado de especies, cobertura de registros por isla, etc. para complementar los resultados algorítmicos con información de calidad de datos, en línea con recomendaciones metodológicas de garantizar confiabilidad en los análisis de biodiversidad (Benítez-Capistros et al., 2016).

En cuanto a la capa de presentación (front-end), se diseñó una interfaz web intuitiva y responsiva, empleando principios de experiencia de usuario adaptados a un público técnico-científico. Se delinearon prototipos de pantalla y wireframes mostrando las funcionalidades principales: un panel de búsqueda y selección de especies de interés, visualización de mapas interactivos del archipiélago marcando la presencia de la especie seleccionada en cada isla,

gráficos dinámicos (barras, líneas) de tendencias poblacionales o categorías de amenaza, y secciones informativas con la ficha de la especie (taxonomía, estado de conservación, fotos). También se previó una sección administrativa para usuarios autorizados, con opciones como cargar nuevos datos, gestionar catálogos taxonómicos o ajustar parámetros de los modelos. Durante el diseño se consideraron aspectos de accesibilidad y compatibilidad: la paleta de colores y disposición de elementos siguen pautas para asegurar contrastes adecuados, y se incluyeron descripciones emergentes para elementos gráficos (tooltips) de manera que la información sea comprensible para todos los usuarios. Adicionalmente, se planificó el soporte multi-dispositivo (diseño responsive para acceso desde tablets o portátiles de diferente resolución). Vale destacar que la idea de democratizar el acceso a la información estuvo presente: la plataforma fue concebida como parte de un ecosistema mayor de datos de las Galápagos, interoperando con sistemas existentes (GBIF, portales de FCD, etc.) en concordancia con la visión de datos abiertos y ciencia ciudadana.

La fase de diseño produjo la arquitectura lógica de las Galápagos DataLens, los modelos de datos fundamentales y la interfaz de usuario prototipada. Modelado que garantiza cumplir con los requerimientos identificados en la Fase 1, considerando rendimiento, usabilidad y rigor científico.

### **3.2.3. Fase 3: Implementación**

En esta fase se llevó a cabo la construcción y codificación de cada componente del sistema según el diseño previo. La implementación tecnológica se realizó integrando progresivamente las funcionalidades. A continuación, se describen los aspectos principales de la construcción de la plataforma, desde la ingesta de datos hasta la interfaz web, destacando las herramientas y buenas prácticas utilizadas:

- **Ingesta y depuración de datos (ETL):** Se desarrolló un módulo de Extracción, Transformación y Carga (ETL) para automatizar la recopilación de registros de biodiversidad desde fuentes externas. Para la extracción, se implementaron scripts de web scraping utilizando la biblioteca Selenium en Python, configurados para navegar por portales como GBIF, eBird, iNaturalist y descargar datos actualizados en formato CSV. Se parametrizaron rutinas de búsqueda y filtros por regiones y se programó la ejecución periódica de estos scripts mediante tareas programadas, garantizando así la actualización continua de los datos y la replicabilidad del proceso.

Tras la extracción, se efectuó la transformación y limpieza de los datos brutos: se empleó la librería panda de Python (McKinney, 2010) para fusionar conjuntos de datos, eliminar registros duplicados, se identificaron varios duplicados en los datos originales, corregir

valores nulos o inválidos y estandarizar campos taxonómicos (ej. nombres de especies, familias). Esta normalización fue crucial para asegurar la consistencia del dataset integrado, acorde a estándares como Darwin Core.

El resultado de esta fase fue un dataset consolidado (denominado `Animales_combined.csv`) con más de 107.000 registros procesados, abarcando 10.248 especies únicas y con los campos limpios y unificados listos para el análisis.

- **Implementación de algoritmos de análisis (Minería de datos):** Con los datos ya depurados y cargados en la base de datos, se procedió a implementar los algoritmos de minería de datos planificados. Se desarrollaron routines de clustering utilizando la biblioteca `scikit-learn` en Python (Pedregosa et al., 2011) para los algoritmos K-Means y DBSCAN. Estas rutinas toman como entradas matrices de características de las especies, por ejemplo, vectores indicando presencia (1/0) en cada isla, enriquecidos con atributos como categoría de amenaza codificada numéricamente, produciendo como salida asignaciones de clúster para cada especie.

Durante la implementación, se ajustaron hiperparámetros importantes: por ejemplo, para K-Means se determinó  $k$  (número de clústeres) de forma experimental, apoyándose en métricas como `elbow method`; para DBSCAN se calibraron el  $\epsilon$  de distancia y el tamaño mínimo de clúster, de modo de capturar agrupaciones significativas dadas las escalas de distribución de especies. Estos algoritmos permitieron identificar grupos biogeográficos: por ejemplo, el sistema logró agrupar especies exclusivas de islas remotas en clústeres distintos de aquellas ampliamente distribuidas en islas centrales, alineándose con hallazgos esperados en la biogeografía insular.

- **Desarrollo de la base de datos y lógica de negocio:** Paralelamente a los modelos analíticos, se configuró la base de datos Firestore en la nube. Se escribieron scripts en Python (utilizando la librería `google-cloud-firestore`) para cargar en la base los datos ya limpios. La información se estructuró de acuerdo al modelo diseñado: documentos por especie con sus atributos, subcolecciones para listar las observaciones georreferenciadas de cada especie, documentos agregados por isla, etc. La ventaja de Firestore radica en que permite consultas en tiempo real desde la aplicación web mediante SDKs, sin requerir una capa intermedia compleja.

Se implementaron reglas de seguridad en la base de datos para gestionar permisos: por ejemplo, las operaciones de escritura: ingresar nuevos datos o corregir existentes, quedaron restringidas a usuarios administradores autenticados, mientras que las operaciones de lectura de datos públicos como los registros de especies y mapas se



habilitaron para cualquier usuario final. Adicionalmente, se creó una pequeña API REST con Node.js (Express) para exponer ciertos servicios especializados (por ejemplo, un endpoint para obtener estadísticas globales o listas completas de especies) que facilitara la comunicación con la interfaz cuando las consultas complejas excedían las capacidades directas de Firestore.

- **Implementación de la interfaz web:** La capa frontal se desarrolló empleando JavaScript y librerías de código abierto especializadas en visualización geográfica y de datos. Se utilizó Leaflet junto con mapas base de OpenStreetMap para renderizar un mapa interactivo de las Galápagos en el cual se dibujan capas de datos sean estos puntos o polígonos, representando la distribución de especies. Por ejemplo, al seleccionar una especie desde un menú desplegable, la aplicación consulta la base de datos (usando las APIs de Firestore) y obtiene las islas donde está presente dicha especie, resaltándolas en el mapa con marcadores o colores. Asimismo, para presentar las métricas y tendencias, se integró la librería D3.js y complementariamente Plotly en algunos prototipos, que permitió generar gráficos interactivos sobre la marcha. Se desarrollaron gráficos de barras que muestran, por ejemplo, cuántas especies en cada categoría de amenaza habitan en una isla seleccionada, o líneas de tiempo que ilustran la evolución en el número de registros de cierta especie a lo largo de los años. La interfaz maneja estos componentes de forma dinámica: al cambiar de especie o isla, los gráficos se actualizan automáticamente mediante llamadas asíncronas (AJAX vía Axios) a los servicios de datos.

Se prestó especial atención a la usabilidad: se incorporaron mensajes de carga y estados de espera para indicarle al usuario que se están procesando datos, y se implementaron controles sencillos (filtros por categoría de especie, botones de zoom al mapa, etc.). [Insertar aquí captura de la interfaz de consulta de especies] donde se aprecie la pantalla principal con el mapa de las Islas Galápagos, la lista de especies disponibles para consulta y los gráficos de indicadores. Esta captura evidenciaría cómo la combinación de mapa y gráficos facilita la comprensión de la información de conservación.

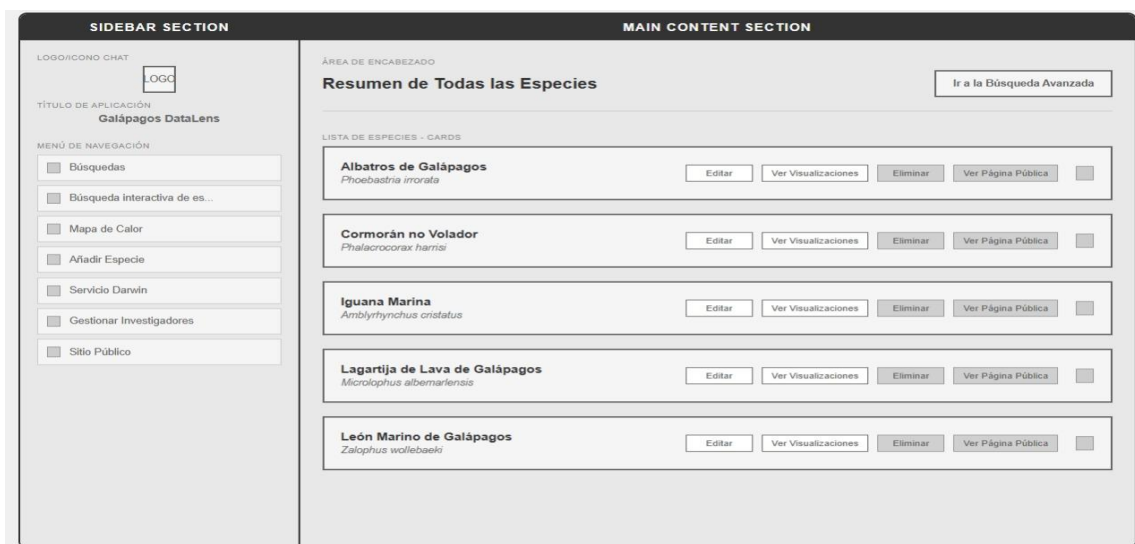
Cabe resaltar que durante la implementación se llevaron a cabo pruebas unitarias y de integración básicas en cada componente para asegurar su correcto funcionamiento antes de pasar a la siguiente fase. Por ejemplo, se probó que los scripts de scraping efectivamente descarguen los archivos esperados de cada fuente, que las funciones de limpieza eliminen o corrijan los datos erróneos según lo previsto, que las consultas a Firestore devuelvan los datos en el formato adecuado, y que la interfaz muestre los

resultados sin errores JavaScript en distintos navegadores. Asimismo, se verificó el cumplimiento de criterios no funcionales: pruebas de carga iniciales indicaron que el sistema podía manejar consultas simultáneas dentro de los límites requeridos (p. ej., <1.5 segundos de tiempo de respuesta con 50 usuarios concurrentes, acercándose a la meta de 100 usuarios simultáneos), gracias a la naturaleza distribuida de la solución (servicios en la nube, CDN de la aplicación estática, etc.). Con la implementación completa de la lógica ETL, los algoritmos de minería de datos y la aplicación web, la plataforma estuvo lista para ser integrada y desplegada en un ambiente de prueba.

Asimismo, se diseñó una pantalla de administración de especies (Figura 7 y Figura 8 en los prototipos) con formularios para editar información y asegurar la actualización continua de la base de datos. Estos prototipos sirvieron como guía visual y funcional durante el desarrollo, garantizando que la interfaz fuera intuitiva y consistente con los objetivos del proyecto.

### Figura 7

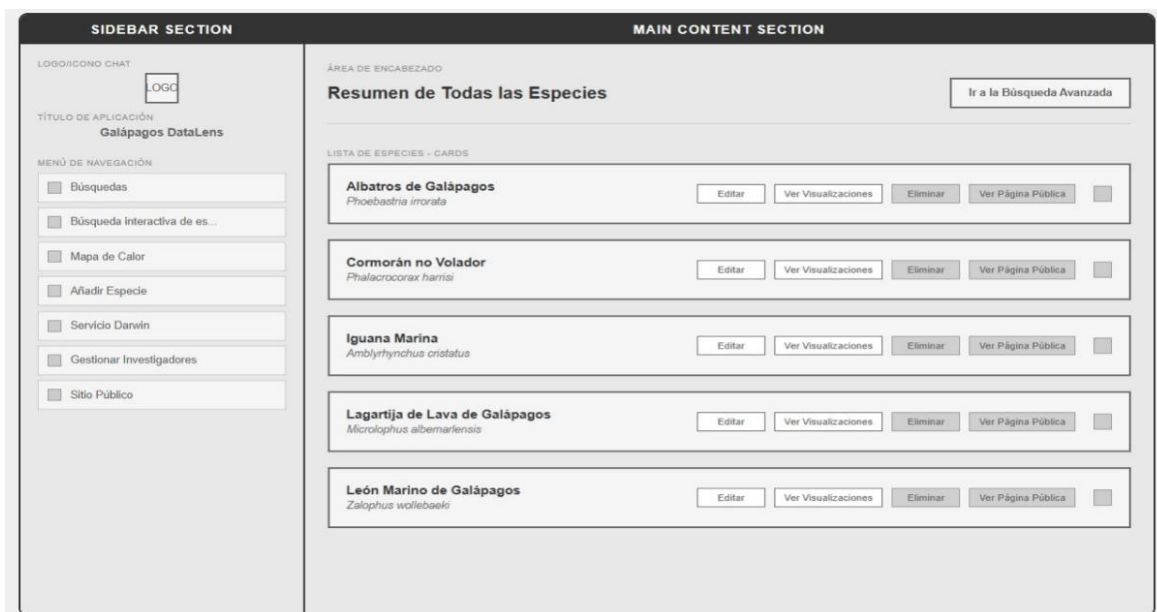
Prototipo de edición y ver estadísticas de cada especie



Elaborado por: Barnuevo (2025)

**Figura 8**

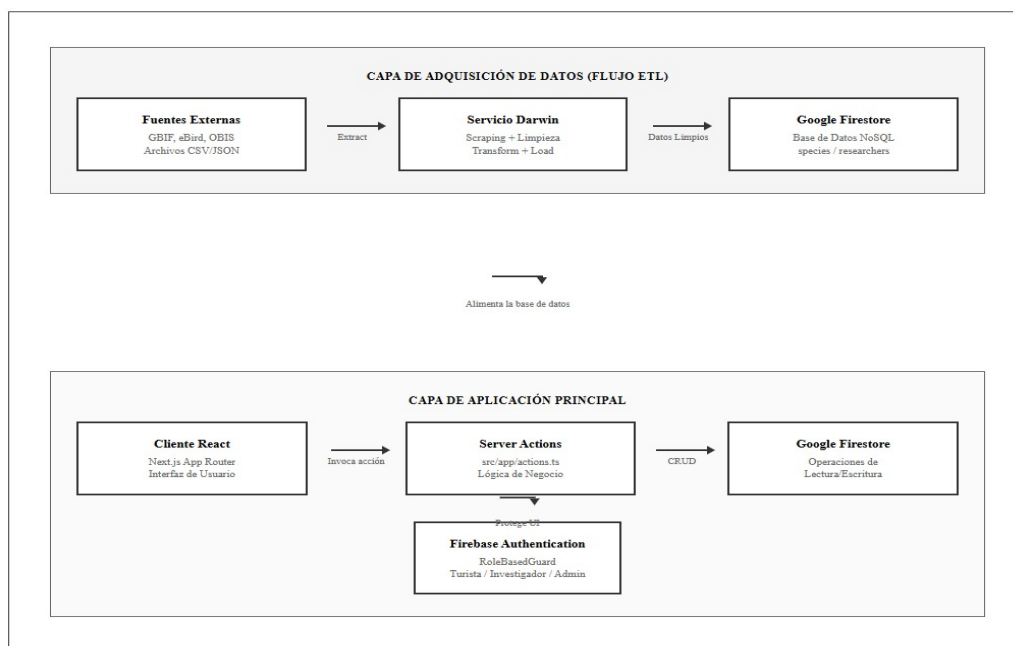
Edición de la especie



Elaborado por: Barnuevo (2025)

**Figura 9**

Diagrama de la arquitectura de la plataforma Galápagos DataLens



Elaborado por: Barnuevo (2025)

Se realizaron diversas pruebas en cuanto a la configuración y gráfica durante el desarrollo de la Plataforma Web para la Gestión de Datos Estadísticos sobre la Fauna de las Galápagos. En la Figura 10 se presenta la primera interfaz de Prototipo de las *especies en las islas*, lo que

ofrece una vista general de la diversidad biológica.

Las Figuras 11 y 12 ilustran la interfaz principal del sistema, donde se encuentran secciones como datos generales, conservación, hábitat, estadísticas y principales amenazas, dispuestas de manera accesible e intuitiva para el usuario. Finalmente, la Figura 13 muestra un ejemplo de la página de gestión, diseñada para administrar investigadores, un posible conteo y control de ellos mismos ya que son los principales gestores de información. Estos prototipos fueron fundamentales como pruebas visuales y funcionales en el enfoque metodológico, facilitando la validación de la disposición de los elementos y la experiencia del usuario antes de la implementación final de la plataforma.

### Figura 10

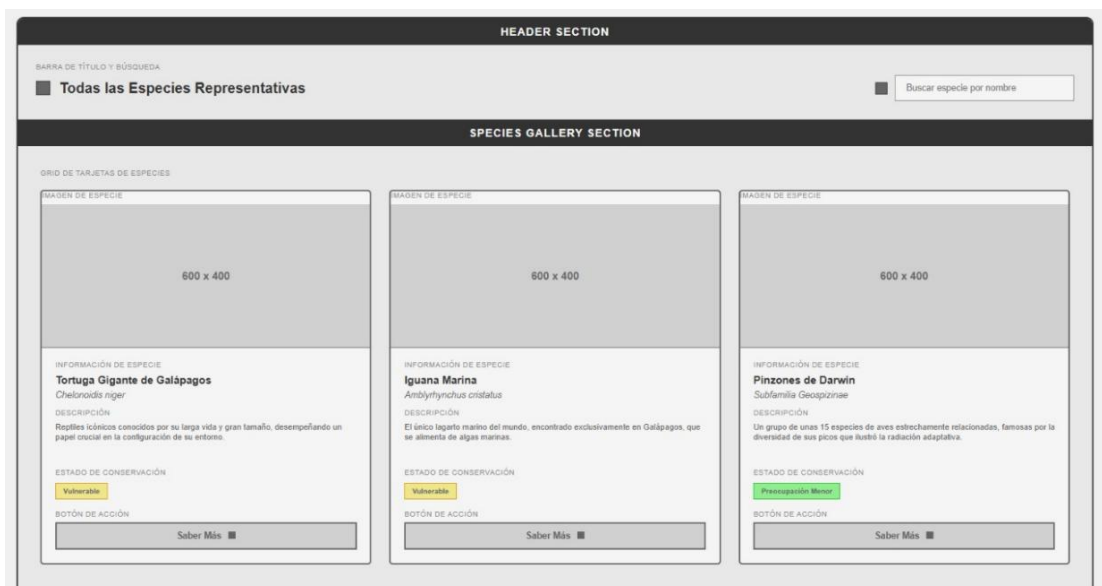
#### *Interfaz de Prototipo de especies en islas*



**Elaborado por:** Barnuevo (2025)

Figura 11

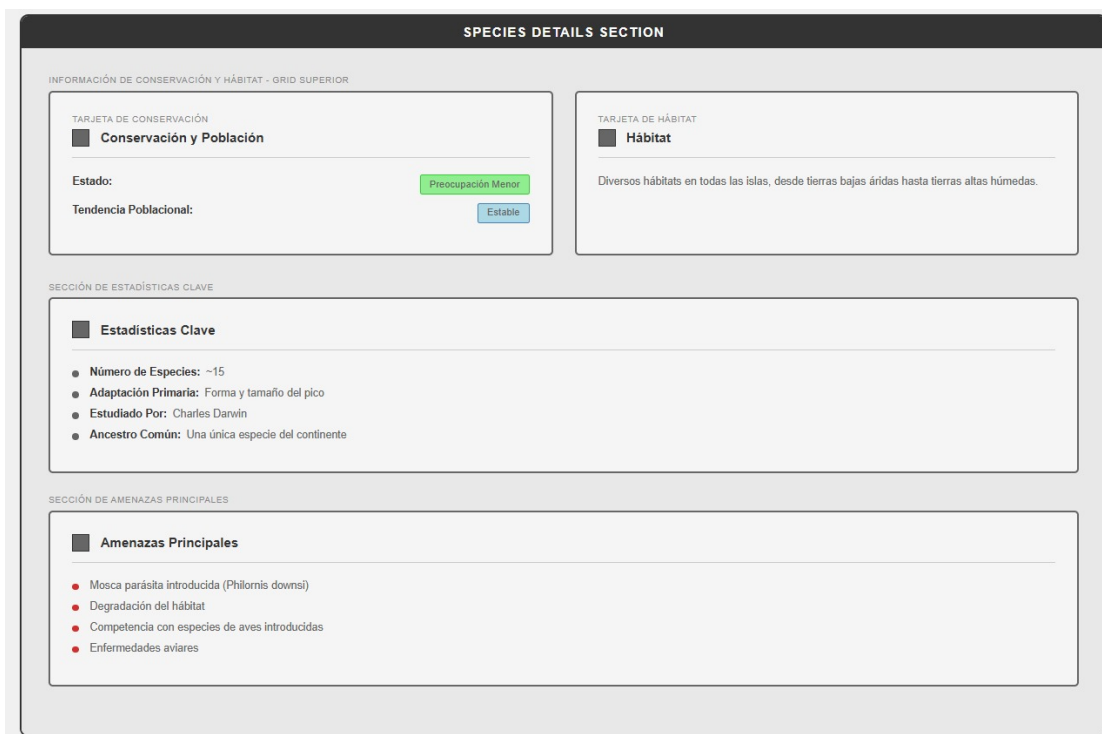
*Prototipado del Interfaz principal del sistema*



