

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE SOFTWARE**

**DESARROLLO DE UN MÓDULO PARA ODOO EN ENTORNO CONTENERIZADO: GESTIÓN INTEGRAL DE REGISTROS BOTÁNICOS E IMÁGENES DEL HERBARIO ESPOCH**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO DE SOFTWARE**

**AUTORA:**

KATTY ALEXANDRA MOYANO RAMOS

Riobamba – Ecuador

2025



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE SOFTWARE**

**DESARROLLO DE UN MÓDULO PARA ODOO EN ENTORNO CONTENERIZADO: GESTIÓN INTEGRAL DE REGISTROS BOTÁNICOS E IMÁGENES DEL HERBARIO ESPOCH**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO DE SOFTWARE**

**AUTOR(A)/(ES):** KATTY ALEXANDRA MOYANO RAMOS

**DIRECTOR(A):** ING. CRISTIAN ALEXIS GARCÍA PUMAGUALLE

Riobamba – Ecuador

2025

**© Año, Nombres y Apellidos**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Nombres y Apellidos, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor/autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, día de mes de año

**Nombres y Apellidos**

**Cédula de Identidad**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE ……..**

**CARRERA ………..**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; tipo: (Escriba el proyecto que corresponda), **TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**, realizado por el señor/ la señorita: **NOMBRES Y APELLIDOS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA FECHA**

Ing. / Dr. Nombres y Apellidos \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ aa-mm-dd

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. / Dr. Nombres y Apellidos \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ aa-mm-dd

**DIRECTOR(A) DEL TRABAJO DE**

**TITULACIÓN**

Ing. / Dr. Nombres y Apellidos \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ aa-mm-dd

**ASESOR(A) DEL TRABAJO DE**

**TITULACIÓN**

**DEDICATORIA**

[Un solo párrafo]

Nombre

**AGRADECIMIENTO**

[Un solo párrafo]

Nombre

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

[Se registran todos los títulos que se encuentran después de esta sección]

[Los títulos deben estar alineados verticalmente entre sí y el formato debe estar acorde al nivel como indica la normativa]

Contenido

[ÍNDICE DE TABLAS ix](#_Toc211424935)

[ÍNDICE DE ILUSTRACIONES x](#_Toc211424936)

[ÍNDICE DE ANEXOS xi](#_Toc211424937)

[RESUMEN xii](#_Toc211424938)

[SUMMARY / ABSTRACT xiii](#_Toc211424939)

[INTRODUCCIÓN 1](#_Toc211424940)

[CAPÍTULO I 2](#_Toc211424941)

[1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA 2](#_Toc211424942)

[1.1 Planteamiento del problema 2](#_Toc211424943)

[1.1.1 Antecedentes 2](#_Toc211424944)

[1.1.2 Formulación del Problema 2](#_Toc211424945)

[1.1.3 Sistematización del Problema 3](#_Toc211424946)

[1.2 Objetivos 3](#_Toc211424947)

[1.2.1 Objetivo General 3](#_Toc211424948)

[1.2.2 Objetivos Específicos 3](#_Toc211424949)

[1.3 Justificación 3](#_Toc211424950)

[1.3.1 Justificación Teórica 3](#_Toc211424951)

[1.3.2 Justificación Aplicativa 4](#_Toc211424952)

[CAPÍTULO II 6](#_Toc211424953)

[2. MARCO TEÓRICO 6](#_Toc211424954)

[2.1 Datos botánicos y su importancia en la conservación de la Biodiversidad 6](#_Toc211424955)

[2.1.1 Definición y componentes de los datos botánicos 6](#_Toc211424956)

[2.1.2 Importancia de los Herbarios en la Conservación de la Biodiversidad 6](#_Toc211424957)

[2.2 Digitalización de colecciones científicas 7](#_Toc211424958)

[2.2.1 Problemáticas comunes en la gestión de herbarios físicos 7](#_Toc211424959)

[2.2.2 Estándares internacionales para la digitalización de herbarios 7](#_Toc211424960)

[2.2.3 Características y tipos de software para digitalización de colecciones 9](#_Toc211424961)

[2.3 Fundamentos Tecnológicos para la Gestión de Colecciones 10](#_Toc211424962)