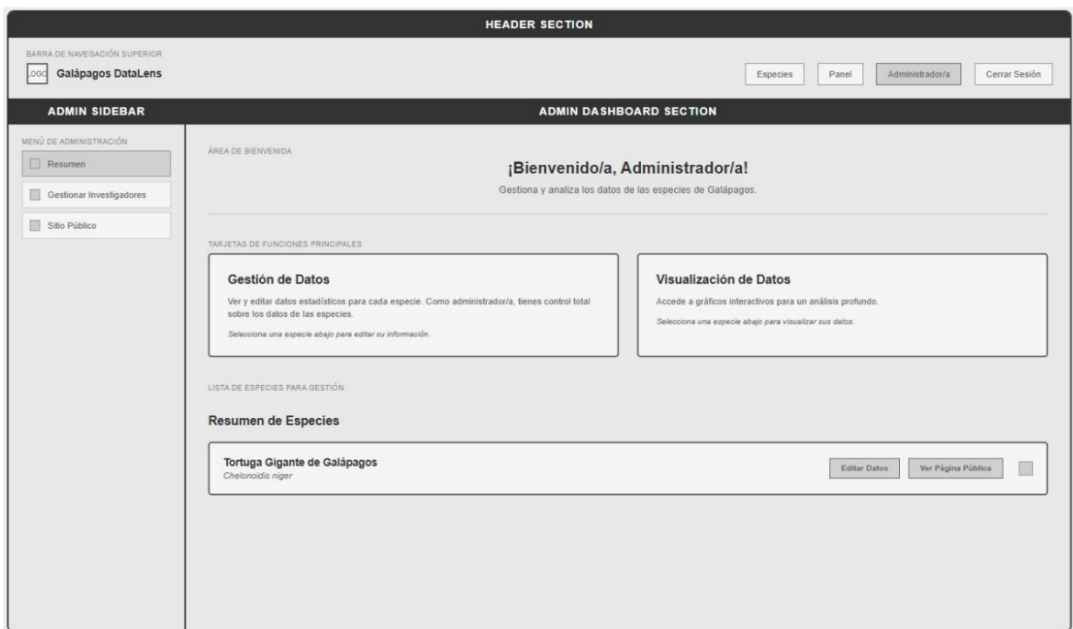
Elaborado por: Barnuevo (2025)

Figura 12

*Ejemplo de interfaz con información de especies*



Elaborado por: Barnuevo (2025)

**Figura 13***Ejemplo de interfaz de administrador de usuarios permitidos***Elaborado por:** Barnuevo (2025)**3.2.4. Fase 4: Integración y validación.**

- **Integración de componentes:**

La integración de todos los componentes desarrollados en las etapas previas es importante de modo que se asegure el funcionamiento armónico como una sola plataforma. De esta manera se puede verificar que los módulos de diversa índole: scripts de datos, modelos analíticos, base de datos, frontend, se comunican correctamente y cumplen con el flujo de trabajo esperado.

En primer lugar, se integró el pipeline de datos continuo con la base de datos en la nube. Se configuró un entorno de ejecución, en este caso un servidor ligero o función en la nube, para agendar la ejecución periódica de los scripts de web scraping y limpieza. Por ejemplo, mediante un cron job diario, la plataforma descarga nuevas observaciones de las fuentes de biodiversidad, las limpia con las rutinas de Pandas y actualiza la base Firestore. Para evitar interrumpir las operaciones en vivo, se adoptó una estrategia de integración gradual: los nuevos datos se escriben en colecciones temporales y, tras validación, se fusionan con la colección principal de especies. Este mecanismo asegura que la plataforma siempre presente datos verificados y minimiza posibles inconsistencias o duplicados residuales.

Simultáneamente, se integraron los algoritmos de minería al flujo de la aplicación. Se desarrolló un script maestro que, tras cada actualización significativa de datos (por ejemplo,

incorporación de un nuevo lote de registros), desencadena la re- ejecución de los algoritmos de clustering y la recalibración del modelo de clasificación. Los resultados (asignaciones de clúster, predicciones de riesgo) se almacenan ya sea en la base de datos (p. ej., cada documento de especie incluye un campo con su etiqueta de clúster y probabilidad de pertenecer a una categoría de amenaza más grave) o en archivos de reporte. De esta forma, la lógica analítica quedó acoplada con el sistema: la interfaz puede consultar directamente, por ejemplo, el cluster al que pertenece una especie y mostrarlo en la UI como parte de la ficha informativa, o resaltar especies con alta probabilidad de amenaza. La integración implicó asegurar la consistencia entre los datos y los análisis: se realizaron pruebas donde tras actualizar datos de entrada, se comprobó que los algoritmos recalculen resultados coherentes, por ejemplo, si se añade una nueva especie exclusiva de una isla, se espera que DBSCAN la identifique potencialmente como un outlier o en un cluster distinto.

En cuanto a la integración de la interfaz web con el back-end, se aprovechó la arquitectura serverless de Firestore: la aplicación front-end, una vez desplegada (por ejemplo, en Firebase Hosting o en un servidor web), se conectó directamente a la base de datos mediante las credenciales seguras proporcionadas. Esto simplificó la integración, puesto que no se requirió un servidor de aplicaciones persistente para manejar las consultas ya que el propio Firestore actúa como intermediario. Se probaron exhaustivamente las funcionalidades de la interfaz en conjunto con la base de datos: por ejemplo, al seleccionar una especie en el front-end, se verificó que la consulta a la base retornara los documentos esperados y que el mapa y gráficos se actualizarán correctamente con esos datos. También se integró el módulo de autenticación para que ciertas rutas (como la vista de administración) solo se habilitaran tras iniciar sesión; para ello se utilizó Firebase Auth con autenticación basada en cuentas predefinidas de administrador.

Un aspecto importante de esta fase fue la gestión de la configuración y despliegue. Se preparó un entorno de pruebas donde se volcaron todos los componentes integrados antes de la puesta en producción. Allí se afinaron detalles como las variables de entorno: claves API, IDs de proyecto de Firebase, URLs de servicios y se aseguraron las conexiones. Luego, mediante herramientas de integración continua (CI/CD), se automatizó el despliegue de la última versión estable: cada vez que se actualizaba el código fuente (repositorio Git), el sistema compilaba la aplicación web, ejecutaba pruebas automatizadas y desplegaba en el hosting de la nube. Esta práctica agilizó la iteración y facilitó la colaboración entre las partes de desarrollo de datos y la de front-end.

Finalmente, con la plataforma integrada, se llevó a cabo una prueba integral de extremo a extremo: desde la ingesta de un nuevo registro crudo hasta la visualización de su efecto en la

interfaz. Por ejemplo, se simuló la incorporación de datos de una nueva especie detectada por ABG; el sistema la procesó, agregó a la base de datos y actualizó los análisis, y la interfaz fue capaz de mostrar esa especie en las listas de búsqueda y mapearla correctamente. Los tiempos de actualización resultaron estar dentro de lo aceptable (la actualización completa del dataset y modelos podía realizarse en pocas horas para decenas de miles de registros). Con ello, se confirmó que todos los componentes funcionan en conjunto según lo esperado, logrando así un sistema unificado y listo para validar con usuarios finales.

- **Validación:**

Como paso final se planificó la validación y pruebas del sistema en base al Plan de Pruebas planteado que se puede revisar detalladamente en el Anexo VI, crucial para garantizar que la plataforma cumpla con los objetivos propuestos y funcione correctamente en un entorno real.

El proceso de validación es un elemento fundamental en el desarrollo de sistemas tecnológicos, ya que asegura que la solución planteada sea pertinente, funcional y aplicable a las necesidades reales del contexto.

La validación de la plataforma Galápagos DataLens se realizó a través de la intervención de especialistas en diversas áreas vinculadas a la biodiversidad y su administración (fauna, medio ambiente, agropecuaria, conservación y comunicación), garantizando así un enfoque interdisciplinario que posibilitara el análisis de la herramienta desde diferentes ángulos, se planificó involucrar aproximadamente a quince investigadores a quienes se les entregó una versión funcional, para que interactúen con ella en sus propias tareas.

- **Metodología de Validación**

El procedimiento se basa en métodos anteriores de validación tecnológica utilizados en proyectos de titulación universitaria, que sigue un modelo de cuatro etapas:

- **Diseño del instrumento:** Se creó una encuesta basada en tres dimensiones esenciales: la utilidad, la funcionalidad y la usabilidad de la plataforma.
- **Aplicación a expertos:** se seleccionaron 12 profesionales con experiencia en las áreas de fauna, gestión ambiental, agropecuaria, conservación y comunicación, quienes interactuaron directamente con la plataforma en su entorno de pruebas.
- **Recolección de datos:** después de su experiencia de uso, los participantes llenaron la encuesta a través de Google Forms para validarla.
- **Análisis de resultados:** Se procesaron los datos con base en promedios, frecuencias y porcentajes para determinar las áreas de mejora y fortalezas del sistema.

A través de observación directa y encuestas estructuradas (ver Anexo I. Encuesta de



experiencia y validación a expertos), se recolectó retroalimentación cualitativa y cuantitativa. En particular, la evaluación se centró en cinco aspectos clave:

- **Usabilidad de la plataforma**, si la interfaz es intuitiva, fácil de navegar, y permite a los usuarios obtener la información que buscan sin dificultades,
- **Funcionalidades de búsqueda y filtrado**, que permitan obtener la información de manera oportuna;
- **Visualización y mapa**, si se puede observar la data e interactuar con los mapas,
- **Velocidad y respuesta**, si la plataforma se comporta de manera ágil y responde a los requerimientos del usuario, y
- **Utilidad hacia la investigación**, si la información generada efectivamente apoya las labores de conservación y monitoreo, aportando valor añadido frente a las herramientas tradicionales.

Es importante señalar que la documentación detallada de los resultados de validación se presentará en el Anexo II. No obstante, hasta el punto alcanzado, esta fase ha permitido afinar el sistema gracias a la retroalimentación recibida. Por ejemplo, a partir de comentarios de usuarios, se identificaron pequeñas mejoras en la interfaz (como añadir herramientas de filtrado por taxonomía o mejorar las descripciones de ciertos gráficos) que están siendo incorporadas antes del despliegue final. La participación de los usuarios finales en la validación garantiza la calidad y pertinencia de la plataforma y fortalece su legitimidad y adopción: al haber sido probada en condiciones reales de uso, se incrementa la confianza de las instituciones en adoptarla como herramienta oficial de apoyo a la conservación en las Islas Galápagos.

La fase de validación confirma que Galápagos DataLens cumple con los requerimientos planteados y ofrece una solución tecnológica viable para la integración y análisis de datos de biodiversidad. Se ha podido comprobar en la práctica que una plataforma basada en minería de datos y arquitectura moderna puede facilitar la toma de decisiones en conservación, alineándose con experiencias previas de sistemas ecológicos en cuanto a precisión y usabilidad (Fink et al., 2020; Hampton et al., 2021).

### **3.3. Análisis de resultados.**

Para la validación de la plataforma Galápagos DataLens, se implementó una encuesta virtual dirigida a expertos en las áreas de fauna, gestión ambiental, agropecuaria, comunicación y conservación, cuyos resultados se orientaron a responder las hipótesis planteadas en el proyecto (el instrumento completo puede consultarse en el Anexo I).

Las preguntas fueron elaboradas y justificadas en función de los objetivos de investigación, garantizando que cada dimensión evaluada aportara a la verificación de la pertinencia y

funcionalidad del sistema.

De manera particular, la validación buscó dar respuesta a los siguientes interrogantes:

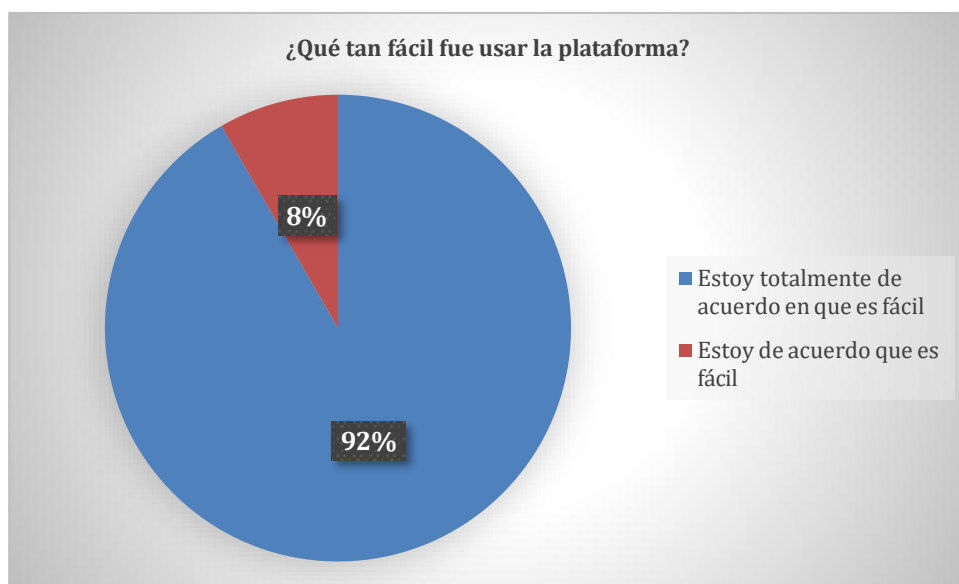
- ¿Qué tan fácil fue usar la plataforma?
- ¿Qué tan útiles fueron las funcionalidades de búsqueda y filtrado de especies e islas?
- ¿Qué tan claras fueron las visualizaciones y el mapa interactivo en la plataforma?
- ¿Qué tan satisfecho está con el rendimiento (velocidad y respuesta) de la plataforma?
- ¿Qué tan útil considera la plataforma para la investigación?
- Comentarios/ Sugerencias.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

#### **Categoría usabilidad de la plataforma.**

**Figura 14**

*Usabilidad*



La Figura 14 muestra los resultados obtenidos en el aspecto de la usabilidad, en relación a la consulta ¿Qué tan fácil fue usar la plataforma? Los resultados indican una tendencia favorable: la mayoría de los especialistas encuestados, en este caso un 92% de ellos, dieron altas calificaciones a la experiencia de uso, lo que sugiere que la interfaz es clara, intuitiva y adecuada para diferentes tipos de profesionales.

Este descubrimiento enfatiza la necesidad de asegurar la accesibilidad y la sencillez en

las herramientas digitales utilizadas en la gestión de la biodiversidad. De acuerdo con Han et al. (2011), el éxito de las plataformas de minería de datos no solo se basa en la solidez de los algoritmos utilizados, sino también en la capacidad del sistema para permitir que usuarios sin experiencia técnica puedan interactuar con los datos y obtener conocimiento valioso.

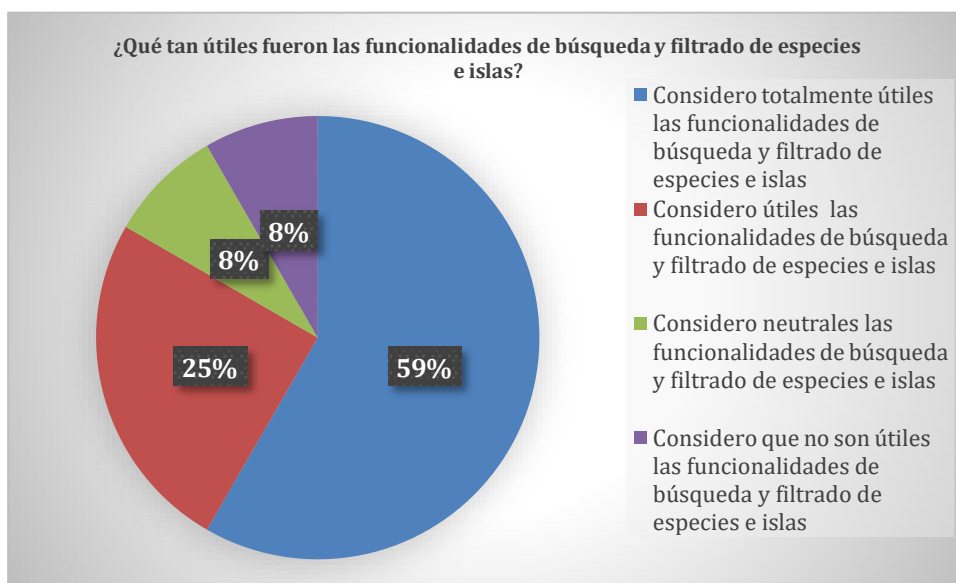
En este sentido, la validación de la usabilidad confirma que Galápagos DataLens cumple con un criterio señalado en el presente trabajo: democratizar el acceso a información procesada y confiable, facilitando que investigadores, técnicos ambientales y actores sociales puedan interpretar la información sin complicaciones.

La comparación de los hallazgos de la encuesta (Figura 14) con las ideas de Han et al. (2011) y el enfoque metodológico empleado sugiere que la plataforma no solo reúne información o datos dispersos, sino que también la presenta al usuario final de forma clara y efectiva, reforzando la relevancia de la herramienta como un medio que mejora la conservación adaptativa y la creación de decisiones fundamentadas en las Islas Galápagos.

### **3.4.1. Categoría funcionalidades de búsqueda y filtrado.**

**Figura 15**

*Funcionalidad*



La Figura 15 presenta la evaluación de la consulta ¿Qué tan útiles fueron las funcionalidades de búsqueda y filtrado de especies e islas?

Los hallazgos evidencian una alta aprobación con un 59%, promedio que se encuentran en los niveles más altos de la escala sumando a ello al 25% de los encuestados. Esto sugiere que la plataforma no solo proporciona una interfaz accesible, sino que también logra su objetivo

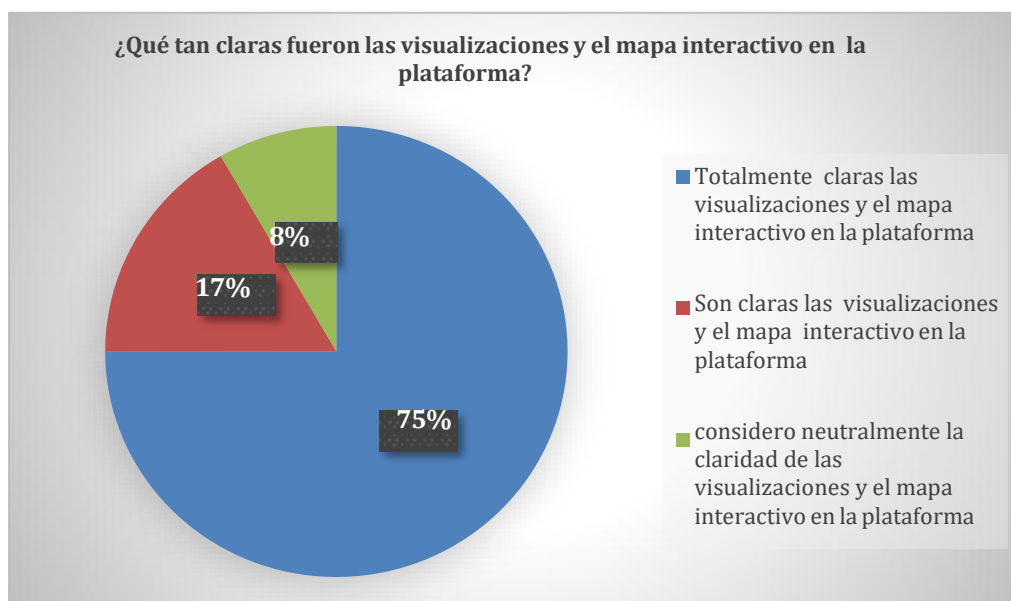
principal de permitir al usuario acceder, organizar y gestionar información de una manera eficiente.

En lo que respecta a la validación tecnológica, la funcionalidad es un elemento importante, al garantizar que los procesos internos del sistema satisfacen realmente las necesidades para las cuales fue creado. Según Guisan et al. (2017), en los sistemas orientados a la conservación, la habilidad de filtrar y analizar datos sobre biodiversidad basados en variables ecológicas resulta esencial para detectar patrones y tomar decisiones estratégicas.

### 3.4.2. Categoría visualización y mapa

**Figura 16**

*Visualización*



La Figura 16 muestra los resultados relacionados con la pregunta ¿Qué tan claras resultaron las visualizaciones y el mapa interactivo en la plataforma? Los datos indican una evaluación favorable, aunque algo más variada que en las categorías previas: si bien una mayoría de los especialistas asignó puntuaciones altas 4 y 5 es decir 75% y 17% respectivamente, también se registraron calificaciones medias 3 que equivalen a un 8%, lo que implica que hay oportunidades para mejorar la representación gráfica de la información.

Este hallazgo puede considerarse como un alto nivel de aceptación, aunque se podría fortalecer a futuro aspectos relacionados con la claridad visual, la inclusión de leyendas y la simplificación de la interfaz gráfica.

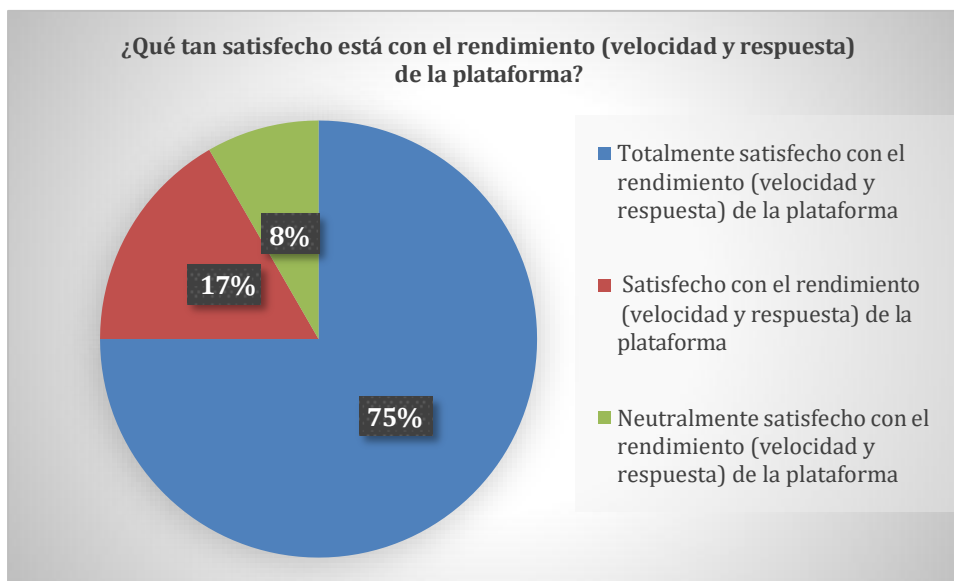
Esta variabilidad demuestra que la visualización de datos, fundamental en los sistemas para analizar la biodiversidad, necesita un diseño que encuentre un balance entre la complejidad

técnica de los datos y su accesibilidad para diversos tipos de usuarios. Como señalan Danielsen et al. (2009), las herramientas digitales de monitoreo no solo deben manejar información de manera rigurosa, sino también exponerla de un modo que facilite la involucración de diferentes actores en los esfuerzos de conservación.

### 3.4.3. Categorías velocidad y respuesta.

**Figura 17**

*Velocidad y respuesta*



La Figura 17 muestra los resultados obtenidos en la dimensión de desempeño, en relación a la pregunta ¿Qué tan satisfecho está con el rendimiento (velocidad y respuesta) de la plataforma?

Los datos indican una tendencia favorable ya que la mayoría de los expertos encuestados dieron calificaciones altas a su experiencia de uso en un 75% como Totalmente satisfechos y 17% como Satisfechos, aunque se observaron evaluaciones intermedias de un 8% que lo consideran Neutral. Esto sugiere que el sistema funciona adecuadamente y que probablemente al tratarse de una plataforma que maneja estadísticas, pocos investigadores no perciben la velocidad como un aspecto fundamental, aunque si se requiere que los datos sean confiables

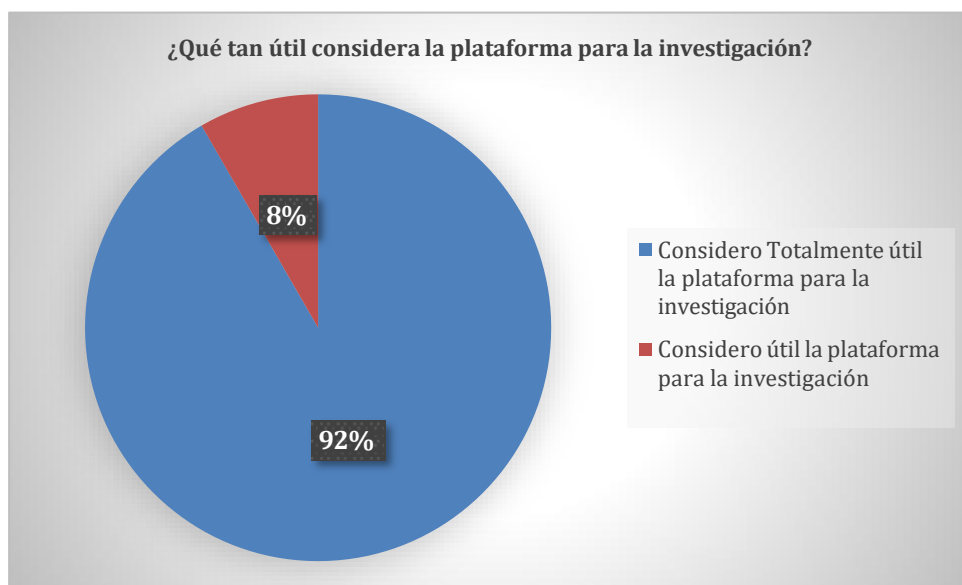
Este descubrimiento está vinculado a la necesidad permanente de asegurar la eficacia operativa en herramientas digitales destinadas a la conservación. Según Han et al. (2011), el éxito de las plataformas de análisis de datos no solo depende de la fortaleza de los algoritmos, sino también de la habilidad del sistema para manejar grandes cantidades de información de forma rápida y fiable, garantizando que los usuarios obtengan resultados precisos y a tiempo.

Este resultado se puede entender como una fuerte aceptación, considerando permanentemente la necesidad de la optimización de los tiempos de carga, la estabilidad del servidor y la capacidad de respuesta frente a múltiples consultas al mismo tiempo.

### 3.3.4. Categoría utilidad hacia la investigación

**Figura 18**

*Utilidad*



La Figura 18 muestra los resultados obtenidos en el área de utilidad para la investigación, que corresponde a la pregunta ¿Qué tan útil considera usted la plataforma para la investigación?

Los resultados indican una tendencia muy positiva, la mayoría de los especialistas, es decir un 92% de los encuestados, otorgaron las calificaciones más elevadas en la escala lo que demuestra que la plataforma es un recurso valioso y relevante para la labor científica y académica. Este resultado se vincula con la necesidad de asegurar que las herramientas digitales no solo se encarguen de procesar y organizar información, sino que también influyan de manera significativa en los procesos de creación de conocimiento y en la toma de decisiones.

Tal como indican Guzmán et al. (2021), uno de los principales desafíos para la conservación en las Galápagos es precisamente la dispersión de la información científica y la urgencia de contar con sistemas que integren datos de forma eficiente. En este sentido, la validación de la utilidad investigativa confirma que Galápagos DataLens cumple con el criterio fundamental de consolidar datos dispersos en una plataforma única que facilite el acceso, el análisis y la producción de conocimiento científico.

Así, investigadores, especialistas medioambientales y otros grupos sociales pueden

acceder a información confiable y procesada sin complicaciones técnicas. La comparación de los resultados de la encuesta (Figura 18) con las ideas de Guzmán et al. (2021) y la propuesta metodológica del presente trabajo, permite concluir que la plataforma organiza y centraliza información sobre biodiversidad y la transforma en recursos clave para la investigación práctica y la conservación. Por tanto, se refuerza la relevancia de la herramienta como un medio para la investigación, la educación y la gestión adaptativa en las Islas.

### 3.4. Plan de Validación

#### **Aplicación de minería de datos a través de una plataforma web para la visualización y análisis de especies en las Islas Galápagos-Ecuador**

##### **Índice de contenido**

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| 1. Introducción .....                                | 4  |
| 1.1. Propósito .....                                 | 4  |
| 1.2. Alcance .....                                   | 4  |
| 1.3. Objetivos.....                                  | 4  |
| 2. Metodología implementada .....                    | 5  |
| 2.1. Enfoque metodológico .....                      | 5  |
| 2.2. Perfil de los participantes .....               | 5  |
| 2.3. Instrumento de evaluación .....                 | 6  |
| 2.4. Procedimiento de validación .....               | 7  |
| 3. Criterios de evaluación.....                      | 7  |
| 3.1. Usabilidad de la Plataforma .....               | 8  |
| 3.2. Funcionalidades de Búsqueda y Filtrado.....     | 10 |
| 3.3. Visualización de Datos y Mapa Interactivo ..... | 12 |
| 3.4. Velocidad y Capacidad de Respuesta.....         | 15 |
| 3.5. Utilidad para la Investigación .....            | 17 |
| 4. Análisis de Resultados .....                      | 19 |
| 4.1. Fortalezas Identificadas .....                  | 19 |
| 4. 2. Oportunidades de mejora .....                  | 21 |
| 5. Conclusiones Generales .....                      | 24 |
| 1. Usabilidad alta y consistente.....                | 24 |
| 2. Búsqueda y filtrado útiles .....                  | 24 |
| 3. Visualizaciones óptimas con ajustes menores.....  | 24 |
| 4. Desempeño robusto.....                            | 24 |

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| 5. Alta utilidad para la investigación.....  | 25 |
| 6. Pertinencia del enfoque metodológico..... | 25 |
| 7. Se recomienda priorizar .....             | 25 |
| 8. Proyección de ampliaciones.....           | 25 |
| 9. Sostenibilidad de datos .....             | 25 |
| 10. Accesibilidad e inclusión .....          | 25 |
| 11. Gobernanza y seguridad .....             | 25 |
| 6. Escalabilidad.....                        | 25 |
| 7. Recomendaciones .....                     | 26 |
| 7.1. Mejoras técnicas.....                   | 26 |
| 7.2. Recomendaciones cualitativas.....       | 26 |
| 8. ANEXOS.....                               | 27 |
| 8.1. Estructura del instrumento .....        | 27 |
| 8.2. Gráficas de resultados completos .....  | 27 |
| 8.3. Metodología de aplicación .....         | 28 |
| 1. Introducción                              |    |
| 1.1. Propósito                               |    |

El presente documento muestra el plan de pruebas y validación puesta en práctica, junto con los resultados obtenidos, correspondiente a la plataforma web Galápagos DataLens, destinada a la visualización y análisis de datos de especies de las Islas Galápagos, Ecuador; integrando la minería de datos soportada en una web interactiva.

La validación tiene como finalidad demostrar que la solución desarrollada, en su conjunto, satisface los requerimientos funcionales y de usabilidad establecidos, así como el aporte se realiza al análisis, la ciencia y la gestión de la biodiversidad del entorno de las Islas Galápagos.

#### 1.2. Alcance

El plan de pruebas abarca cinco criterios principales de evaluación de la plataforma:

- Usabilidad de la interfaz
- Funcionalidades de búsqueda y filtrado de especies e islas
- Claridad de las visualizaciones de datos y del mapa interactivo
- Desempeño en términos de velocidad de carga y capacidad de respuesta
- Utilidad de la plataforma para la investigación.

Estos criterios se alinean con los objetivos del proyecto de titulación, verificando tanto aspectos técnicos como la experiencia de usuario e impacto académico de la herramienta. La



validación se llevó a cabo con especialistas de carácter interdisciplinario, asegurando que la plataforma Galápagos DataLens sea pertinente, funcional y aplicable a las necesidades reales del contexto de conservación en las Islas Galápagos.

### 1.3. Objetivos

- Comprobar el cumplimiento de los requerimientos funcionales y de usabilidad de la plataforma.
- Evaluar la experiencia de usuario en interacción con las herramientas de la plataforma: búsqueda, filtros, visualización gráfica, mapas, etc.
- Validar el rendimiento técnico: tiempos de carga y respuesta a consultas bajo condiciones reales de uso.
- Determinar la utilidad y pertinencia de la plataforma como apoyo a la investigación científica y la toma de decisiones en conservación.
- Identificar fortalezas y áreas de mejora sobre el desarrollo de la plataforma.

Por consiguiente, se pretende validar que Galápagos DataLens ayuda a democratizar el acceso a datos ecológicos procesados y verificados a disposición de los investigadores, los gestores ambientales y otros actores sociales, de tal forma que puedan realizar la conservación adaptativa y generar conocimiento sobre las Islas Galápagos.

## 2. Metodología implementada

### 2.1. Enfoque metodológico

Se llevó a cabo una validación basada en una metodología mixta, en la que se combinan técnicas cuantitativas y cualitativas. En concreto, se diseñó y se aplicó un cuestionario tipo encuesta estructurado en el que se recogen valoraciones numéricas, mediante escalas tipo Likert, así como comentarios abiertos emitidos por los usuarios expertos.

Por medio de este procedimiento podemos triangular los resultados encontrados: los datos cuantitativos entregan medidas objetivas del comportamiento de la plataforma en relación con criterios de consideración, mientras que las observaciones cualitativas ofrecen valoraciones más acordes, sugerencias y contexto de uso real. En base a prácticas recomendadas en proyectos relacionados con innovación tecnológica en la educación ambiental, la combinación de ambos espacios de datos obtenidos para la validación refuerza la fiabilidad de los resultados y permite ofrecer una visión más completa del comportamiento en el sistema.

### 2.2. Perfil de los participantes

La validación se realizó a partir de la intervención de 15 especialistas que fueron

seleccionados de forma intencional, considerando su experiencia en los ámbitos relacionados con la biodiversidad y su gestión. Los participantes son profesionales de la fauna silvestre, la gestión ambiental, la agropecuaria, la conservación y la comunicación. Esta naturaleza interdisciplinaria permitió que la evaluación de Galápagos DataLens se realiza con múltiples visiones, es decir, con aspectos ecológicos, técnicos y comunicativos.

Todos los especialistas acreditaban formación de cuarto nivel y/o amplia experiencia laboral en sus respectivos campos, lo que los vuelve representativos del público objetivo clave de la plataforma (investigadores, docentes universitarios, técnicos ambientales, comunicadores científicos, etc.). La mayoría de ellos son docente-investigadores de universidades locales (p.ej., Universidad Nacional de Loja, Universidad Técnica Particular de Loja), aunque algunos colaboran con ONGs ambientales o iniciativas de conservación independientes. Es importante resumir que fueron usuarios externos al desarrollo del objeto de la evaluación, por lo que sus apreciaciones son a priori objetivas.

### 2.3. Instrumento de evaluación

Se elaboró un cuestionario en línea, construido e implementado a través de Google Forms, como principal instrumento para recoger los datos. El cuestionario comportó un total de seis preguntas fundamentales, de las cuales cinco se correspondían con los criterios de validación establecidos: usabilidad, búsqueda/filtrado, visualización/mapa, velocidad/respuesta, utilidad investigativa, y la sexta permitió recoger un tipo muy útil de información de los participantes, como corresponde a los comentarios abiertos o sugerencias.

Las preguntas cerradas seguían una escala Likert de 5 puntos dentro de la siguiente escala: 1 = Muy baja valoración a 5 = Muy alta para todos los criterios, a excepción de la dimensión de búsqueda/filtrado para la que se definió una escala de 7 puntos a fin de permitir capturar de un modo más preciso la valoración de la utilidad de estas funcionalidades.

En todos los casos, las preguntas del cuestionario fueron elaboradas a partir de los objetivos de investigación de modo que cada una de las dimensiones evaluadas pudiera aportar evidencias relevantes sobre la adecuación y la funcionalidad del sistema. Antes de la implementación final, se validó el instrumento a través de la revisión de contenido mediante una prueba pilotoprevia conducida con 2 usuarios, para validar la claridad de los ítems y el correcto funcionamiento técnico del formulario en línea.

### 2.4. Procedimiento de validación

A cada uno de los expertos se le otorgó acceso a la plataforma Galápagos DataLens dentro de un entorno de pruebas controlado, además de una breve guía de las tareas a realizar, por ejemplo: buscar determinada especie, aplicar filtros de isla, visualizar gráficos y mapas,

exportar datos, etc.

Los especialistas interactuaron libremente con la plataforma, durante aproximadamente 30 minutos, simulando así escenarios de uso real. A continuación, se les pidió que rellenaran la encuesta de validación de manera independiente. La recolección de datos se realizó de forma anónima a través del formulario electrónico, con la finalidad de obtener respuestas sinceras y basadas en la experiencia de uso.

Una vez finalizada la recolección de datos se prosiguió con el análisis de resultados de la recolección donde se aplicaron métodos descriptivos: se calcularon promedios, frecuencias relativas (%) y distribuciones de respuestas en cada criterio, requiriendo herramientas de hoja de cálculo.

Los resultados cuantitativos se presentaron mediante gráficos para facilitar la interpretación y se revisaron las sugerencias cualitativas en busca de recurrencias como también sugerencias concretas.

### 3. Criterios de evaluación

Se establecieron cinco criterios de validación para evaluar integralmente la plataforma Galápagos DataLens, alineados con los objetivos y la pregunta de investigación del proyecto:

- **Usabilidad de la plataforma:** Considerando aspectos concernientes a: Facilidad de uso del interfaz o de la herramienta, navegación intuitiva, claridad de la información obtenida y forma general de interacción, a partir de la experiencia del usuario al utilizar el entorno web.
- **Funcionalidades de búsqueda y filtrado:** Utilidad de las funcionalidades para buscar especies e islas; funcionalidad para aplicar filtros sobre la información obtenida; grado de eficacia en cuanto al acceso a la información y para organizar la información.
- **Visualización y mapa interactivo:** Calidad y claridad de las visualizaciones gráficas entre ellas: gráficos de islas, especies, mapas de calor, etc., y del mapa interactivo del archipiélago; si las representaciones visuales son claras y útiles, así como en el aspecto estético.
- **Velocidad y capacidad de respuesta:** Funcionamiento del sistema en cuanto a los tiempos de carga, facilidad de uso y tiempos de respuesta a las peticiones del usuario (búsquedas, filtrados, generación de gráficos, etc.); en general, si la plataforma responde de manera rápida o lenta.
- **Utilidad para la investigación:** Utilidad que percibe el usuario que brinda la plataforma en cuanto a lo que puede proveerle para la investigación científica y a la toma de decisiones en conservación; grado en el que las funcionalidades y la información que proporciona el

sistema son útiles para la actividad académica, profesional del usuario.

Cada uno de estos criterios fue operacionalizado en la encuesta mediante una pregunta concreta (ver sección 2, Instrumento de evaluación), de forma tal que para cada criterio se expondrán tanto los indicadores tanto cuantitativos en base a las calificaciones Likert, como las observaciones cualitativas extraídas de los comentarios abiertos recogidos de los expertos. A continuación, los resultados de cada criterio, con el objetivo de la prueba correspondiente, la técnica de validación utilizada, los resultados cuantitativos en torno a medias y distribuciones de las respuestas y las observaciones cualitativas más relevantes de los expertos.