[2.3.1 Aplicaciones web 10](#_Toc211424963)

[2.3.2 Desarrollo de software ERP y Arquitectura Cliente-Servidor 11](#_Toc211424964)

[2.3.3 Contenerización y Automatización de Entornos 12](#_Toc211424965)

[2.4 Plataforma Odoo en la digitalización de registros de datos botánicos 15](#_Toc211424966)

[2.4.1 Definición y Características 15](#_Toc211424967)

[2.4.2 Estructura Técnica de Odoo (ORM y PostgreSQL) 16](#_Toc211424968)

[2.4.3 Módulos personalizados y su Relevancia Académica 16](#_Toc211424969)

[2.5 Metodología SCRUM para el desarrollo de aplicaciones web 17](#_Toc211424970)

[2.5.1 Principios fundamentales de SCRUM 17](#_Toc211424971)

[2.5.2 Componentes claves de SCRUM 17](#_Toc211424972)

[2.6 Estándares de calidad en Software Científico 18](#_Toc211424973)

[2.6.1 Normas ISO/IEC 25010 18](#_Toc211424974)

[2.6.2 Concepto de eficiencia y su relación con la norma ISO/IEC 25010 19](#_Toc211424975)

[2.6.3 Métricas propuestas por la norma 20](#_Toc211424976)

[2.6.4 Importancia de la eficiencia en aplicaciones de digitalización de herbarios 20](#_Toc211424977)

[2.7 Otros trabajos relacionados 21](#_Toc211424978)

[CAPÍTULO III 24](#_Toc211424979)

[3. MARCO METODOLÓGICO 24](#_Toc211424980)

[CONCLUSIONES 24](#_Toc211424981)

[RECOMENDACIONES 25](#_Toc211424982)

[GLOSARIO (OPCIONAL) 1](#_Toc211424983)

[BIBLIOGRAFÍA 2](#_Toc211424984)

[ANEXOS 6](#_Toc211424985)

# ÍNDICE DE TABLAS

Registre el índice de tablas

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Registre el índice de ilustraciones

# ÍNDICE DE ANEXOS

REGISTRE EL ÍNDICE DE ANEXOS, sin paginación

# RESUMEN

Redactar el resumen según lo descrito en la guía (Un solo párrafo; entre 200 y 300 palabras)

**Palabras clave:** < >, < >, < >, < >, < >, < >, < >, < >. [máximo cinco descriptores que definan el contenido de la investigación]

# SUMMARY / ABSTRACT

Una vez que tenga la traducción de un docente de inglés debe incluir en este espacio de forma textual.

**Keywords:** < >

# INTRODUCCIÓN

Describa la introducción

Si contiene otro párrafo debe transcribir dejando el espacio correspondiente

Siguiente párrafo

Siguiente párrafo

# CAPÍTULO I

# DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

## Planteamiento del problema

### Antecedentes

El Herbario institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) constituye un repositorio científico valioso para la conservación y estudio de la biodiversidad vegetal de la región. Con el objetivo de digitalizar y mejorar la gestión de los registros botánicos, se desarrolló en años anteriores un sistema web utilizando el lenguaje de programación PHP. No obstante, dicho desarrollo se llevó a cabo de manera descoordinada, sin una planificación técnica adecuada ni una arquitectura escalable que respondiera a las necesidades reales del Herbario.

Como consecuencia, el sistema carece de estructura modular, presenta inconsistencias funcionales y no se encuentra alineado con los procesos operativos actuales. Además, la gestión de datos se ha fragmentado: los registros botánicos se administran mayoritariamente mediante hojas de cálculo en Excel y las imágenes se almacenan por separado en plataformas como OneDrive, lo que impide una visualización ágil y consolidada de los datos. Esta dispersión reduce significativamente la eficiencia en la consulta de registros, especialmente cuando se requiere acceder a información precisa en cortos lapsos de tiempo para actividades de investigación, docencia o gestión institucional.

Esta situación afecta negativamente a estudiantes, investigadores y al personal técnico, limitando el aprovechamiento de los recursos del Herbario para fines académicos y científicos. Por ello, se plantea el desarrollo e implementación de un módulo personalizado en la plataforma Odoo, que permita una gestión centralizada, normalizada y eficiente de la información botánica, con funcionalidades para la integración de imágenes, generación de reportes y mejora de la experiencia de usuario.

### Formulación del Problema

¿De qué manera influye el desarrollo de un módulo personalizado en la plataforma Odoo en la mejora del acceso, actualización eficiente y visualización de los registros botánicos del Herbario institucional de la ESPOCH?

### Sistematización del Problema

¿Cómo se lleva a cabo actualmente el proceso de registro, consulta y actualización de datos botánicos en el Herbario de la ESPOCH?

¿Qué características técnicas y funcionales posee la plataforma Odoo que permiten su uso como base para el desarrollo del módulo personalizado?

¿Es posible implementar un módulo funcional utilizando herramientas de software libre que permitan personalizar e integrar adecuadamente la solución sobre la plataforma Odoo?

¿Qué nivel de eficiencia temporal se espera alcanzar en la gestión y consulta de los registros botánicos con la nueva solución digital?

## Objetivos

### Objetivo General

Desarrollar un módulo de gestión integral de registros botánicos e imágenes en la plataforma Odoo para mejorar la eficiencia de consulta, actualización y visualización de la información mediante la centralización y automatización de procesos, del Herbario institucional de la ESPOCH.

### Objetivos Específicos

* Analizar el proceso actual de registro, consulta y actualización de datos botánicos en el Herbario institucional de la ESPOCH.
* Identificar los requerimientos técnicos y funcionales necesarios para el desarrollo del módulo en la plataforma Odoo.
* Evaluar el nivel de eficiencia logrado en la consulta de registros tras la implementación del sistema propuesto.

## Justificación

### Justificación Teórica

El desarrollo de sistemas de información para la gestión científica ha adquirido una importancia significativa en el ámbito académico, especialmente ante la necesidad de organizar, preservar y consultar de manera eficiente grandes volúmenes de datos. En particular, los herbarios se benefician enormemente de la digitalización e integración de datos botánicos, que incluyen imágenes, metadatos y herramientas de consulta, fundamentales para apoyar la investigación, la docencia y la conservación de la biodiversidad.

Desde un enfoque teórico, el presente proyecto se justifica por su contribución al fortalecimiento de la gestión de colecciones científicas mediante herramientas tecnológicas basadas en software libre. El uso de Odoo como plataforma de desarrollo permite aprovechar una arquitectura modular, escalable y de código abierto, que se adapta a distintos procesos organizativos, incluidos los académicos y científicos. Esta elección responde no solo a criterios de flexibilidad y personalización, sino también a su capacidad para integrar funcionalidades clave como la gestión de datos estructurados, automatización de flujos de trabajo, generación de reportes y visualización amigable de información científica.

Además, el proyecto hace eco de investigaciones anteriores que subrayan la importancia de digitalizar los herbarios mediante estándares de calidad que garanticen la captura de imágenes adecuadas, la estructuración efectiva de los datos científicos y la interoperabilidad con otros sistemas. Así, este trabajo no solo se apoya en fundamentos técnicos robustos, sino que también enriquece el conocimiento sobre la gestión digital de colecciones científicas y su aplicación a través de herramientas tecnológicas contemporáneas.

### Justificación Aplicativa

En la actualidad, el Herbario institucional de la ESPOCH enfrenta diversas limitaciones en la gestión y actualización de su información botánica; esto se debe al uso de herramientas desarticuladas, como hojas de cálculo en Excel y almacenamiento externo de imágenes, que complican la sincronización y el acceso eficiente a los datos. Como resultado, se ve afectada la calidad del trabajo de investigadores, docentes y estudiantes, quienes requieren información confiable y actualizada para llevar a cabo sus actividades académicas y científicas.

La implementación de un módulo personalizado en Odoo ofrecerá la oportunidad de centralizar todos los procesos relacionados con el registro, actualización, visualización y consulta de especímenes botánicos. Esto incluye la integración de imágenes, la generación de informes y la mejora en la experiencia del usuario. Además, se potenciará la colaboración entre los distintos actores del Herbario y se optimizará la toma de decisiones en proyectos de conservación, clasificación y divulgación científica.