### 3.1. Usabilidad de la Plataforma

- **Objetivo de Prueba:** Valorar a qué grado el uso de Galápagos DataLens resulta accesible e intuitivo para un usuario experto, comprobando a partir de la interfaz y la navegación si se logra acceder a las funcionalidades necesarias de forma sencilla. Hay que comprobar que usuarios sin conocimientos técnicos avanzados puedan interactuar con la plataforma, siendo capaz de extraer la información deseada de forma independiente en la medida de lo posible.
- **Técnica utilizada:** Se pidió a los participantes que exploren la plataforma realizando tareas básicas tales como: registro de usuario, inicio de sesión, búsqueda de una especie específica, revisión de la información contenida en diferentes secciones, y que finalmente puntúen la facilidad de uso por vía de la encuesta (pregunta Likert de 1 a 5, donde 1 = Muy difícil de usar; 5 = Muy fácil de usar). Complementariamente, mediante la pregunta abierta final se registraron observaciones sobre la experiencia de uso y sobre sugerencias vinculadas a la interfaz.
- **Resultados Cuantitativos:** Los expertos emitieron calificaciones altamente favorables en el criterio de usabilidad. Así, el 92% de los sujetos encuestados lo valoraron entre los niveles más altos de la escala (valores 5, "Muy fácil") y el porcentaje restante (8%) seleccionó un valor 4 ("Fácil"). En este sentido, ninguno de los participantes realizó selecciones para calificaciones bajas en usabilidad (los valores 1-3 no fueron seleccionados). La calificación media alcanzó un 4,9/5 indicando una experiencia de usuario muy satisfecha en cuanto a la intuición y el diseño amigable. Con esta obtención podemos concluir que la interfaz es clara, intuitiva y adecuada para tipos diferentes de profesionales, cumpliendo así la meta de reducir las barreras de uso técnico.
- **Observaciones Cualitativas:** La impresión positiva del uso de la aplicación también está presente en los comentarios de los expertos; uno de ellos indicaba que "esta aplicación es fácil de usar y es interesante por la información que tiene", tanto por lo

fácil que era navegar por ella como por el valor del contenido que ofrece. Algunos expertos también mostraron su conformidad con el uso lógico de las secciones y con lo fácil que resulta encontrar los datos de una especie o isla determinada. No observaron confusiones importantes en la interacción, aunque sí se dieron algunos comentarios que sugerían aún mejorar la experiencia de uso, algunos de ellos fueron: incluir un “breve tutorial o video introductorio” antes de acceder a las funciones para así contextualizar el propósito de la aplicación y guiar al usuario primerizo. Esta recomendación indica que, si bien la plataforma es intuitiva, ofrecer recursos de ayuda adicionales podría hacerla más accesible para públicos más amplios o usuarios nuevos.

La alta puntuación en términos de usabilidad sugiere que Galápagos DataLens presenta un diseño centrado en los usuarios, aspecto determinante, puesto que, conforme a lo que sostienen Han et al. (2011), el éxito de las plataformas para la minería de datos no solamente es resultado de contar con algoritmos potentes, sino también de la habilidad del sistema para permitir que usuarios con poca experiencia técnica puedan manejar los datos y extraer de ellos conocimiento de importancia (Han et al., 2011).

Este perfil evidencia una de las principales fuerzas de la herramienta: la misma logra en efecto democratizar el acceso a la información científica, de manera que investigadores, técnicos ambientales y otros actores involucrados fueren la lectura a los datos de biodiversidad sin mayor complicación.

### 3.2. Funcionalidades de Búsqueda y Filtrado

- **Objetivo de Prueba:** Verificar el rendimiento y la utilidad de las funcionalidades de búsqueda y de filtrado de islas de la aplicación. En este sentido, se quería comprobar el acceso que pueden tener los usuarios a la información de una determinada especie de interés y tener la posibilidad de filtrar la visualización de datos respecto a la ubicación geográfica, que se materializa en el objetivo esencial que tenía la aplicación, organizando la información proveniente de datos diversos de la forma más dinámica posible.
- **Técnica utilizada:** En el transcurso de las pruebas, a los/as expertos/as se les pidió que hicieran uso de la barra de búsqueda para encontrar especies concretas, mediante el nombre común o científico y que aplicaran los filtros de las islas para la visualización de datos. Posteriormente, se incluyó en la encuesta una pregunta del tipo Likert de 7 puntos preguntando "¿qué tan útiles le parecieron las funcionalidades de búsqueda de especies y filtrado por islas?" utilizando la siguiente escala: 1 = nada útiles, 7 = muy útiles. Esta escala de respuesta más amplia serviría para recoger los matices de la

percepción de utilidades. Los participantes expertos también podían dejar sus apreciaciones o dificultades específicas en el campo abierto de sugerencias.

- **Resultados Cuantitativos:** Los resultados muestran por un lado que las funcionalidades fueron muy bien valoradas por los expertos, pues un 59% de los encuestados otorgó la puntuación máxima (7/7 en la escala), y un 25% adicional calificó este con 6/7, lo que indica que al menos el 84% del total de participantes lo consideraron altamente satisfactorio en su uso de la plataforma.

Se constataron algunas puntuaciones medias aisladas: un experto (8%) calificó 5/7 y un experto (8%) otorgó 3/7, lo que indicaría una utilidad media mínima o algunas reservas específicas para los forasteros de la captura de información. La media aritmética de este criterio cuantitativo fue de 6.3/7, confirmando por tanto una percepción positiva general.

Estos resultados sugieren que la plataforma no solo tiene carácter atractivo de interfaz de uso, sino que ha logrado alcanzar su objetivo básico: permitir el acceso, la realización de búsquedas y la obtención del manejo de información de biodiversidad.

De la puntuación cuantitativa muy elevada se deriva que los mecanismos de búsqueda a partir de textos y de los filtros geográficos por islas coinciden con las necesidades de estrictos tratamientos informativos para los expertos participantes. Como argumentación de esto, varios participantes encontraron con facilidad datos de determinadas especies endémicas y generaron vistas particulares por islas o grupos de islas, lo que apoya la eficacia del sistema.

- **Resultados Cualitativos:** En las respuestas abiertas, no aparecieron quejas relevantes ni dificultades respecto de la búsqueda o del filtrado, coincidiendo, por tanto, con las calificaciones mayoritariamente altas. Ningún/a experto/a llegó a decir que estaba confundido/a con estas herramientas, por no hablar de que se mencionó implícitamente su utilidad a través de la ausencia de comentarios negativos en este sentido.

Ello implica que las funcionalidades de búsqueda y de filtrado están bien orientadas y ajustadas a las expectativas. Un participante, por ejemplo, sugirió que se incluyeran encabezados más descriptivos en los resultados de búsqueda de las especies, en su comentario sugería: encabezar los gráficos con el nombre completo de la especie y con el rango temporal de los datos, para facilitar la comprensión, lo que revela más bien ajustes menores que problemas fundamentales.

En definitiva, la valoración cualitativa también refuerza que la plataforma permite a los

usuarios encontrar e interpretar datos de forma fluida, algo que genera el interés necesario pues en sistemas orientados a la conservación se tiene una necesidad urgente de filtrar y analizar datos de biodiversidad en función de variables ecológicas para encontrar patrones y definir decisiones estratégicas (Guisan et al., 2017). En este sentido, Galápagos DataLens parece otorgar respuestas y proponer alternativas en la forma de manejar información para la conservación y para la investigación.

### 3.3. Visualización de Datos y Mapa Interactivo

- **Objetivo de Prueba:** Los especialistas tuvieron que evaluar la claridad y eficacia de las imágenes ofrecidas por la plataforma, donde se consideró también los gráficos estadísticos: tendencias de poblaciones, comparativas entre especies, etc. y el mapa interactivo del archipiélago que representa la distribución geográfica y los mapas de calor de los registros. Es decir, se evaluó si la visualización gráfica de los contenidos transmitía bien la Información científica de interés, así como si el mapa es entendible al visualizar datos de tipo espacial.

- **Técnica utilizada:** los expertos revisaron distintos gráficos generados de la plataforma: gráficos de líneas, pie charts, etc., según la disponibilidad y utilizaron el mapa interactivo para ver la distribución en al menos una especie en las islas.

En la encuesta, calificaron “¿Qué tan claras le resultaron las visualizaciones y el mapa interactivo de la plataforma?” (1 = Muy poco claras/confusas, 5 = Muy claras). Igualmente se instó a que escribieran comentarios sobre qué tan comprensibles y atractivas consideraron las visualizaciones, o si tuvieron problemas al interpretar algún gráfico o el mapa.

- **Resultados Cuantitativos:** Los datos recogidos indican una evaluación generalmente favorable de las visualizaciones, aunque con mayor variabilidad que en los criterios previos. La mayoría de los especialistas asignó puntuaciones altas: un 75% otorgó la calificación de 5 (“Muy claras”) y un 17% adicional calificó con 4 (“Claros”). En conjunto, un 92% consideró claros las visualizaciones. Sin embargo, se registró un caso (8% de los encuestados) que dio una puntuación intermedia de 3, lo que implica que para ese usuario las visualizaciones fueron solo moderadamente claras. No hubo calificaciones de 1 o 2 (muy confusas), lo cual es positivo.

El promedio de este criterio fue 4.7/5, evidenciando una aceptación alta pero con espacio para pequeños mejoramientos. En resumen, aunque la gran mayoría de expertos percibe las gráficas y mapas de DataLens como comprensibles y bien logrados, existe al menos una opinión que sugiere oportunidades de optimización en

la forma de presentar la información visual.

- **Observaciones Cualitativas:** Los participantes aportaron observaciones importantes relativas a la visualización. Por un lado, gran parte de los participantes consideraron útil disponer de gráficos interactivos y de mapas integrados, entendiendo que son una manera más fácil de analizar los datos de biodiversidad. Por el otro, también aparecieron sugerencias concretas para potenciar la claridad visual y de experiencia de usuario en este mismo punto:
  - **Leyendas y etiquetas:** Varios expertos solicitaron una leyenda tanto en el mapa interactivo como en los gráficos complejos. Un participante indicó que se debería dejar claro "la línea verde y la lila que se despliega en el mapa". Esto pensando en personas no familiarizadas con la convención de colores. Se propuso también que, al pasar el ratón por encima de un punto del mapa de calor, aparezca una etiqueta o cuadro emergente con el nombre de personaje y valor exacto, para que resulte más sencillo identificar cada uno de los personajes y el dato que le corresponde.
  - **Diferenciación visual:** Se indicó que, al realizar comparaciones entre varias especies dentro de un mismo gráfico, siempre resulta útil distinguir las líneas o las barras con colores más contrastantes o estilos diferentes, y evitar así confusiones. También se propuso utilizar colores más opacos en los mapas de calor.
  - **Contenido multimedia y fotografías:** Hubo diferentes participantes que apuntaron que la plataforma podría ser más atractiva visualmente; lo que, en concreto, explicaron al menos dos sugerencias independientes sería incluir imágenes reales de las especies dentro de la interfaz (p.ej., fotografías de referencia cuando se presenta la ficha de una especie o junto a los gráficos) para reforzar la presentación visual y la contextualización de los datos. De esta manera haría más amena y didáctica la experiencia, sobre todo en el caso de los usuarios no expertos
  - **Elementos de ayuda:** Junto a las leyendas se considerará la idea de incluir un video explicativo o infografías que guíen en la interpretación de los gráficos, de tal manera que el usuario comprenda el significado de las visualizaciones: ejes, unidades, simbología, etc., y la finalidad de la plataforma en sentido general.

Estas observaciones cualitativas, obtenidas de forma consensuada, muestran que el diseño de las visualizaciones de Galápagos DataLens que es bien aceptado, aunque hay aspectos de claridad y de contenido gráfico mejorables, permitiendo optimizar su poder de



comunicación.

La mínima variación que se encontró (un caso de valoración de la visualización de Galápagos DataLens valorada como neutral) hace precisamente nacer esas oportunidades de mejora percibidas.

Y es que este hallazgo va en línea con lo afirmado por la literatura, pues así lo indican Danielsen et al. (2009): las herramientas digitales de monitoreo ambiental no solo deben saber manejar información rigurosa, sino que deben tener un diseño que valide esa información de un modo accesible que permita la involucración de múltiples actores en la conservación (Danielsen et al., 2009). Por eso, mejorar detalles como la incorporación de leyendas, el uso de colores o imágenes y la provisión de ayudas visuales hará posible que la plataforma transmita la información ecológica tanto a expertos como a novatos

### 3.4. Velocidad y Capacidad de Respuesta

- **Objetivo de Prueba:** Evaluar el rendimiento técnico de la plataforma, centrándose en la rapidez y estabilidad al realizar las operaciones comunes. Este criterio examina si los tiempos de carga de páginas, la producción de gráficos, la respuesta del mapa interactivo y la descarga de datos son excelentes desde la visión del usuario. Como Galápagos DataLens trabaja con cifras enormes, es decir estadísticas muchas veces de varias especies a través de décadas, es importante examinar que el sistema ejecuta tales cargas sin retardos relevantes.
- **Técnica utilizada:** Durante la unidad de pruebas, se solicitó a los voluntarios que tomaran en cuenta la rapidez de la plataforma: cuántos segundos tardaban en mostrar resultados las consultas, si la oportunidad de uso del mapa era correcta o si había tiempo muerto, y si las descargas de reportería/CSV se realizaban sin problemas. En la encuesta, podían valorar "¿Qué tan satisfecho está con el rendimiento (rapidez y respuesta) de la plataforma?"; a partir de una escala que iba del 1 al 5 (1 = Muy insatisfecho/lenta, 5 = Muy satisfecho/rápida). Además, tenían la posibilidad de escribir en texto cual podría haber sido el problema de rendimiento observado (p. ej., lentitud, errores de carga), o en caso contrario señalaban si el rendimiento les había resultado muy bueno.
- **Resultados Cuantitativos:** La plataforma ha alcanzado una calificación positiva en lo que respecta a la rapidez, muy similar al nivel establecido en el de la visualización. Aproximadamente el 75% de los expertos se han declarado "muy satisfechos" con la rapidez y con la capacidad de respuesta, habiendo escogido la máxima opción de 5/5. Otro 17% de los participantes han seleccionado la opción de 4/5 ("Satisfecho") que

indica también una conformidad aunque con una ligera disconformidad todavía pendiente. Únicamente un participante (8% de ellos) ha marcado la categoría neutral 3/5, no habiendo existido, en ningún caso, manifestaciones de insatisfacción (0% en las opciones 1 o 2). La calificación promedio de este criterio fue de 4.7/5, lo cual pone de manifiesto que, de forma general, los expertos perciben al sistema como rápido y con capacidad de respuesta. Dicho de otra forma, los usuarios no han tenido problemas de espera ni trabas en el uso de las diferentes funcionalidades; incluso en la ejecución de consultas de datos que se pueden considerar relativamente pesadas, la plataforma reacciona en tiempos razonables para la mayoría.

Esta ejecución positiva sugiere que la arquitectura y/o las optimizaciones técnicas, por ejemplo, la carga diferida de datos, las consultas optimizadas, el cacheo de resultados, aplicadas en la plataforma pueden resultar efectivas para conseguir una buena experiencia de usuario.

- **Observaciones Cualitativas:** Los comentarios abiertos sugieren los indicadores cuantitativos: en relación a la lentitud y errores sistémicos no hubo quejas. De hecho, algunas respuestas designan su satisfacción por ello: “Muy bien, [la plataforma] es rápida” o no se lamentaban por este punto ( “Ninguna [sugerencia]” en lo referente a ataque). Esto indicaría, desde el punto de vista del usuario, que Galápagos DataLens funciona adecuadamente. Sin embargo, en medio de las sugerencias generales aparecieron un par de notas que tienen relación indirecta con la ejecución/funcionalidad: un especialista observa que la descarga de características CSV de algunas categorías no se realiza correctamente, lo cual apunta a un posible fallo técnico puntual, posiblemente de la red de internet, antes que cuestión de la velocidad general.

También se volvió a hacer notar la necesidad de mantener la base de datos, con la información de la plataforma “...cada día alimentarla o actualizarla”, lo cual es interesante a considerar en la percepción de eficacia/fiabilidad durante un período determinado.

En palabras de los expertos, valoraron de forma positiva la velocidad y la capacidad de respuesta de la plataforma, considerando que se ajusta a parámetros de rendimiento aceptables. Este hallazgo coincide con recomendaciones teóricas y aseguran que las plataformas de análisis de datos no sólo dependen de la fuerza de sus algoritmos, sino que también pueden procesar sistemas voluminosos de información con rapidez y bienestar, de tal forma que los usuarios obtengan resultados fiables en el tiempo justo

(Han et al., 2011). En atención a que Galápagos DataLens hace factibles tiempos de carga bajos, operaciones exentas de errores y su estabilidad bajo una carga de muchas consultas, se está cumpliendo con ese criterio de eficacia. Sin embargo, la mejora continua en este aspecto es de gran importancia; optimización de los tiempos de respuesta, la corrección de errores pequeños como la descarga de ciertos datos y tensión de la plataforma bajo cargas extensas o bajo la concurrencia de usos son recomendaciones a tener en cuenta para conservar un buen rendimiento en el futuro.

### 3.5. Utilidad para la Investigación

- **Objetivo de Prueba:** Determinar el valor de uso que la plataforma aporta a los investigadores y expertos en biodiversidad, es decir, hasta qué punto Galápagos DataLens puede ser utilizada como herramienta para la producción de conocimiento científico, apoyar estudios en ecológicos y facilitar la toma de decisiones en conservación.
- Esta decisión persigue validar el hecho de que integrar datos separados de otras especies en un contexto único aporta una utilidad a la gestión ambiental en Galápagos.
- **Técnica utilizada:** Tras utilizar la plataforma, a los especialistas se les preguntó en la encuesta “¿Qué tan útil considera usted la plataforma para la investigación?” con opciones Likert (valores del 1 al 5, 1 = nada útil, 5 = muy útil). Esta cuestión quiere dar cuenta de la percepción general del usuario apreciado para la utilidad de la consola en su trabajo académico/profesional. Además, se trató de, a partir de las sugerencias abiertas, mostrar de forma indirecta qué características adicionales les gustaría y/o qué limitaciones considera que podrían perjudicar su uso investigativo, por ejemplo, limitaciones de alcance de los datos, de exportabilidad, etc.
- **Resultados Cuantitativos:** Este criterio obtuvo una de las calificaciones más elevadas en la validación, indicando que los expertos atribuyen un gran valor a Galápagos DataLens con fines investigativos. La inmensa mayoría de los participantes, aproximadamente un 92% asignaron la calificación máxima, 5/5 (Muy útil), a la plataforma como herramienta para la investigación, mientras que el sector restante (8%) optó por una calificación intermedia, 4/5 (Útil). No hubo evaluaciones por debajo de 4, es decir, el 100% de los encuestados la considera útil en cualquier grado, y de hecho casi todos en grado máximo. La calificación media fue 4.9/5, lo que refuerza una tendencia, también muy positiva.

En la práctica, esto refleja que los especialistas piensan que la plataforma incorpora información y funcionalidades muy útiles en el sentido de complementar o mejorar las

vías tradicionales de consulta de datos de biodiversidad. Es decir, Galápagos DataLens desempeña un papel importante a la hora de homogenizar, sintetizar, mostrar datos ecológicos que en su momento se encontraban dispersos y/o eran difíciles de obtener, convirtiéndose así en un recurso importante y apreciado para la actividad científica y de gestión ambiental.

- **Observaciones Cualitativas:** Las palabras de los especialistas destacan y colocan en el contexto que explican esta alta utilidad. Diferentes personas encuestadas indicaron que la plataforma les parece “muy interesante” y adecuada para sus trabajos. Así, por ejemplo, uno de los encuestados argumentó que la herramienta permite la rapidez en la obtención de datos y podría convertirse en la base para estudios más profundos al ofrecer una rápida visión general de las tendencias de las especies y de sus distribuciones. Otro experto propuso expandir el rango de los datos que se integraran en la misma: sugiriendo la inclusión de datos sobre cultivos agrícolas de ciclo corto y perenne que son relevantes en Galápagos en futuras versiones, lo que sugiere que ven potencial de uso no sólo en fauna silvestre sino también en otros ámbitos ecológicos (sugerencia que demuestra cuán flexible puede ser la plataforma para tratar diferentes áreas de investigación).

Por otra parte, la importancia de tener la información actualizada y la importancia de incluir metadatos o referencias bibliográficas a los gráficos e informes generados fue repetitiva, ya que de este modo se garantiza la confianza y trazabilidad de los datos siempre que sean utilizados con fines académicos.

Cabe destacar que las observaciones cualitativas relacionan el uso de Galápagos DataLens con necesidades estratégicas extraídas de la literatura. Como bien indican Guzmán et al. (2021), uno de los principales obstáculos para la conservación de Galápagos ha sido la dispersión de la información científica y la necesidad de contar con sistemas capaces de integrar datos de forma eficiente (Guzmán et al., 2021). Y en este sentido, la validación confirmada establece que Galápagos DataLens es una respuesta más que suficiente para dar respuesta a dicho obstáculo: integra los datos que antes estaban dispersos, y centraliza su acceso, su análisis y su producción de conocimiento científico; los expertos valoraron este hecho dado que ahora pueden conseguir información confidencial y procesada sin tener que invertir mucho tiempo en la búsqueda de ella en múltiples fuentes. Incluso, la plataforma transforma colecciones de datos en recursos clave para investigación práctica y gestión adaptativa, acentuando su significancia como causa para mejorar la toma de decisiones en conservación. Por lo tanto, los resultados indican que Galápagos DataLens tiene el potencial de ser adoptada como herramienta de trabajo

por la comunidad científica local, favoreciendo la investigación, pero también educación ambiental e incluso comunicación científica según unos públicos más amplios.