Desde una perspectiva institucional, este proyecto proporciona una solución tecnológica que se alinea con los objetivos de modernización y digitalización de la ESPOCH, fortaleciendo su capacidad para gestionar activos científicos y promoviendo el uso de herramientas digitales en sus unidades académicas. Asimismo, representa una valiosa oportunidad para establecer buenas prácticas en el desarrollo de software, generando un impacto tangible en los contextos educativos y de investigación.

#### Título cuatro el que corresponda

Describir el párrafo correspondiente

# CAPÍTULO II

# MARCO TEÓRICO

## Datos botánicos y su importancia en la conservación de la Biodiversidad

### Definición y componentes de los datos botánicos

Los datos botánicos son la información organizada que se asocia con cada planta recogida y conservada, facilitando su correcta documentación y aplicación en estudios científicos; además de la muestra tangible, esta información incluye todos los metadatos imprescindibles para reconocer, comparar, situar geográficamente y contextualizar el ejemplar, haciéndolo apto y útil para análisis amplios relacionados con la biodiversidad, la conservación y el cambio climático (James et al. 2018). Entre los componentes esenciales de los datos botánicos suelen considerarse:

* **Identificación taxonómica:** número de cartulina, género, especie, taxón, familia, autor de la especia y determinador.
* **Información del colector:** nombre del colector, número de colecta y colaboraciones asociadas.
* **Fecha y evento de recolección:** fecha exacta, hora cuando sea posible, temporada y etapa fenológica ejemplar.
* **Localización geográfica:** país, provincia, lower political, localidad, vecindad, coordenadas, elevación, latitud y longitud
* **Hábitat y contexto ecológico:** descripción del espécimen o ecosistema.
* **Observaciones adicionales:** notas morfológicas e imágenes fotográficas (también incluye la url de la imagen).

Cuando se digitalizan registros de datos botánicos, esos componentes mencionados deben capturarse fielmente, de forma estructurada y con validaciones, para que los datos sean útiles científicamente, interoperables y reutilizables. De hecho, muchos estándares internacionales (como Darwin Core) asignan campos específicos para cada uno de estos componentes, lo que obliga a los sistemas de digitalización a contemplarlos.

### Importancia de los Herbarios en la Conservación de la Biodiversidad

De acuerdo con Mandrioli (2023)Los herbarios son fundamentales tanto para la investigación científica como para la conservación del medio ambiente, sirviendo como lugares físicos y digitales donde se almacenan ejemplos de plantas complementados con información detallada. En los últimos años, la aparición de nuevas tecnologías para la digitalización en gran escala y de forma automatizada, junto con la accesibilidad a técnicas avanzadas de secuenciación de ADN, ha aumentado considerablemente el interés y la importancia de las colecciones herbarias en el análisis de la biodiversidad vegetal y su evolución.

El autor menciona que estas colecciones no solo constituyen un registro físico y datado de la biodiversidad botánica tanto actual como histórica, sino que también conservan ejemplares recolectados en distintos estados fenológicos, lo que facilita la documentación de alteraciones en la distribución de especies, transformaciones en los hábitats y la disminución de la biodiversidad debido al cambio climático y a la destrucción de hábitats por actividades humanas, convirtiéndolas en recursos esenciales para botánicos, ecólogos y defensores del medio ambiente.

La labor de un herbario va más allá del simple almacenamiento: se convierte en un recordatorio vivo de los ecosistemas, ofreciendo pruebas de cambios en los fenómenos estacionales y las migraciones de especies relacionadas con el cambio climático o la actividad humana. Además, desde un enfoque educativo, los herbarios actúan como recursos didácticos que vinculan la teoría botánica con la práctica científica, permitiendo a estudiantes y comunidades apreciar la importancia de la biodiversidad a través de ejemplos concretos; su participación en redes internacionales, como Global Biodiversity Information Facility (GBIF), amplía su influencia más allá de las fronteras locales, haciendo de ellos puntos clave para la cooperación global y la toma de decisiones en conservación (Niedzielski y Markiewicz 2023).