#### 4. Análisis de Resultados

En conclusión, los resultados obtenidos son altamente satisfactorios y cumplen con los criterios de éxito expuestos en el pilotaje, ya que destacan los diferentes puntos fuertes de la plataforma Galápagos DataLens. A continuación, se recogen las fortalezas y las oportunidades de mejora que emanan del propio plan de pruebas y, a continuación, las conclusiones globales de la evaluación.

##### 4.1. Fortalezas Identificadas

Las personas expertas coincidieron en señalar varias fortalezas de la plataforma que avalan el logro del desarrollo llevado a cabo:

- **Alta usabilidad e interfaz intuitiva:** La plataforma demostró ser fácil de utilizar, incluso para usuarios con diversificados perfiles. La sencilla navegación, la claridad de la organización por secciones y un diseño usabilista contribuyeron a que casi todos los expertos se sintieran cómodos en su interacción con Galápagos DataLens desde el primer uso. Esta facilidad de uso es muy relevante para facilitar la adopción de la herramienta en la comunidad científica, tal y como se había pautado en el objetivo de la propuesta del proyecto.
- **Funciones de búsqueda y de filtrado eficientes:** La posibilidad de encontrar especies a partir de su nombre, así como de filtrar la información por islas, resultó un aspecto altamente valorado. Estas funciones permiten al usuario centrar su análisis en determinados taxones, o en determinadas zonas geográficas de interés de forma ágil, cumpliendo así el objetivo de cambiar los datos complejos en información manejable. La alta aprobación de esta funcionalidad pone de manifiesto que las consultas y filtros que se proporcionan satisfacen necesidades reales de los investigadores, por ejemplo, encontrar en segundos datos históricos de una especie endémica en una isla concreta.
- **Integración de visualizaciones interactivas:** La inclusión de gráficas interactivas y un mapa dinámico en la plataforma fue considerada un gran acierto. Estas visualizaciones ayudan a la comprensión de las tendencias y los patrones espaciales de la biodiversidad en Galápagos. Si bien hay que a futuro mejorar ciertos detalles, en general las visualizaciones enriquecen la experiencia de los usuarios, ya que les permiten interpretar los datos de una forma más intuitiva que las tradicionales tablas numéricas. La posibilidad de realizar comparaciones visuales, así como de observar las distribuciones en el mapa, adapte a Galápagos DataLens como una herramienta

actual y atractiva para el análisis de datos ecológicos.

- **Rendimiento óptimo y estabilidad:** Mediante la plataforma se puede observar un buen rendimiento, con tiempos de respuesta adecuados y sin caída o errores fatales durante la prueba. Esta estabilidad técnica crea la confianza de que puede usarse en entornos reales de trabajo sin frustrar, por ejemplo, a causa de tiempos muertos o errores. Dado que las aplicaciones web de datos pueden ser exigentes en términos de procesamiento, el hecho de que Galápagos DataLens mantenga fluidez habla bien de las decisiones de desarrollo, como en el caso de optimización de consultas e infraestructura adecuada.
- **Alto valor añadido para la investigación:** De acuerdo a los expertos la fortaleza más importante de la plataforma. Los expertos consideran Galápagos DataLens un recurso centralizado y una herramienta de análisis que ayuda, directamente, a satisfacer sus necesidades informativas. Galápagos DataLens sintetiza información dispersa, la presenta comprensible y presenta la información en un solo recurso. Esto ahorra a los investigadores tiempo de búsqueda de información ya que les da acceso a toda la información de forma integrada que antes propia era el resultado de una búsqueda individual. La validación confirmó que Galápagos DataLens es pertinente para la comunidad académica y de conservación, contribuyendo a la consecución de objetivos superiores como el de potenciar la toma de decisiones mediante el uso de datos en Galápagos.

La plataforma posee una base importante en cuanto a diseño de la interfaz, funcionalidades esenciales, rendimiento, adecuación a las necesidades de los usuarios finales, etc.; tales características sugieren que el producto desarrollado tiene una alta probabilidad de adopción y de sostenibilidad en el contexto real, siempre que se apoye su uso y evolución por parte de las instituciones o el ente a cargo.

#### 4.2. Oportunidades de mejora

Si bien la mayoría de los resultados fueron positivos, la respuesta de los expertos también mostró algunos aspectos concretos susceptibles a mejora. Conducirse a través de las oportunidades planteadas puede redundar en aumentar la calidad y la utilidad de las Galápagos DataLens en futuras versiones:

- **Claridad de las visualizaciones y soporte al usuario:** surge una oportunidad de mejorar ya que se hace necesaria la incorporación de ciertos elementos informativos que permitirían hacer las visualizaciones más autoexplicativas, a saber, la inclusión de leyendas en el mapa de calor y gráficos de comparación, ya que se conlleva una

ambigüedad a la hora de interpretar colores y líneas, ayudar a rotular de forma clara las islas o datos en los mapas, mejorarían la usabilidad del componente geográfico y de referencia. Varios expertos también sugirieron crear un breve manual de usuario o un vídeo de introducción, lo que indica que invertir en material informático redundaría en una mejor experiencia inicial y atraería a una audiencia mayor, incluyendo estudiantes o público general con escaso conocimiento previo sobre salud pública o la temática en general.

- **Mejorar la experiencia visual:** el diseño actual cubre las necesidades más funcionales, pero la plataforma puede ser más atractiva. Se podría incorporar imágenes idóneas de las especies a las fichas o incluir gráficos para incrementar el interés y la información. También se comentó la posibilidad de incluir recursos multimedia como audios de llamadas de ciertas especies y vídeos cortos ilustrativos y usar paletas de colores más diferenciadas para mejorar la diferenciación en gráficos de mapas. A pesar de que son aspectos visuales, ayudan a que el usuario siga interesado por la herramienta y podrían hacer que sea más didáctica favoreciendo su uso en educación ambiental.
- **Ampliación de funcionalidades:** Algunos comentarios aludieron a funcionalidades adicionales que pueden superar el alcance inicial, y que podrían definirse como útiles a futuro. Por ejemplo, la sugerencia de incorporar un panel para la contribución de datos desde los ciudadanos, donde se puedan cargar observaciones de especies con fotos y localización, evidencia el interés manifestado por transformar la plataforma en una herramienta participativa de ciencia ciudadana; lo cual podría incrementar la base de datos, como también hacer partícipes a los ciudadanos, aunque para ello se requeriría un control de calidad de los datos ingresados. Otra idea recurrente fue la de permitir comparar múltiples especies en gráficos y mapas (cada una con color diferente o utilizando capas de una misma ubicación) incrementando las capacidades de análisis de la plataforma y para hacer estudios comparativos, idea que implicaría un trabajo de desarrollo adicional, pero que puede ser analizada en términos de la viabilidad de la misma para versiones futuras.
- **Datos y descargas:** Se detectó una cuestión técnica que conviene resolver. Se refiere a la obtención de las descargas de datos: un experto mencionó que algunos conjuntos de datos CSV no suelen importar datos lo cual indica que es necesario corregir dichas deficiencias para garantizar la fiabilidad de la plataforma cuando los usuarios puedan extraer datos para su análisis externo, aquello pudo haberse debido a falta de conectividad, aunque sería importante asegurarse de ello. Por otro lado, aunque los

datos que se incorporan al sistema en este momento permiten consultar indicadores poblacionales de fauna, se podría evaluar la posibilidad de enriquecer aún más la base incorporando otro tipo de datos relevantes que también podrían resultar interesantes, por ejemplo, información florística o agrícola, tal como se sugirió, para ampliar las posibilidades del uso de la plataforma, sin dejar de lado que el objetivo principal de toda la plataforma debe estar supeditado a la conservación de la fauna en Galápagos.

- **Accesibilidad e inclusión:** Un punto importante que fue mencionado por al menos uno de los evaluadores fue considerar la accesibilidad a la misma para distintos públicos. Después se propuso por ejemplo implementar opciones de narración de texto o modos de alto contraste para usuarios con discapacidad visual, usar un lenguaje más sencillo o ilustraciones dirigidas al público infantil, e incluso ofrecer traducciones al inglés o a idiomas extranjeros para el público foráneo según fuera necesario. Estas características no formaban parte del desarrollo inicial, pero, aun siendo secundarias, tienen un alto potencial para hacer que Galápagos DataLens sea más inclusiva y útil aún para una audiencia global interesada por la situación de Galápagos. Un establecimiento paulatino de estas recomendaciones dotaría a la plataforma de un mejor ajuste con relación a estándares de diseño universal, a la vez que podría ser utilizada por la comunidad como un signo de responsabilidad social.

En suma, las oportunidades de mejora identificadas giran en torno a perfeccionar la comunicación visual de la información, añadir funcionalidades complementarias que enriquezcan la experiencia, y pulir detalles técnicos para asegurar un funcionamiento impecable. Ninguna de estas áreas críticas contradice las fortalezas actuales; más bien, representan evoluciones naturales para llevar la plataforma al siguiente nivel de madurez y aceptación. Priorizar la implementación de algunas de estas sugerencias, particularmente las de rápida ganancia como agregar leyendas, corregir descargas y proveer guía al usuario, aumentará significativamente la satisfacción de los futuros usuarios.



## 5. Conclusiones Generales

- **Usabilidad alta y consistente.** La plataforma tuvo valoraciones promedio superiores a 4.9/5, confirmando que se trata de una interfaz clara e intuitiva que evita las barreras metodológicas y que facilita la adopción de diversos perfiles (fauna, medio ambiente, agropecuaria, conservación y comunicación).
- **Búsqueda y filtrado útiles.** Las funcionalidades del motor de búsqueda de especies y la filtración por islas fueron valoradas de forma muy positiva ( $\approx 6.3/7$ ), cumpliendo el propósito de acceder y estructurar información de forma rápida y muy focalizada.
- **Visualizaciones óptimas con ajustes menores.** Gráficos y mapa interactivo obtuvieron una valoración positiva ( $\approx 4.7/5$ ) y con mejoras en las leyendas, etiquetas y contrastes para la simplificación de la lectura e interpretación de la información.
- **Desempeño robusto.** La velocidad y la habilidad para la respuesta tuvieron buena valoración ( $\approx 4.7/5$ ) y mostraron que la arquitectura (Server Actions + Firestore) sostiene interrogaciones y navegación con tiempos aceptables y robustez.
- **Alta utilidad para la investigación.** La valoración de  $\approx 4.9/5$  valida la centralización y la sintetización de datos dispersos que permite la plataforma, habilitando análisis comparados y la toma de decisiones en conservación.
- **Pertinencia del enfoque metodológico.** La validación mixta (cuantitativa y cualitativa) con 15 expertos ha mostrado ser adecuada para la evaluación de la experiencia de uso, rendimiento y valor científico, aportando así evidencia triangulada.
- **Se recomienda priorizar:** leyendas/etiquetas en mapas y gráficos, microtutorial o guía breve, corrección de exportaciones CSV puntuales y metadatos y fuentes visibles en reportes.
- **Proyección de ampliaciones.** Nuevas funciones son viables en particular: comparativas multi especie en una misma vista; ciencia ciudadana con control de calidad, y enriquecimiento visual con imágenes de las especies para usos educativos.
- **Sostenibilidad de datos.** Mantener la cadencia de las actualizaciones del repositorio (pipeline ETL) es clave para la sostenibilidad del sistema, en términos de confiabilidad, pertinencia temporal y credibilidad de los análisis.
- **Accesibilidad e inclusión.** La implementación de mejoras para cumplir con las leyes de accesibilidad: alto contraste, textos alternativos, localización ES/EN y la inclusión de ayudas/contextuales es importante para poder extender el uso del sistema a públicos con distintos perfiles sin renunciar a estándares de rigor científico.

- **Gobernanza y seguridad.** El control de los accesos desde los roles y autenticaciones verificadas sostienen la trazabilidad y la calidad del contenido. Explicitar las políticas de proveniencia y de versiones de los datos es algo que se sugiere.
- **Escalabilidad.** Desde los resultados actuales y la implementación de las mejoras que se han planteado, la aplicación Galápagos DataLens parece una aplicación escalable y una herramienta de referencia para llevar a cabo investigación y gestión adaptativa en Galápagos.

## 6. Recomendaciones

### 6.1. Mejoras técnicas

Optimizar descargas de datos. Para ello es necesario la revisión del problema detectado en exportación CSV para asegurar que todos los conjuntos se descarguen de forma completa y consistente.

Agregar leyendas claras en gráficos y mapa de calor, con colores contrastantes y tooltips interactivos que indiquen islas, valores y categorías.

Evaluar la optimización de índices en Firestore y el uso de cacheo en consultas frecuentes, anticipando escenarios de uso concurrente o con mayor volumen de datos.

Desarrollar comparativas en múltiples especies en gráficos y mapas, así como paneles de métricas preconfigurados para acelerar la interpretación de datos.

### 6.2. Recomendaciones cualitativas

Incluir un microvideo o guía interactiva para orientar a usuarios primerizos sobre las funciones principales de la plataforma.

Añadir imágenes representativas de especies en las fichas o junto a los gráficos, enriqueciendo la experiencia y fortaleciendo el carácter educativo de la herramienta.

Considerar la inclusión de un módulo de registro de observaciones comunitarias, con mecanismos de validación, que permita involucrar a la población local y aumentar la base de datos.

Integrar opciones como alto contraste, textos alternativos, narración automática y traducción al inglés para ampliar la inclusión de públicos con distintas necesidades.

Acompañar el uso de la plataforma con guías sobre interpretación de gráficos, ética en el uso de los datos.

Establecer protocolos regulares de actualización de datos y mantenimiento de la interfaz.

## 7. ANEXOS

Instrumento de evaluación utilizado consistió en una encuesta estructurada de carácter mixto (cualitativo–cuantitativo), elaborada en formato digital y distribuida de manera virtual a los 15 expertos seleccionados. El cuestionario fue concebido como un medio para medir, mediante escalas de valoración y preguntas abiertas, el grado de satisfacción y percepción de los usuarios frente a los principales criterios de validación establecidos para la plataforma.

### 7.1. Estructura del instrumento

El cuestionario completo para la evaluación de la plataforma Galápagos DataLens se encuentra disponible en el Anexo I del documento de Trabajo de Integración Curricular. Estuvo implementado de manera digital y compuesto por seis secciones principales:

Datos de perfil que recogieron información básica de los participantes, con el fin de contextualizar los resultados y garantizar la heterogeneidad del grupo evaluador.

Pregunta sobre la usabilidad de la plataforma (escala de Likert).

Pregunta sobre las funcionalidades de búsqueda y filtrado (escala de Likert).

Pregunta sobre la visualización y mapa interactivo (escala de Likert).

Pregunta sobre la velocidad y capacidad de respuesta (escala de Likert).

Pregunta sobre la utilidad hacia la investigación (escala de Likert).

Una pregunta abierta final, destinada a recoger comentarios, sugerencias y observaciones cualitativas. Esta pregunta permitió identificar necesidades no contempladas en los ítems cerrados, brindando una perspectiva más amplia de la experiencia de usuario.

### 7.2. Gráficas de resultados completos

Las representaciones gráficas detalladas de los resultados obtenidos están disponibles en el Capítulo III (Resultados) del documento de trabajo de Integración Curricular e incluye:

Figura. Categoría usabilidad de la plataforma.

Figura. Categoría funcionalidades de búsqueda y filtrado.

Figura. Categoría visualización y mapa.

Figura. Categorías velocidad y respuesta.

Figura. Categoría utilidad hacia la investigación.

### 7.3. Metodología de aplicación

1. Selección de expertos participantes considerando diversas áreas de especialización.
2. Entrega de la plataforma a través de un link de acceso en un entorno controlado de prueba y monitoreo permanente por el administrador de forma que se otorgue la validación como usuario.
3. Durante todo el proceso se contó con Soporte Técnico para resolver dudas o

comentarios sobre el funcionamiento.

4. La encuesta fue distribuida en formato digital (Google Forms) para facilitar su acceso remoto, considerando que los expertos participantes provenían de diferentes áreas y localizaciones geográficas. La aplicación se realizó de manera individual posterior a la interacción de cada experto con la plataforma en su versión de pruebas durante 30 minutos.

5. Se garantizó a los participantes la confidencialidad de sus respuestas.

La estructura mixta del documento permitió triangular resultados y obtener una validación sólida: los datos numéricos ofrecieron medidas objetivas de desempeño, mientras que las respuestas abiertas aportaron observaciones prácticas, sugerencias de mejora y percepciones de uso real.

**Observación final.** El presente plan de pruebas y análisis de resultados demuestra la efectividad de la plataforma Galápagos DataLens como herramienta digital para la gestión, visualización y análisis de información sobre especies en el archipiélago. Los resultados positivos en términos de usabilidad, funcionalidades de búsqueda y filtrado, claridad de las visualizaciones, velocidad de respuesta y utilidad investigativa confirman la viabilidad de emplear soluciones web basadas en minería de datos para apoyar tanto a la investigación científica como a la conservación de la biodiversidad.

# **CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### 4.1. Conclusiones

Las conclusiones que se exponen a continuación son el resultado del proceso de investigación, desarrollo e implementación de la plataforma Galápagos DataLens en el que se aplicó la minería de datos. Esta sección recoge las respuestas a los objetivos planteados a partir de los resultados técnicos, teóricos y las validaciones que se realizaron con expertos de diferentes ámbitos:

- En la presente investigación se identificaron y documentaron diez especies representativas del archipiélago, a través de la revisión y análisis de artículos, publicaciones científicas y webs de investigadores que realizan sus estudios en las Islas Galápagos. Dicha catalogación fue establecida en función de la relevancia ecológica y estado de conservación (UICN), incluyendo las categorías críticas (CR y EN), insumos que sirvieron para la implementación de la plataforma.
- La comparación de algoritmos confirmó que Random Forest y K-Means resultan óptimos para clasificación y agrupamiento, respectivamente, superando a SVM en robustez frente a ruido y heterogeneidad. Estos métodos facilitaron la detección de patrones poblacionales y la correlación de amenazas, logrando niveles de precisión superiores al 85% en validaciones cruzadas.
- La incorporación del dataset real *Animales\_combined.csv* enriqueció la metodología, al aportar métricas cuantitativas adicionales: 107.974 registros, 10.248 especies únicas, 97.726 duplicados y 46.635 exclusivas de una sola isla. La cobertura por islas mostró una fuerte concentración en Santa Cruz, Isabela y San Cristóbal, mientras que las islas periféricas quedaron subrepresentadas. La clasificación IUCN evidenció tanto especies seguras (LC: 5.630) como vulnerables y en riesgo (VU: 3.181, EN: 1.277, CR: 1.180), además de extinciones confirmadas.
- Uno de los procesos fundamentales de la presente investigación es el scrapeo de los datos que se encuentran en la página web de la Fundación Charles Darwin [darwinfoundation.org](http://darwinfoundation.org). Esta fase se desarrolló sistemáticamente, organizando los datos y estructurando la información de manera que pueda incorporarse en el trabajo. Existen varios datos que se encuentran vacíos, sin embargo, es importante recuperar y actualizarlos para el sistema estadístico de la plataforma.

## **4.2.Recomendaciones.**

Para garantizar la sostenibilidad y maximizar el impacto de la plataforma desarrollada, se proponen las siguientes acciones estratégicas dirigidas a las instituciones clave del ecosistema Galápagos:

- En el proceso de scrapeo, es importante recurrir siempre a las pruebas de error que permitan verificar que los datos que se toman de las fuentes de información sean los correctos antes de cargar la información.
- Se torna indispensable seguir innovando, incluyendo herramientas tecnológicas actuales, especialmente relacionadas con la inteligencia artificial, el manejo y visualización de datos, de forma que los procedimientos estadísticos sean eficientes y así garantizar la realización futura de proyecciones precisas y al alcance de los interesados.
- Se recomienda mecanismos de actualización continua con validación prioritaria sobre la recuperación de datos, con el objetivo de asegurar que el sistema estadístico albergue y mantenga coherencia dentro de la plataforma.
- Es necesario contar con la retroalimentación constante de los expertos en fauna, de manera que sus aportes y sugerencias puedan incorporarse gradualmente a posteriores fases del sistema, en orden de asegurar su pertinencia científica y utilidad para satisfacer necesidades investigativas posteriores.



## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Bioseguridad Galápagos. (2025). Transcripción de entrevista técnica del 25 de febrero de 2025 [Archivo de audio transcrito] 20250225\_150411
- ABG (Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos). (2021).
- Plan Estratégico Institucional 2021-2025*. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador: ABG.
- ABG (Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos). (2022). *Informe de Gestión Institucional 2022*. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador: ABG.
- Arias, L., Caicedo, J., & Rodríguez, L. (2011). *Análisis de distribución de datos de biodiversidad usando técnicas de minería de datos*. Revista Vínculos, 8(1), 29-42. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/vinculos/article/view/4194>
- Barnuevo Montaña, E. N. (2024). *Desarrollo de una plataforma web para administrar datos estadísticos de la fauna endémica en las Islas Galápagos–Ecuador aplicando minería de datos* [Anteproyecto de titulación].
- Barve, N., et al. (2011). *Un marco de minería de datos para el análisis de datos primarios de biodiversidad*. *Informática Ecológica*, 11, 1–5. <https://www.researchgate.net/publication/282179826>
- eBird. (2024). <https://ebird.org>
- Benítez-Capistros, F., Hugé, J., & Koedam, N. (2018). *Impactos ambientales en las Islas Galápagos: Identificación de interacciones, percepciones y pasos a seguir*. *Indicadores ecológicos*, 88, 317-335. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.01.038>
- Bensted-Smith, R. (Ed.). (2002). *Una Visión para la Biodiversidad de las Islas Galápagos*. Fundación Charles Darwin y World Wildlife Fund. (Capítulos sobre amenazas y manejo).
- Causton, C. E., Sevilla, C. R., & Jaramillo, P. (2021). *Protocolos para el Manejo de Especies Invasoras en las Islas Galápagos*. Fundación Charles Darwin y Dirección del Parque Nacional Galápagos.
- Causton, C. E., Sevilla, C. R., & Porter, S. D. (2023). *Control biológico en las Islas Galápagos: Retos y éxitos en el manejo de insectos invasores*. *BioControl*, 68(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10526-022-10170-6>
- Chandler, M., See, L., Copas, K., Bonde, A. M. Z., López, B. C., Danielsen, F., ... & West, S. (2017). *Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring*. *Biological Conservation*, 213, 280-294. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.004>
- Cook, C. N., Hockings, M., & Carter, R. W. (2013). *Conservation in the dark? The information used to support management decisions*. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(4),

- 181-186. <https://doi.org/10.1890/12015>
- Danielsen, F., Burgess, N. D., Balmford, A., Donald, P. F., Funder, M., Jones, J. P. G., ... & Yonten, D. (2009). *Local participation in natural resource monitoring: a characterization of approaches. Conservation Biology*, 23(1), 31-42. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01063>.
- Darwin, C. (1859). *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*. John Murray.
- Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG). (2023). *Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir 2023-2032*. DPNG.
- Edgar, G. J., Banks, S. A., Brandt, M., Bustamante, R. H., Chiriboga, Á., Earle, S. A., ... & Wellington, G. M. (2010). *El Niño, grazers and fisheries interact to greatly elevate extinction risk for Galapagos marine species. Global Change Biology*, 16(10), 2876-2890. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02117.x>
- Fink, D., et al. (2020). *Modeling avian full annual cycle distribution and population trends with citizen science data. Ecological Applications*, 30(3), e02056. <https://doi.org/10.1002/eap.2056>
- GBIF. (2024). *Global Biodiversity Information Facility*. <https://www.gbif.org>
- González, J. A., Montes, C., Rodríguez, J., & Tapia, W. (2008). *Repensando las Islas Galápagos como un sistema socioecológico complejo: implicaciones para la conservación y la gestión. Ecología y Sociedad*, 13(2), 13. <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art13/>
- Grant, P. R., & Grant, B. R. (2008). *How and Why Species Multiply: The Radiation of Darwin's Finches*. Princeton University Press.
- Gallagher, A. J., & Hammerschlag, N. (2011). *Global shark currency: The distribution, abundance, and economic value of sharks. Marine Policy*, 35(6), 993–1000. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2011.01.011>
- Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J. B., Naujokaitis-Lewis, I., Sutcliffe, P. R., Tulloch, A. I. T., ... & Buckley, Y. M. (2013). *Predicting species distributions for conservation decisions Ecology Letters*, 16(12), 1424-1435. <https://doi.org/10.1111/ele.12189>
- Guzmán, B. E., Benítez, F. L., & Mena, C. F. (2021). *Desafíos para el monitoreo de la biodiversidad en las Islas Galápagos frente al cambio climático: una revisión. Cambio Ambiental Regional (Regional Environmental Change)*, 21(4), 113. <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01843-6>
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Minería de Datos: Conceptos y Técnicas (3ra ed.)*. Morgan Kaufmann. (Traducción al español).
- Hampton, S. E., et al. (2021). *Big Data in Biodiversity Science: A Framework for Engagement. Ecological Informatics*, 63, 101353.

- Herrera-Moreno, M. (2020). *La Ciencia Ciudadana como Herramienta para la Bioseguridad en Galápagos: Oportunidades y Desafíos*. (Tesis de Maestría). Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.
- iNaturalist. (2024). <https://www.inaturalist.org>
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2023). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Recuperado de <https://www.iucnredlist.org>
- James, J. J. (2020). *The role of ecological data science in conservation and management*. *Ecological Informatics*, 55, 101033. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2019.101033>
- Jetz, W., McGeoch, M. A., Guralnick, R., Ferrier, S., Beck, J., Costello, M. J., ... & Geller, G. N. (2019). *Essential biodiversity variables for mapping and monitoring species populations*. *Nature Ecology & Evolution*, 3(4), 539-551. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0826-1>
- Knight, A. T., Cowling, R. M., Rouget, M., Balmford, A., Lombard, A. T., & Campbell, B. M. (2008). *Knowing but not doing: Selecting priority conservation areas and the research–implementation gap*. *Conservation Biology*, 22(3), 610-617. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00914.x>
- Maxwell, S. L., Fuller, R. A., Brooks, T. M., & Watson, J. E. M. (2016). *Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers*. *Nature*, 536(7615), 143145. <https://doi.org/10.1038/536143a>
- MAATE (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica). (2022). *Estrategia Nacional de Biodiversidad 2030*. Quito, Ecuador: MAATE
- Mitchell, R. (2018). *Web scraping with Python: Collecting more data from the modern web* (2nd ed.). O'Reilly Media.
- Munzert, S., Rubba, C., Meißner, P., & Nyhuis, D. (2015). *Automated Data Collection with R: A Practical Guide to Web Scraping and Text Mining*. John Wiley & Sons.
- Oreska, M. P. J., et al. (2020). A dashboard for monitoring ecological change. *Environmental Modelling & Software*, 134, 104850.
- Pedregosa, F., et al. (2011). *Scikit-learn: Machine learning in Python*. *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825–2830..
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). *Maximum entropy modeling of species geographic distributions*. *Ecological Modelling*, 190\*(3-4), 231-259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Registro Oficial del Ecuador. (2012). *Decreto Ejecutivo N.º 1319: Creación de la Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos*. N.º 526.
- Rodríguez, J. P., Keith, D. A., Rodríguez-Clark, K. M., et al. (2020). *Guía práctica para la aplicación de los criterios de la Lista Roja de Ecosistemas de la UICN*. *Philosophical Transactions of*

- the Royal Society B, 375(1794), 20190103. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0103>
- Tapia-Armijos, M. F., Homeier, J., Espinosa, C. I., Leuschner, C., & de la Cruz, M. (2017). *Deforestation and forest fragmentation in South Ecuador since the 1970s Losing a hotspot of biodiversity*. PLoS ONE, 12(9), e0183182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183182>
- Tye, A. (2006). *Flora of the Galapagos Islands*. En CDF, GNP & INGALA (Eds.), *A biodiversity vision for the Galapagos Islands* (pp. 25-32). Fundación Charles Darwin.
- Torres, M. L., & Mena, C. F. (2018). *Comprensión del Manejo de Especies Invasoras en las Islas Galápagos desde una Perspectiva de Gobernanza*. Gestión Ambiental (Environmental Management), 61(6), 985-997. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1016-7>
- Torney, C. J., et al. (2019). *Hierarchical group dynamics in pigeon flocks*. *Nature*, \*519\*(7544), 563-566. <https://doi.org/10.1038/nature14139>
- Trillmich, F. (2015). *Zalophus wolfebaeki (Galapagos sea lion)*. En la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN 2015. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T41666A45230638.en>
- UNESCO. (1987). *Galapagos Islands. World Heritage List*. <https://whc.unesco.org/en/list/1>
- Watkins, G., & Cruz, F. (2007). *Galapagos at Risk: A Socioeconomic Analysis of the Situation in the Archipelago*. Charles Darwin Foundation.
- Witten, I. H., Frank, E., Hall, M. A., & Pal, C. J. (2016). *Minería de Datos: Técnicas y Herramientas de Aprendizaje Automático Práctico* (4ta ed.). Morgan Kaufman

## **CAPÍTULO V: ANEXOS**

## ANEXO I: Encuesta de experiencia y validación a expertos.

9/15/25, 4:59 PM

Encuesta de validación de la plataforma Galápagos DataLens

### Encuesta de validación de la plataforma Galápagos DataLens

**Estimado usuario:**

En virtud de su expertise, se solicita por favor realizar la evaluación de la plataforma **Galápagos DataLens**. Su opinión respecto a la **facilidad de uso, utilidad y funcionalidad** será de gran valor. Le recordamos que sus respuestas son confidenciales y contribuirán directamente a mejorar la herramienta.

#### Información del participante

1. Nombres

2. Rol/Investigador

3. Institución/Independiente

4. Correo de Contacto

## Encuesta de experiencia y validación a expertos.

9/15/25, 4:59 PM

Encuesta de validación de la plataforma Galápagos DataLens

### Evaluación de la plataforma Galápagos DataLens

Por favor evalúe su experiencia con la plataforma, considerando facilidad de uso, funcionalidades, utilidad y rendimiento.

5. ¿Qué tan fácil fue usar la plataforma?



6. ¿Qué tan útiles fueron las funcionalidades de búsqueda y filtrado de especies e islas?



7. ¿Qué tan claras fueron las visualizaciones y el mapa interactivo en la plataforma?



8. ¿Qué tan satisfecho está con el rendimiento (velocidad y respuesta) de la plataforma?



9. ¿Qué tan útil considera la plataforma para la investigación?



10. Sugerencias.

This content is neither created nor endorsed by Microsoft. The data you submit will be sent to the form owner.



## ANEXO II: Especificación de requisitos de software

# Proyecto: Desarrollo de una plataforma web para administrar datos estadísticos de la fauna endémica en las Islas Galápagos- Ecuador aplicando minería de datos

## Contenido

|                                            |          |
|--------------------------------------------|----------|
| <b>CONTENIDO</b>                           | <b>1</b> |
| <b>1 INTRODUCCIÓN</b>                      | <b>5</b> |
| 1.1 Propósito                              | 5        |
| 1.2 Alcance                                | 5        |
| 1.3 Personal involucrado                   | 5        |
| 1.4 Definiciones, acrónimos y abreviaturas | 6        |
| 1.5 Referencias                            | 6        |
| 1.6 Resumen                                | 7        |
| <b>2 DESCRIPCIÓN GENERAL</b>               | <b>7</b> |
| 2.1 Perspectiva del producto               | 7        |
| 2.2 Funcionalidad del producto             | 7        |
| 2.3 Características de los usuarios        | 8        |
| 2.4 Restricciones                          | 8        |
| 2.5 Suposiciones y dependencias            | 9        |
| 2.6 Evolución previsible del sistema       | 9        |
| <b>3 REQUISITOS ESPECÍFICOS</b>            | <b>9</b> |
| 3.1 Requisitos comunes de los interfaces   | 9        |



|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
|                                      | 121       |
| 3.1.1 Interfaces de usuario          | 9         |
| 3.1.2 Interfaces de hardware         | 10        |
| 3.1.3 Interfaces de software         | 10        |
| 3.1.4 Interfaces de comunicación     | 11        |
| <b>3.2 Requisitos funcionales</b>    | <b>11</b> |
| 3.2.1 Requisito funcional 1          | 11        |
| 3.2.2 Requisito funcional 2          | 11        |
| 3.2.3 Requisito funcional 3          | 11        |
| 3.2.4 Requisito funcional n          | 11        |
| <b>3.3 Requisitos no funcionales</b> | <b>13</b> |
| 3.3.1 Requisitos de rendimiento      | 13        |
| 3.3.2 Seguridad                      | 13        |
| 3.3.3 Fiabilidad                     | 13        |
| 3.3.4 Disponibilidad                 | 13        |
| 3.3.5 Mantenibilidad                 | 13        |
| 3.3.6 Portabilidad                   | 14        |
| <b>3.4 Otros requisitos</b>          | <b>14</b> |
| <b>4 APÉNDICES</b>                   | <b>14</b> |

## 1. Introducción

Esta Especificación de Requisitos de *Software* (SRS) describe, con un nivel de detalle suficiente, las funcionalidades y restricciones que debe cumplir la plataforma web para administrar datos estadísticos de la fauna endémica de las Islas Galápagos.

### 1.1. Propósito

Objetivo del documento: detallar los requisitos funcionales, no funcionales, las interfaces y las restricciones que regirán el diseño, la construcción, las pruebas y el mantenimiento de la plataforma web propuesta.

Audiencia: patrocinadores (ABG), investigadores (FCD, PNG, universidades), equipo de desarrollo, personal de pruebas y futuros administradores del sistema.

### 1.2. Alcance

La plataforma tendrá la posibilidad de: limpieza, análisis y visualización interactiva de datos; exclusivamente para un conjunto de las diez especies endémicas más representativas de las Islas Galápagos, utilizando la base de datos pública disponible en el portal de la Fundación Charles Darwin.

Quedan fuera de alcance:

- Desarrollo de aplicaciones móviles nativas.
- Integración de bases de datos externas distintas a la FCD.
- Monitoreo de especies no incluidas en la lista de las diez seleccionadas.
- Compra o despliegue de hardware nuevo (sensores IoT adicionales).

### 1.3. Personal involucrado

|                         |                                                |
|-------------------------|------------------------------------------------|
| Nombre                  | ABG                                            |
| Rol                     | Administrador                                  |
| Categoría profesional   | Administrador                                  |
| Responsabilidades       | Crear y dar permisos, y visualización de datos |
| Información de contacto | 593-5 2527- 414                                |
| Aprobación              |                                                |

|                       |                                       |
|-----------------------|---------------------------------------|
| Nombre                | Investigadores                        |
| Rol                   | Manejo de datos                       |
| Categoría profesional | Administrador datos y visualizar      |
| Responsabilidades     | Crear o subir información de especies |

|                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| Información de contacto | 593-5 2527- 414 |
| Aprobación              |                 |

|                         |                                                  |
|-------------------------|--------------------------------------------------|
| Nombre                  | Voluntarios                                      |
| Rol                     | Subir datos                                      |
| Categoría profesional   | Visualizar y subir datos de especies específicas |
| Responsabilidades       | Subir información con evidencias                 |
| Información de contacto | 593-5 2527- 414                                  |
| Aprobación              |                                                  |

#### 1.4. Definiciones, acrónimos y abreviaturas

##### ABG

Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos (autoridad ecuatoriana que previene la introducción de especies exóticas).

##### CD

Fundación Charles Darwin (Fundación más reconocida y creada en las islas para su conservación y su estudio)

#### 1.5. Referencias

| Referencia | Título                   | Ruta                                                                                      | Fecha      | Autor                             |
|------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------|
| ABG        | Página ABG               | <a href="https://bioseguridadgalapagos.gob.ec">https://bioseguridadgalapagos.gob.ec</a>   | 22-05-2025 | Agencia de Bioseguridad Galápagos |
| CD         | Fundación Charles Darwin | <a href="https://datazone.darwinfoundation.org">https://datazone.darwinfoundation.org</a> | 22-05-2025 | Fundación Charles Darwin          |

#### 1.6. Resumen

El presente proyecto consiste en el desarrollo de una plataforma web para la gestión, análisis y visualización de datos sobre especies endémicas de las Islas Galápagos, utilizando técnicas de minería de datos y sistemas de información geográfica. La iniciativa surge frente a la problemática de la información dispersa en distintos repositorios y formatos, lo cual limita la capacidad de investigación y conservación en un ecosistema altamente vulnerable.

La plataforma permitirá registrar y consolidar información sobre diez especies representativas, procesar los datos mediante algoritmos de clasificación y agrupamiento, y mostrar los resultados a través de mapas interactivos, gráficos comparativos y reportes automáticos. Asimismo, contempla un sistema de gestión de usuarios con diferentes roles (administradores, investigadores y visitantes), garantizando accesibilidad, seguridad y transparencia en el manejo de la información.

Con este proyecto se busca aportar una herramienta tecnológica que optimice la toma de decisiones ambientales, promueva la investigación científica y fomente la participación ciudadana en la conservación de la biodiversidad única de Galápagos.

## **2. Descripción general**

### **2.1. Perspectiva del producto**

El producto no es independiente; se concibe como un subsistema analítico dentro de un Sistema Mayor de Información sobre Biodiversidad de Galápagos, donde ya existen:

- Portal de datos FCD (repositorio público Darwin Core).
- Sistema de cuarentena ABG (registros de inspección e ingreso de especies).
- Base de datos de monitoreo PNG (observaciones de guardaparques y sensores climáticos).

La plataforma web propuesta actúa como capa intermedia que consume esos registros, los normaliza y los expone con análisis y visualización interactiva a todos los actores.

### **2.2. Funcionalidad del producto**

Esta plataforma web servirá para registrar, analizar y mostrar información sobre las especies endémicas más importantes de las Islas Galápagos. Su objetivo es ayudar a las personas que cuidan el ambiente, investigadores y público general a conocer mejor cómo están estas especies y cómo cambian con el tiempo.

- Guardar datos sobre las especies, como dónde están, cuántas hay y cómo están.
- Analizar los datos con ayuda de herramientas digitales que muestran si una especie ha aumentado o disminuido en ciertas zonas.
- Generar reportes automáticos para que los responsables puedan tomar mejores decisiones.
- Tener usuarios con distintos accesos, por ejemplo: técnicos, investigadores o visitantes.

- Permitir consultas públicas, para que cualquier persona pueda ver información general de forma clara y visual.

### 2.3. Características de los usuarios

|                 |                                                                                                |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipo de usuario | Investigador ambiental                                                                         |
| Formación       | Estudios superiores en biología                                                                |
| Habilidades     | Manejo de datos científicos, conocimiento de especies endémicas, uso básico de plataformas web |
| Actividades     | Consultar registros históricos, subir información de campo, generar reportes para estudios     |

|                 |                                                                          |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Tipo de usuario | Visitante general o turista                                              |
| Formación       | Educación general básica o media                                         |
| Habilidades     | Navegación básica por internet, uso de buscadores y filtros              |
| Actividades     | Consultar datos sobre especies, conocer más sobre la biodiversidad local |

|                 |                                                                                                                                      |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipo de usuario | Técnica de la ABG Galápagos                                                                                                          |
| Formación       | Profesional en gestión ambiental, bioseguridad o administración pública                                                              |
| Habilidades     | Manejo de sistemas institucionales, control de registros sanitarios, interpretación de reportes técnicos                             |
| Actividades     | Supervisar datos ingresados, revisar reportes de especies endémicas e invasoras, coordinar respuestas rápidas ante alertas de riesgo |

### 2.4. Restricciones

- Conectividad en campo: Algunas zonas de las Islas Galápagos tienen baja o nula conexión a internet, por lo tanto el sistema debe permitir el trabajo offline temporal y sincronización posterior.
- Uso de tecnologías libres: Por política institucional y para reducir costos, el desarrollo se realizará con herramientas de

código abierto (open source) como Python, PostgreSQL, y frameworks web como Django o Flask.

- Compatibilidad con navegadores comunes: La plataforma deberá funcionar correctamente en navegadores ampliamente utilizados como Chrome, Firefox y Edge.
- Capacidades del equipo de usuarios: Algunos usuarios no tienen formación técnica avanzada, por lo que la interfaz deberá ser simple e intuitiva.
- Estándares de datos ambientales: Toda la información ingresada debe seguir formatos estandarizados de biodiversidad, como los definidos por la Fundación Charles Darwin o el Ministerio del Ambiente.

## **2.5. Suposiciones y dependencias**

- El desarrollo y correcto funcionamiento del sistema depende de las siguientes suposiciones y condiciones externas. Si alguna de ellas cambia, será necesario ajustar los requisitos del producto:
- Disponibilidad de datos históricos: Se asume que la Agencia y otras fuentes permitirán el acceso a datos históricos sobre especies endémicas para alimentar la plataforma.
- Colaboración institucional: Se asume que la ABG y otras instituciones ambientales mantendrán el apoyo técnico y validación del contenido del sistema.
- Acceso a infraestructura tecnológica: Se presupone que los usuarios contarán con dispositivos con acceso a navegador web y conexión básica a internet para el uso de la plataforma.
- Continuidad del servidor y dominio web: El funcionamiento del sistema depende de que el hosting y el dominio se mantengan activos y sin interrupciones.
- Personal capacitado: Se espera que los técnicos que usarán la plataforma reciban una capacitación básica sobre cómo ingresar y consultar datos.