## Digitalización de colecciones científicas

### Problemáticas comunes en la gestión de herbarios físicos

A pesar de su importancia los herbarios físicos se enfrentan a diversas dificultades que restringen su capacidad científica. Se señala que la dispersión de datos ­—informes guardados en hojas de cálculo, imágenes repartidas en plataformas externas y falta de una estructura integrada— provoca duplicaciones, pérdida de información y baja eficiencia en las búsquedas. La ausencia de un sistema centralizado no solo retrasa los estudios, sino que también aumenta las posibilidades de errores en la interpretación de la información. A ello se suma la vulnerabilidad física: la humedad, las plagas o el deterioro mecánico ponen en riesgo la conservación de las muestras, mientras que las limitaciones de espacio y recursos dificultan su preservación a largo plazo; por lo tanto, el acceso se restringe a quienes pueden acudir al herbario de manera presencial, lo que ralentiza la colaboración académica y el intercambio de saberes (Nieve de la Hidalga et al. 2020).

### Estándares internacionales para la digitalización de herbarios

Para abordar los problemas que presentan los herbarios físicos, la comunidad científica ha desarrollado normas que garantizan la calidad de los datos y su interoperabilidad. Un estándar clave en este contexto es Darwin Core, un vocabulario administrativo por Biodiversity Information Standars que establece términos coherentes para describir muestras biológicas, sus ubicaciones geográficas, clasificaciones taxonómicas y fechas de recolección. Gracias a este lenguaje compartido, colecciones diversas pueden ser unificadas en plataformas globales como el GBIF, lo que posibilita su consulta y reutilización a gran escala. La implementación de Darwin Core también reduce las ambigüedades en los registros al normalizar campos vitales como scientificName, eventDate o decimalLatitude, facilitando análisis que son reproducibles y comparativos (TDWG 2023).

Según Addink et al. (2020) un desarrollo reciente es el marco Minimum Information about a Digital Specimen (MIDS), que determina los elementos esenciales que deben tener un espécimen digitalizado para asegurar su relevancia científica; este estándar establece criterios de completitud que permiten juzgar la calidad de la digitalización, incluyendo aspectos como la calidad visual de las imágenes, la exhaustividad de los metadatos y la capacidad de rastrear la información. MIDS es útil para priorizar recursos en proyectos grandes: cuando no todos los ejemplares pueden ser digitalizados completamente desde el principio, este marco señala que datos son esenciales para comenzar, asegurando un progreso planeado y verificable (Dillen et al. 2022).

Además, GBIF ofrece directrices sobre la calidad de datos y herramientas para validar información antes de la publicación de un conjunto de datos, entre los requisitos para los datasets de concurrencias, se incluyen campos obligatorios como ocurrenceID, y se destacan otros —como basisOfRecord, eventDate, countryCode y coordenadas geográficas— como “altamente recomendados” para maximizar el valor de los registros. La plataforma también aconseja agregar licencias que sean legibles por máquinas y metadatos completos (como la institución responsable, datos de contacto y descripción del conjunto de datos), lo que promueve la reutilización clara y legalmente segura (GBIF 2018).

Nieve de la Hidalga et al. (2020) enfatiza que un proceso de digitalización efectivo no solo implica tomar imágenes, sino que combina métodos para recopilar metadatos, validar registros y publicarlos conforme a estándares establecidos; esta combinación garantiza que las colecciones digitalizadas se conviertan en fuentes científicas confiables, accesibles y sostenibles para la investigación y la conservación, en conjunto, Darwin Core, MIDS y las directrices de GBIF han transformado el proceso de digitalización de herbarios en uno estandarizado y colaborativo que fomenta la ciencia abierta y la interoperabilidad a nivel global.

### Características y tipos de software para digitalización de colecciones

Cuando se habla de digitalización de colecciones científicas como herbarios, no basta con un simple sistema de base de datos; los softwares que prosperan en este ámbito tienen características específicas que responden necesidades de interoperabilidad, imágenes de alta calidad, metadatos estandarizados y uso científico. Algunos tipos y características comunes:

**Tipos de software**

* **Sistemas de gestión de colecciones botánicos dediciados:** Según (Orellana et al. 2022), softwares como BRAHMS y Symbiota son herramientas creadas particularmente para colecciones de historia natural, ofreciendo funciones integradas para la administración de especímenes, la importación masiva de datos, la edición colaborativa, la creación de portales temáticos, y la exportación/exportación de datos estandarizados conforme a Darwin Core
* **Plataformas modulares / ERP adaptados:** como Odoo u otras plataformas ERP que pueden personalizarse para la digitalización botánica, agregando módulos específicos de herbarios (registros de especímenes, gestión de imágenes, interoperabilidad, entre otros) (Odoo 2023).
* **Software de digitalización masiva / flujo automatizado:** herramientas especializadas para el escaneo de imágenes, reconocimiento óptico de caracteres (OCR) en etiquetas, etiquetado automático, normalización de datos para mejorar velocidad y calidad del proceso (Nelson y Ellis 2018).