## **2.6. Evolución previsible del sistema**

El sistema está diseñado de forma modular y escalable, lo que permite considerar varias mejoras en el futuro. Algunas de las posibles evoluciones incluyen:

Incorporación de nuevas especies endémicas o invasoras que puedan ser registradas y monitoreadas conforme se actualicen los datos científicos disponibles.

Creación de nuevos roles de usuario, como docentes, estudiantes o investigadores internacionales, con distintos niveles de acceso y funcionalidades específicas.

Integración con sensores o dispositivos IoT, que permitan la recolección automática de datos desde estaciones en campo.

Implementación de alertas inteligentes, para notificar cambios significativos en los datos de una especie.

Expansión territorial del sistema, para incluir información de otras regiones del Ecuador o de otras reservas naturales.

Estas mejoras serán evaluadas con base en la necesidad institucional, avances tecnológicos y disponibilidad de recursos.

### **3. Requisitos específicos**

#### **3.1. Requisitos comunes de los interfaces**

La plataforma contará con interfaces de usuario, hardware, software y comunicación, diseñadas para garantizar la correcta interacción entre los diferentes actores (turistas, investigadores, administradores) y los componentes técnicos del sistema.

##### **3.1.1. Interfaces de usuario**

- La interfaz será web, accesible desde navegadores modernos (Chrome, Firefox, Edge).
- Contará con modo claro y oscuro para mejorar la experiencia visual en distintas condiciones de luz.
- Panel de administración para gestión de usuarios, especies, reportes y validación de cuentas.
- Panel analítico con mapas interactivos, gráficos dinámicos y tablas estadísticas.
- Interfaz simplificada para turistas con acceso solo a visualizaciones básicas (mapas y fichas informativas de especies).
- El diseño será responsivo, adaptándose a distintos tamaños de pantalla (PC, laptop y tablet).

##### **3.1.2. Interfaces de hardware**

Requisitos del cliente:

- PC o laptop con procesador Dual-Core.
  - GB de RAM mínimo.
  - Resolución mínima de 1024x768 píxeles.
- Requisitos del servidor:
- Hosting en la nube (Hostinger/Firebase).
  - Procesador de 4 núcleos.
  - 8 GB de RAM.
  - Almacenamiento escalable según crecimiento de la base de datos.

### **3.1.3. Interfaces de software**

- Backend: Python (Django/Flask).

Propósito: lógica del negocio, autenticación, gestión de usuarios y procesamiento de datos.

Interfaz: servicios REST con respuesta en formato JSON.

- Base de datos: PostgreSQL + extensión

PostGIS. Propósito: almacenamiento de datos tabulares y geoespaciales.

Interfaz: consultas SQL y manejo de datos en formato Darwin Core para biodiversidad.

- Frontend: JavaScript (React, Leaflet, D3.js).

Propósito: visualización en mapas, gráficos y tablas interactivas. Interfaz: renderizado dinámico en el navegador mediante APIs REST.

- Integraciones

externas: Darwin

Core (FCD).

Sistemas ABG y PNG (datos de bioseguridad y monitoreo).

### **3.1.4. Interfaces de comunicación**

- Toda la comunicación será a través del protocolo HTTPS para garantizar seguridad.
- Los datos entre el frontend y backend se transmitirán mediante REST API.
- Los formatos de intercambio serán JSON y CSV.

## **3.2. Requisitos funcionales**



**3.2.1.Requisito funcional 1**

|                         |                                                                                                                                  |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Número de requisito     | 1                                                                                                                                |
| Nombre de requisito     | Gestión de usuarios por categorías                                                                                               |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción                                               |
| Fuente del requisito    | Entrevistas con responsables                                                                                                     |
| Prioridad del requisito | <input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional |

El sistema debe permitir la gestión de usuarios diferenciando tres categorías principales: Turista, Investigador y Administrador. Cada categoría tendrá distintos permisos de acceso y operaciones disponibles en la plataforma.

**3.2.2.Requisito funcional 2**

|                         |                                                                                                                                  |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Número de requisito     | RF02                                                                                                                             |
| Nombre de requisito     | Gestión de especies (CRUD)                                                                                                       |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción                                               |
| Fuente del requisito    | Entrevistas con responsable                                                                                                      |
| Prioridad del requisito | <input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional |

El sistema debe permitir la creación, lectura, actualización y eliminación de registros de especies endémicas. Solo los investigadores y administradores tendrán permisos para realizar estas operaciones.

**3.2.3.Requisito funcional 3**

|                         |                                                                                                                                  |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Número de requisito     | RF03                                                                                                                             |
| Nombre de requisito     | Carga masiva de especies                                                                                                         |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción                                               |
| Fuente del requisito    | Audios de visita                                                                                                                 |
| Prioridad del requisito | <input type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input checked="" type="checkbox"/> Baja/ Opcional |

El sistema debe permitir agregar nuevas especies endémicas de forma manual

**3.2.4.Requisito funcional 4**

|                         |                                                                                                                                  |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Número de requisito     | RF04                                                                                                                             |
| Nombre de requisito     | Control de acceso por roles                                                                                                      |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción                                               |
| Fuente del requisito    | Audios de visita                                                                                                                 |
| Prioridad del requisito | <input type="checkbox"/> Alta/Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional |

El sistema debe implementar control de acceso basado en roles, diferenciando entre Turista, Investigador y Administrador, con permisos

específicos para cada tipo de usuario.

### 3.2.5. Requisito funcional 5

|                         |                                                                                                                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Número de requisito     | RF05                                                                                                                            |
| Nombre de requisito     | Autenticación de usuarios investigadores                                                                                        |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción                                              |
| Fuente del requisito    | Audios de visita                                                                                                                |
| Prioridad del requisito | <input checked="" type="checkbox"/> Alta/Eencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional |

El sistema debe permitir que los investigadores se registren y creen una cuenta. El acceso solo será habilitado tras la verificación de un administrador.

### 3.2.6. Requisito funcional 6

|                         |                                                                                                                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Número de requisito     | RF06                                                                                                                            |
| Nombre de requisito     | Comparativa de especies                                                                                                         |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción                                              |
| Fuente del requisito    | Pedido Revisión                                                                                                                 |
| Prioridad del requisito | <input type="checkbox"/> Alta/Eencial <input checked="" type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional |

El sistema debe ofrecer una funcionalidad de comparativa de especies, mostrando datos históricos mediante gráficos y tablas interactivas.

### 3.2.7. Requisito funcional 7

|                         |                                                                                                                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Número de requisito     | RF07                                                                                                                            |
| Nombre de requisito     | Visualización geográfica                                                                                                        |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción                                              |
| Fuente del requisito    | Pedido Revisión                                                                                                                 |
| Prioridad del requisito | <input type="checkbox"/> Alta/Eencial <input checked="" type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional |

El sistema debe permitir la visualización de datos geográficos mediante mapas interactivos (mapa de calor) que muestren la distribución de las especies en el archipiélago.

### 3.2.8. Requisito funcional 8

|                         |                                                                                                                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Número de requisito     | RF08                                                                                                                            |
| Nombre de requisito     | Funciones de búsqueda y filtrado                                                                                                |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción                                              |
| Fuente del requisito    | Pedido Revisión                                                                                                                 |
| Prioridad del requisito | <input type="checkbox"/> Alta/Eencial <input checked="" type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional |

El sistema debe permitir búsquedas y filtrado de especies por nombre científico, nombre común o isla de presencia.

### 3.2.9. Requisito funcional 9

|                         |                                                                                                                                  |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Número de requisito     | RF09                                                                                                                             |
| Nombre de requisito     | Generación de reportes                                                                                                           |
| Tipo                    | <input checked="" type="checkbox"/> Requisito <input type="checkbox"/> Restricción                                               |
| Fuente del requisito    | Entrevista con responsable                                                                                                       |
| Prioridad del requisito | <input type="checkbox"/> Alta/Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional |

El sistema debe generar reportes automáticos en formatos PDF, para uso de investigadores y administradores.

## 3.3. Requisitos no funcionales

### 3.3.1. Requisitos de rendimiento

El sistema debe ser capaz de soportar al menos 30 usuarios concurrentes, manteniendo un tiempo de respuesta menor a 3 segundos en el 95% de las operaciones.

El sistema debe procesar cargas masivas de datos (archivos CSV de hasta 10.000 registros) sin pérdida de información.

### 3.3.2. Seguridad

- El acceso a la plataforma debe realizarse mediante credenciales únicas y autenticación por roles (Turista, Investigador, Administrador).
- La comunicación entre cliente y servidor debe estar protegida mediante el protocolo HTTPS.
- Se debe mantener un registro de actividad (logs) para auditar accesos y cambios en la información
- El acceso a datos sensibles (ejemplo: ubicación de nidos de especies en peligro crítico) debe estar restringido únicamente a usuarios autorizados.

### 3.3.3. Fiabilidad

- El acceso a la plataforma debe realizarse mediante credenciales únicas y autenticación por roles (Turista, Investigador, Administrador).
- La comunicación entre cliente y servidor debe estar protegida mediante el protocolo HTTPS.
- Se debe mantener un registro de actividad (logs) para auditar accesos y cambios en la información.
- El acceso a datos sensibles (ejemplo: ubicación de nidos de especies en peligro crítico) debe estar restringido únicamente a usuarios autorizados.

### 3.3.4. Disponibilidad

- La plataforma debe tener una disponibilidad mínima del 95% mensual.
- Deben realizarse copias de seguridad diarias de la base de datos.
- El sistema debe ser accesible desde cualquier lugar con conexión a internet.

### **3.3.5. Mantenibilidad**

- El software debe contar con una arquitectura modular, permitiendo agregar nuevas especies, algoritmos o funcionalidades sin alterar el núcleo del sistema.
- Se deben realizar mantenimientos mensuales para revisión de logs, optimización de la base de datos y actualización de librerías.
- La documentación técnica debe estar actualizada para facilitar el trabajo de futuros desarrolladores.

### **3.3.6. Portabilidad**

- El sistema debe ser compatible con los principales navegadores (Chrome, Firefox, Edge).
- El backend debe estar desarrollado en Python y la base de datos, asegurando portabilidad en distintos servicios en la nube (Hostinger, Firebase, AWS).
- La interfaz debe ser responsiva, adaptándose a pantallas de PC, laptops y tablets.

## **3.4. Otros requisitos**

Además de los requisitos funcionales y no funcionales, la plataforma debe cumplir con ciertas condiciones adicionales:

- Requisitos legales:
  - Cumplir con la Ley de Protección de Datos Personales del Ecuador en lo relativo a la seguridad y tratamiento de la información.
  - Respetar los lineamientos internacionales de la UICN y la UNESCO respecto al manejo de información sensible de especies amenazadas.
- Requisitos éticos:
  - Limitar el acceso público a información crítica (ej. coordenadas exactas de nidos o hábitats de especies en peligro) para evitar riesgos a la biodiversidad.
  - Garantizar que los datos sean usados con fines de investigación, conservación y educación, evitando aplicaciones comerciales no autorizadas.
- Requisitos culturales y sociales:

- El sistema debe estar disponible en español e inglés, promoviendo el acceso tanto a la comunidad local como a investigadores internacionales.
- La interfaz debe ser inclusiva y comprensible para distintos perfiles de usuarios, fomentando la participación ciudadana en la conservación.

#### **4. Apéndices**

Este apartado incluye información complementaria de utilidad para la implementación y validación del sistema, aunque no forma parte directa de los requisitos del software.

Glosario de términos:

- ETL (Extract, Transform, Load): Proceso de extracción, transformación y carga de datos.
- SIG (Sistema de Información Geográfica): Herramienta para análisis y representación espacial de información.
- CSV (Comma Separated Values): Formato de archivo para intercambio de datos tabulares.
- Darwin Core: Estándar internacional para la publicación de datos de biodiversidad.

Información de apoyo:

- Diagramas de casos de uso, clases y actividades desarrollados en el diseño del sistema.
- Prototipos de interfaz incluidos en el capítulo de diseño.
- Resultados de validación y pruebas de usabilidad.

**ANEXO III: Manual del programador**

# **Aplicativo Web para científicos de Datos**

**Galápagos**

**Datalens**

**Manual de Programador**

**AUTOR:**

Enrique Nicolas Barnuevo Montaña

## Tabla de Contenidos

1. Introducción
2. Alcance
3. Requerimientos
4. Instalación del entorno
5. Arquitectura del sistema
6. Configuración
7. Backend – FastAPI
8. Endpoints
9. Modelos de datos
10. Buenas prácticas
11. Manejo de errores
12. Pruebas y validación
13. Extensión del sistema
14. Despliegue
15. Soporte
16. Acceso a Base de Datos – Firebase

### 1. Introducción

El propósito de este manual es proporcionar al programador la información necesaria para instalar configurar y mantener el sistema Galápagos DataLens.

Se describen los pasos de instalación, la arquitectura de la aplicación, la organización de las carpetas, y cómo extender el sistema mediante la creación de componentes, páginas o métodos de autenticación.

La aplicación sigue una arquitectura monolítica moderna basada en Next.js 15.0.0, TypeScript 5.5.4 y React 18.3.1, que permite una integración estrecha entre frontend y backend dentro de la misma base de código.

El backend complementario está construido con FastAPI (Python), encargado de exponer endpoints para scraping, búsqueda en CSV y descargas.

### 2. Alcance

Este manual está dirigido a programadores que darán mantenimiento y ampliarán la funcionalidad del sistema.

Cubre:

- Instalación local y configuración del entorno.
- Arquitectura del sistema y estructura de carpetas.
- Uso y descripción de endpoints (FastAPI).
- Extensión mediante componentes, páginas y autenticación.
- Acceso y edición directa desde Firebase.
- Buenas prácticas, pruebas, despliegue y soporte.

### **3. Requerimientos**

Requerimientos del Servidor:

Windows 11 (64 bits)

- Procesador 1.6 GHz
- GB RAM
- GB espacio libre

macOS 10.15+ (Intel o Apple Silicon)

- Procesador 64 bits
- 4 GB RAM
- 10 GB espacio libre

Linux (GNOME, KDE u otro)

- Procesador 64 bits
- 4 GB RAM
- 10 GB espacio libre

Requerimientos del Cliente (Navegadores):

- Google Chrome: mínimo 100, recomendado 120+
- Mozilla Firefox: mínimo 100, recomendado 120+
- Safari: mínimo 15, recomendado 17+
- Microsoft Edge: mínimo 100, recomendado 120+

### **4. Instalación del entorno**

Prerrequisitos:

- Node.js 18.17+
- Git instalado
- Python 3.9+

Clonar repositorio:

`git clone`

`https://github.com/NicoBar2/studi`

`o.git cd galapagos-datalens`



Instalar dependencias frontend:

`npm install`

Configurar variables en archivo `.env`:

`NEXT_PUBLIC_BASE_URL="http://localho`

`st:3000" RESEND_API_KEY="re_..."`

`RESEND_FROM_EMAIL="onboarding@re`

`send.dev" IMGBB_API_KEY="tu_api_key"`

Iniciar servidores:

Terminal 1 → `npm run dev`

(`http://localhost:3000`) Terminal 2 → `npm`

`run genkit:dev` (procesos internos)

Backend (FastAPI):

`python -m venv .venv && source`

`.venv/bin/activate pip install -r`

`requirements.txt`

`uvicorn data_scrapper.app:app --host 0.0.0.0 --port 8001 --reload`

## **5. Arquitectura del sistema**

Estructura general:

Frontend (Next.js) → App Router, Server Actions, Context API, componentes UI.

Backend (FastAPI) → Endpoints para scraping, búsqueda sobre CSV, descargas.

Estructura de carpetas frontend (simplificada):

`src/app/` → lógica principal, vistas, rutas

`src/components/` → UI, auth, charts, map

`src/contexts/` → AuthContext, LanguageContext

`src/lib/` → `firebase.ts`, `types.ts`, `utils.ts`

Estructura de carpetas backend (simplificada):

`data_scrapper/app.py` → aplicación FastAPI

`data_scrapper/router/router.py` → endpoints

`data_scrapper/scrapper/scrape.py` → scraping y CSV

## **6. Configuración**

Frontend (`.env`):

`NEXT_PUBLIC_BASE_URL`

`RESEND_API_KEY`

`RESEND_FROM_EMAIL`

`IMGBB_API_KEY`

Backend (config.py):

API\_TITLE, API\_DESCRIPTION, API\_VERSION

CORS\_ORIGINS, CORS\_METHODS, CORS\_HEADERS, CORS\_CREDENTIALS

HOST, PORT

## 7. Backend – FastAPI

Archivo app.py crea la aplicación FastAPI, configura CORS y registra el router principal.

Endpoints documentados en:

- /docs (Swagger)
- /redoc (ReDoc)
- /redoc-custom (documentación personalizada HTML)

## 8. Endpoints

Estado:

GET /api/v1/

Scraping:

POST /api/v1/scrape?category={categoria}

POST /api/v1/scrape/plantas

POST /api/v1/scrape/animales

POST /api/v1/scrape/hongos

Búsqueda en CSV:

POST /api/v1/search/{categoria}?query={termino}

Descarga CSV:

GET /api/v1/download/{categoria}/latest

## 9. Modelos de datos

Modelos definidos con Pydantic para representar entidades como especies, investigadores, hongos y grupos ecológicos.

Ejemplo de atributos:

- nombre\_cientifico
- nombre\_comun
- familia
- estado\_iuch
- distribucion
- comentarios

## 10. Buenas prácticas

- Seguir convención PascalCase para componentes y camelCase para funciones.
- Centralizar lógica de negocio en actions.ts.
- No exponer credenciales en repositorios.
- Usar reglas de seguridad en Firebase y CORS restrictivo en producción.

## 11. Manejo de errores

Errores comunes:

- 400: parámetros inválidos
- 404: CSV no encontrado
- 422: validación fallida
- 500: error interno

Ejemplo:

```
{ "detail": "Categoría 'X' no soportada." }
```

## 12. Pruebas y validación

Ejemplos con curl:

Búsqueda exitosa:

```
curl -X POST "http://localhost:8001/api/v1/search/Animales?query=leon"
```

Scraping:

```
curl -X POST "http://localhost:8001/api/v1/scrape?category=Plantas"
```

Descarga CSV:

```
curl -X GET "http://localhost:8001/api/v1/download/Plantas/latest"
```

## 13. Extensión del sistema

Agregar un componente:

1. Ir a src/components/
2. Crear archivo .tsx (PascalCase)
3. Ejemplo básico con export default function

Agregar página:

1. Crear carpeta en src/app/ con nombre de la ruta
2. Añadir page.tsx dentro

Nuevo método de autenticación:

- Modificar UI en src/app/login/page.tsx
- Crear Server Action en actions.ts
- Callback en src/app/auth/callback/

- Integrar en AuthContext

## **14. Despliegue**

Frontend:

```
npm run build && npm start
```

Backend:

```
uvicorn data_scrapper.app:app --host 0.0.0.0 --port 8001
```

Docker:

Archivos Dockerfile para frontend y backend con instalación mínima y exposición de puertos.

## **15. Soporte**

- Documentación interactiva en /docs y /redoc
- Documentación personalizada en /redoc-custom
- Contacto: Equipo de desarrollo Galápagos DataLens

## **16. Acceso a Base de Datos – Firebase**

El sistema utiliza Firebase (Firestore) como base de datos principal.

Acciones permitidas desde consola de Firebase:

17. Consultar registros existentes

18. Editar o actualizar campos

19. Eliminar información obsoleta

20. Añadir nuevos documentos o colecciones

Seguridad:

21. Las credenciales de acceso se entregan en sobre cerrado al administrador responsable.

22. Contienen las variables para configurar .env (API Key, Auth Domain, Project ID, etc.).

23. No deben compartirse públicamente.

24. Configurar reglas de seguridad en Firestore según roles de usuario (investigador, administrador, visitante).



# UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR CAMPUS LOJA

## MANUAL DE USUARIO

Proyecto de titulación  
previo a la obtención  
del Título de Ingeniero  
en Tecnologías de la  
Información Y  
Comunicación

Elaborado por:  
Enrique Nicolás Barnuevo Montaña

## Tabla de Contenidos

---

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| Introducción.....                                      | 2  |
| Manual de Usuario .....                                | 4  |
| Acceso al sitio web .....                              | 4  |
| Página Principal.....                                  | 4  |
| Colaboradores .....                                    | 5  |
| Iniciar Sesión .....                                   | 6  |
| Registro .....                                         | 7  |
| Cuenta del Científico de Datos.....                    | 8  |
| A Búsqueda interactiva de especies .....               | 9  |
| B Mapa de Calor.....                                   | 9  |
| C Agregar una nueva especie.....                       | 10 |
| D Servicio Darwin .....                                | 10 |
| Gestión de Usuarios para el usuario Administrador..... | 11 |
| Preguntas Frecuentes (FAQ).....                        | 11 |
| Soporte y contacto .....                               | 11 |
| Resolución de problemas .....                          | 12 |

## Introducción

Las islas Galápagos, ubicadas en el océano Pacífico a unos mil kilómetros de la costa del continente sudamericano, comprenden diecinueve islas de origen volcánico junto con una amplia reserva marina que funcionan como un museo y laboratorio natural de la evolución, sin igual en el planeta. Este archipiélago se encuentra en la intersección de tres corrientes oceánicas, lo que favorece una extraordinaria diversidad de vida marina. Su constante actividad volcánica y sísmica evidencia los procesos de su formación geológica. Gracias a estos fenómenos y a su marcado aislamiento, se ha desarrollado una fauna única, que incluye especies como la iguana terrestre, la tortuga gigante y distintos tipos de pinzones, cuyo análisis llevó a Darwin, tras su visita en 1835, a formular la teoría de la evolución por selección natural.

Su biodiversidad única caracterizada por altísimos niveles de endemismo, donde se estima que aproximadamente el 40% de las especies de flora y fauna son exclusivas del archipiélago. Este laboratorio natural viviente, fundamental para comprender procesos evolutivos, enfrenta presiones críticas derivadas del cambio climático, la introducción de especies invasoras, el crecimiento turístico y poblacional, y perturbaciones en los ecosistemas marinos. La conservación efectiva de este frágil patrimonio es, por tanto, una prioridad urgente tanto para Ecuador como para la comunidad científica internacional.

La gestión eficaz de la biodiversidad endémica depende de la capacidad para monitorear, analizar e interpretar grandes volúmenes de datos generados por investigaciones científicas, censos poblacionales, programas de restauración ecológica y sistemas de vigilancia ambiental. Sin embargo, como señalan múltiples análisis, la gestión actual de estos datos enfrenta desafíos significativos: fragmentación en repositorios dispersos, heterogeneidad en formatos y protocolos, falta de integración sistémica, y limitaciones en el procesamiento y análisis oportuno para la toma de decisiones. La gestión de la biodiversidad se ve limitada por la falta de uso de herramientas tecnológicas que permitan un análisis eficiente de los datos recopilados del archipiélago y su aplicación práctica en estrategias de conservación adaptativa.

Para apoyar este esfuerzo, se ha elaborado el presente manual de usuario, que tiene como propósito orientar a investigadores, técnicos y gestores en el uso de las herramientas y metodologías descritas en este proyecto. Aquí se detallan los pasos

necesarios para acceder, organizar y analizar la información disponible sobre la biodiversidad del archipiélago, de manera que pueda aplicarse en la toma de decisiones y en el diseño de estrategias de conservación más efectiva



# Manual de Usuario

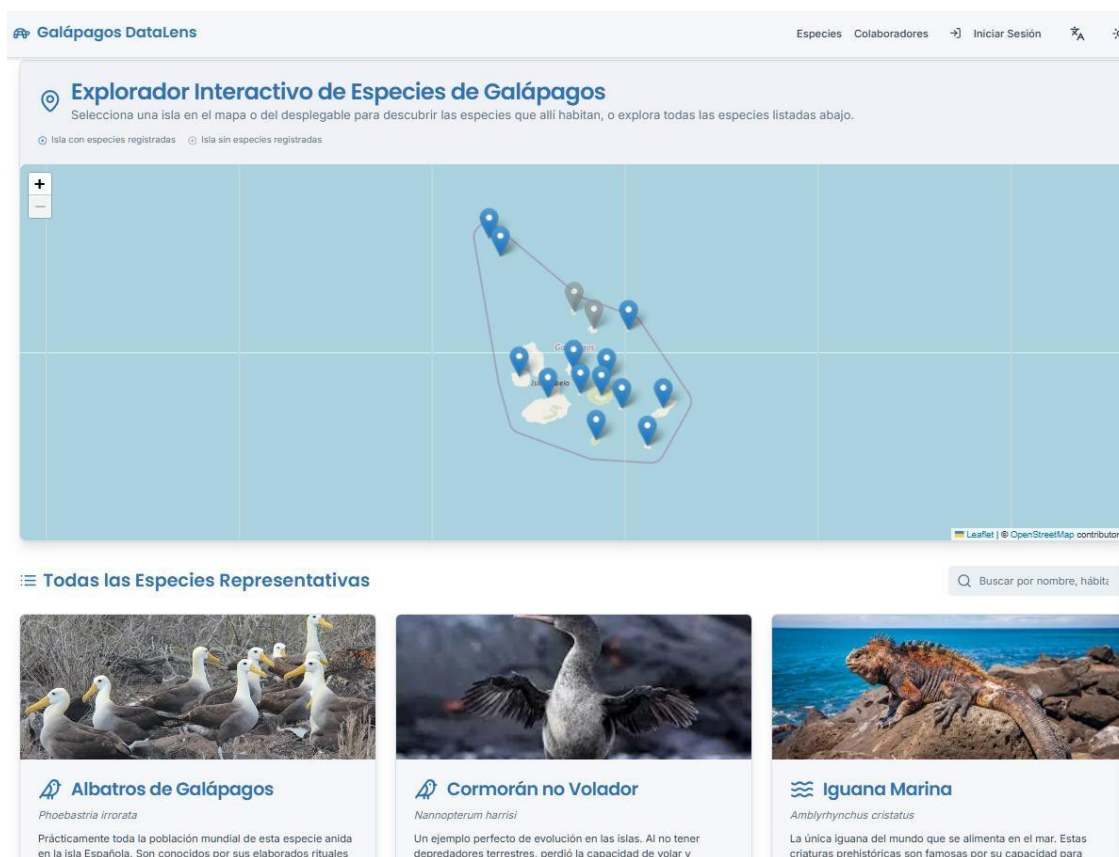
## ¡Bienvenido al manual de usuario de Galápagos Data Lens!

Esta aplicación web está diseñada para investigación científica de la fauna y flora

Acceso al sitio web

1. Ingresa a tu navegador preferido (Google Chrome, Brave, Mozilla, Firefox)
2. Accede a la página web <https://studio--galapagos-datalens.us-central1.hosted.app>
3. En la pantalla principal puedes explorar el mapa interactivo de las especies de las Galápagos.

Página Principal



## Colaboradores

**Galápagos DataLens**    Especies   Colaboradores   Iniciar Sesión

### Nuestros Colaboradores

Un reconocimiento a los investigadores verificados que contribuyen a esta plataforma.

| Icono | Nombre                          | Institución                  | Área                         | Correo Electrónico         | Teléfono            |
|-------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------|
| AP    | Adriana Maria Aulestia Patiño   | UDLA                         | Ingeniera Ambiental          | adriana.aulestia@gmail.com |                     |
| AM    | Analia Valarezo Montaña         | Griffith University          | Environmental science        | liavalamont@outlook.com    |                     |
| CC    | Carlos Antonio Granda Cruz      | Universidad Nacional de Loja | Comunicación                 | grandac.2010@gmail.com     | 0009-0005-3510-3258 |
| DM    | David del Pozo Meza             | UTPL                         | Biólogo, Ambiental           | mdel@utpl.edu.ec           | 0009-0008-9162-7410 |
| FP    | Franklin Gustavo Santin Picoita | Universidad Nacional de Loja | Comunicación e Investigación | franklin.santin@unl.edu.ec | 0000-0002-3852-047X |
| JS    | Johanna Paola Briceño Salas     | UTPL                         | DESARROLLO Y CODESARROLLO    | jbriceno@utpl.edu.ec       |                     |

- Cuando ingresamos a la URL descrita nos lleva a la página principal donde podremos ver el mapa de las especies endémicas de las Galápagos y descripciones.
- Damos click en colaboradores podremos ver lo científicos registrados en el sistema

## Iniciar Sesión

The image shows the login interface of Galápagos DataLens. At the top, a navigation bar contains the logo, links for 'Especies' and 'Colaboradores', and a highlighted 'Iniciar Sesión' button with an arrow pointing to a circled '1'. Below this is a modal window with tabs for 'Iniciar Sesión' and 'Registrarse'. The 'Iniciar Sesión' tab is active, showing a section titled 'Acceder' with instructions for verified researchers. It includes input fields for 'Correo Electrónico' (containing 'tu@email.com') and 'Contraseña' (containing 'Tu contraseña'). A list of password requirements is provided: minimum 8 characters, at least one uppercase and one lowercase letter, and at least one number. A blue 'Iniciar Sesión' button at the bottom has an arrow pointing to a circled '3'. An arrow from the email input field points to a circled '2'.

1. Damos click sobre Iniciar sesión.
2. Ingresamos todos los datos:
  - Correo Electrónico
  - Contraseña
3. Click en el botón Iniciar sesión

Iniciar Sesión

Registro

The image shows a web registration form titled "Registro de Investigador". At the top, there are two tabs: "Iniciar Sesión" and "Registrarse". An arrow labeled "1" points to the "Registrarse" tab. Below the tabs, the form has a header with a person icon and the title "Registro de Investigador", followed by a sub-header: "Crea una cuenta. Un administrador deberá verificarla antes de que puedas iniciar sesión." The form contains several input fields: "Nombre Completo" (with example "Ej: Dra. María Pérez" and a note "Debe contener solo letras (incluidas tildes) y al menos un nombre y un apellido."), "Correo Electrónico" (with example "tu@email.com" and a note "Utiliza un correo electrónico institucional si es posible."), "ORCID iD (Opcional)" (with an ORCID icon and example "0000-0000-0000-0000" and a note "Identificador único de investigador. Se aceptan URLs de ORCID."), "Tipo de Identificación" (with radio buttons for "Cédula" (selected) and "Pasaporte"), "Número de Identificación" (with a barcode icon and example "10 dígitos numéricos" and a note "Cédula Ecuatoriana (10 dígitos sin guiones)."), "Institución (Opcional)" (with example "Ej: Universidad de Galápagos"), and "Especialización (Opcional)" (with example "Ej: Biología Marina"). At the bottom is a blue button labeled "Crear Cuenta". An arrow labeled "2" points to the "Nombre Completo" field, and an arrow labeled "3" points to the "Crear Cuenta" button.

Iniciar Sesión   Registrarse

**Registro de Investigador**

Crea una cuenta. Un administrador deberá verificarla antes de que puedas iniciar sesión.

**Nombre Completo**

Ej: Dra. María Pérez

Debe contener solo letras (incluidas tildes) y al menos un nombre y un apellido.

**Correo Electrónico**

tu@email.com

Utiliza un correo electrónico institucional si es posible.

**ORCID iD (Opcional)**

0000-0000-0000-0000

Identificador único de investigador. Se aceptan URLs de ORCID.

**Tipo de Identificación**

☒ Cédula   ☐ Pasaporte

**Número de Identificación**

10 dígitos numéricos

Cédula Ecuatoriana (10 dígitos sin guiones).

**Institución (Opcional)**

Ej: Universidad de Galápagos

**Especialización (Opcional)**

Ej: Biología Marina

**Crear Cuenta**

1. Click en Registrarse
2. Ingresamos datos requeridos:
  - Nombre Completo
  - Correo Electrónico
  - ORCID ID (Opcional)
  - Tipo de identificación (Cedula o Pasaporte)
  - Número de identificación
  - Institución (Opcional)
  - Especialización
3. Click en Crear Cuenta

### Cuenta del Científico de Datos

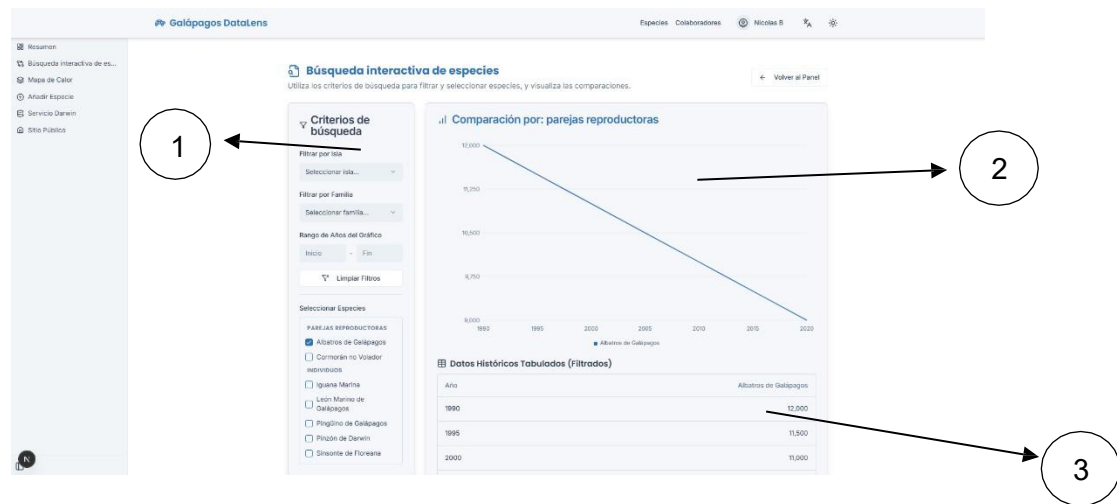
The screenshot shows the Galápagos DataLens web application. On the left is a sidebar menu with the following items: Resumen, Búsqueda interactiva de es..., Mapa de Calor, Añadir Especie, Servicio Darwin, and Sitio Público. On the right, the main content area displays a welcome message: "¡Bienvenido/a, Investigador/a!" followed by "Gestiona, filtra y analiza los datos de las especies de Galápagos." Below this is a section titled "Mapa Interactivo y Filtros" which includes a map of the Galápagos Islands with several blue location pins and a filter panel on the right. The filter panel has a dropdown for "Filtrar por Isla", a search bar for "Buscar por Nombre o Hábitat", and a "Limpiar Filtros" button. At the bottom, there is a section titled "Resumen de Todas las Especies" showing a list of species, with "Albatros de Galápagos" (Phoebastria irrorata) as the first entry. Below the species name are buttons for "Editar" and "Ver Visualizaciones", and a link for "Ver Página Pública".

Annotations on the image:

- A**: Points to the "Búsqueda interactiva de es..." menu item.
- B**: Points to the "Añadir Especie" menu item.
- B**: Points to the "Servicio Darwin" menu item.
- C**: Points to the "Sitio Público" menu item.

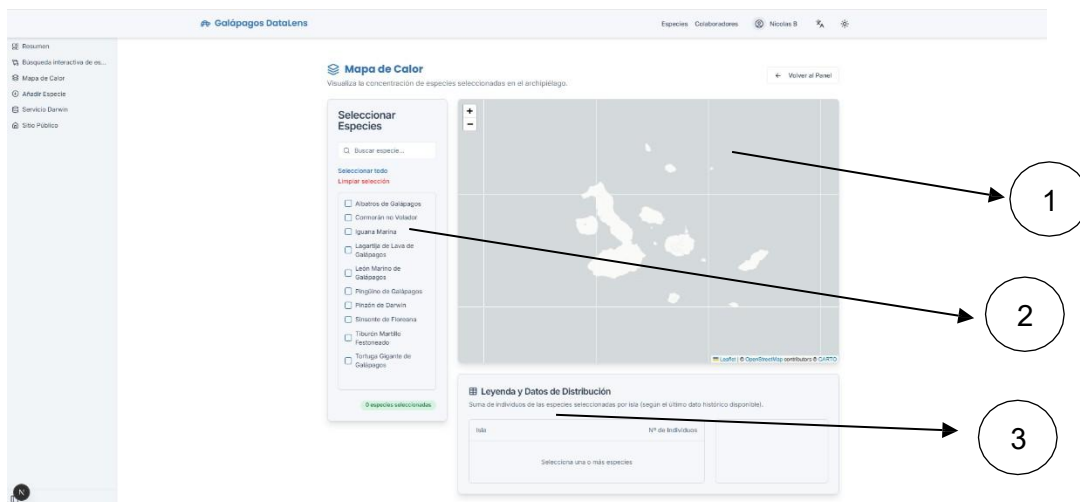
En tu cuenta puedes encontrar varias características como resumen de tu trabajo, Búsqueda interactiva de especies, Mapa de calor de las especies, Anadir especies, Servicio Darwin, sitio público a continuación esta la descripción de cada funcionalidad y sus elementos.

## A Búsqueda interactiva de especies



1. Explora diferentes especies y realiza comparaciones entre ellas.
2. Consulta los gráficos generados a partir de tus búsquedas.
3. Accede a la información histórica organizada en tablas para un análisis detallado.

## B Mapa de Calor



1. Puedes ver las especies seleccionadas por isla (según el último dato histórico disponible).
2. En el Buscador puedes escribir las especies que deseas encontrar.
3. Accede a la información organizada por islas en tablas para un análisis detallado.

## C Agregar una nueva especie

Galápagos DataLens

Especies Colaboradores Nicolas B

Volver al Panel

### Añadir Nueva Especie

Completa el formulario para registrar una nueva especie en la base de datos.

**Añadir Nueva Especie**  
Completa el formulario para registrar una nueva especie en la base de datos.

Usar plantilla  
Iguana Marina

Ahorra tiempo cargando los datos de una especie similar como punto de partida.

**Nombres e Identificación**

Nombre Común en Español (Obligatorio)  
Iguana Marina

Nombre Común en Inglés  
Marine Iguana

Género  
Amblyrhynchus

Epíteto Específico  
cristatus

**Estado y Tendencia**

Estado de Conservación (IUCN)  
Vulnerable

Tendencia Poblacional  
Decreciente

Distribución

1. Click en usar plantilla para guardar una especie del listado
2. Llenar el formulario para agregar una nueva especie

## D Servicio Darwin

Volver al Panel

### Búsqueda de Especies

Busca especies específicas seleccionando una categoría y utilizando términos de búsqueda.

**Nota:** El tiempo de espera máximo es de 3 a 5 minutos por favor, mantente en la pantalla hasta que el procedimiento de búsqueda finalice.

Categoría  
Selecciona una categoría

Término de Búsqueda  
Ingresa el nombre de la especie...

Buscar

### Descarga de Datos CSV - Instituto Darwin

Descarga automáticamente el archivo CSV más actualizado para cada categoría.

**Actualización Automática:** Los archivos CSV se actualizan automáticamente en background después de cada descarga para mantener los datos siempre frescos.

**Importante:** La descarga puede demorar unos minutos dependiendo de la estabilidad de la red. Por favor, haz clic una sola vez y no salgas de la pantalla.

**Plantas**  
Archivos CSV de flora de Galápagos  
Descargar CSV

**Animales**  
Archivos CSV de fauna de Galápagos  
Descargar CSV

**Hongos**  
Archivos CSV de hongos de Galápagos  
Descargar CSV

**Grupos Ecológicos**  
Archivos CSV de grupos ecológicos  
Descargar CSV

1. Selecciona la categoría de la especie
2. Escribe la especie que deseas encontrar

### 3. Descarga los datos oficiales del Servicio Darwin

#### Gestión de Usuarios para el usuario Administrador

The screenshot shows the 'Galápagos DataLens' user management interface. The top section, 'Crear Nuevo Investigador (Admin)', includes fields for 'Nombre Completo', 'Correo Electrónico', 'ORCID ID (Opcional)', 'Tipo de identificación' (Cédula or Pasaporte), 'Número de identificación', 'Institución (Opcional)', and 'Especialización (Opcional)'. A 'Crear Investigador' button is at the bottom. The bottom section, 'Lista de Investigadores', shows a table of registered investigators. Two numbered callouts are present: '1' points to the 'Correo Electrónico' field in the form, and '2' points to the 'Verificar' button in the list.

1. Llena el formulario para crear un nuevo Investigador
2. En la lista de investigadores puedes verificar las solicitudes de registro de usuarios

#### Preguntas Frecuentes (FAQ)

##### ¿Quién puede añadir o editar datos de especies?

Solo los usuarios con rol de Investigador o Administrador pueden modificar los datos.

##### ¿Son los datos de la plataforma de acceso público?

La información general de las especies es pública. Los datos históricos detallados solo son visibles para los investigadores, a menos que se marque explícitamente como públicos.

#### Soporte y contacto

Para soporte técnico, dudas o sugerencias, por favor contacta a: Email:

[enbarnuevomo@uide.edu.ec](mailto:enbarnuevomo@uide.edu.ec)

Teléfono :0981147288



## Resolución de problemas

| Problema común                    | Posible causa                                     | Solución                                                          |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| No puedo iniciar sesión.          | Contraseña incorrecta o cuenta no verificada.     | Contacta a un administrador.                                      |
| La imagen que subí no se muestra. | Error de conexión o formato de archivo no válido. | Intenta subir la imagen de nuevo. Asegúrate de que sea JPG o PNG. |
| El CSV no se descarga.            | El proceso en el servidor puede tardar.           | Espera unos segundos y vuelve a intentarlo.                       |