**Características esenciales**

De acuerdo con Hedrick et al. (2020) se pueden mencionar las siguientes características de los softwares de digitalización de colecciones:

* El soporte para metadatos estandarizados constituye una característica fundamental, requiriendo capacidad para mapear campos a estándares como Darwin Core e importar y exportar información en formato DwC-A para garantizar la interoperabilidad científica.
* El manejo de imágenes de alta resolución resulta esencial, necesitando capacidades de almacenamiento eficiente, visualización optimizada, herramientas de zoom y recorte, así como vinculación directa con el registro botánico correspondiente.
* La validación y normalización de datos implementan controles automáticos para prevenir errores tipográficos, coordenadas geográficas invalidas, fechas erróneas y campos obligatorios faltantes, asegurando la calidad de la información científica.
* La interoperabilidad mediante APIs permite la conexión fluida con repositorios externos como GBIF, facilitando consultas remotas y sincronización de datos en tiempo real con base de datos globales.
* La escalabilidad y el desempeño del sistema deben garantizar el mapeo eficiente de miles y millones de registros con múltiples usuarios concurrentes sin degradación sustancial del rendimiento operativo.
* Los aspectos de seguridad y control de versiones requieren de un registro detallado de modificaciones, documentando quien modifico que campo y cuando, proporcionando una auditoria completa de todos los cambios realizados.
* La facilidad de uso a través de una interfaz amigable resulta crucial para que investigadores o técnicos no especializados en informática puedan utilizar el sistema sin errores, maximizando la adopción y efectividad de la herramienta de digitalización.

Según Nelson y Ellis (2018), los recientes desarrollos en la digitalización de colecciones biológicas han mejorado los flujos de trabajo gracias a la automatización de tareas que antiguamente requerían un gran esfuerzo manual. En particular, la inclusión de tecnologías como el Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR) y los sistemas de captura de imágenes de alta calidad ha revolucionado el manejo de etiquetas y metadatos de los ejemplares botánicos. Este enfoque ha disminuido notablemente el tiempo y los costos relacionados con la transcripción manual, así como también ha aumentado la precisión y consistencia de los datos recopilados. Los autores subrayan que la adopción de procesos automatizados de validación y control de calidad ha potenciado la eficiencia general de la digitalización a gran escala, lo que permite a los herbarios consolidar sus colecciones en entornos digitales que sean interoperables y accesibles para la comunidad científica a nivel mundial.

## Fundamentos Tecnológicos para la Gestión de Colecciones

### Aplicaciones web

Las aplicaciones web son programas informáticos que se pueden utilizar mediante navegadores en Internet o en redes intranet, sin requerir que se instalen localmente; estas aplicaciones ofrecen servicios, interfaces de usuario, lógica de negocios y almacenamiento de datos distribuidos entre el cliente (navegador) y el servidor, lo cual simplifica su mantenimiento, actualización y la posibilidad de acceder desde diversos dispositivos (Aghili, Qin, Li y Khomh, 2024).

Según Ardalis (2022), existen características que deben poseer las aplicaciones web:

* Disponibilidad constante (24/7) y acceso desde cualquier dispositivo o pantalla, lo que requiere que la aplicación web sea flexible y se adapte a diferentes formatos.
* Seguridad mejorada, que abarca el uso de protocolos como HTTPS, así como métodos de autenticación, autorización y medidas de protección contra vulnerabilidades frecuentes.
* Escalabilidad para soportar variaciones en la carga de usuarios, solicitudes concurrentes y grandes volúmenes de datos.
* Interfaz de usuario enriquecida del lado del cliente con una comunicación efectiva entre el cliente y el servidor, reduciendo la latencia.

De acuerdo con (Toala et al. 2021), las aplicaciones web pueden tener los siguientes tipos de acceso:

* **Públicas:** accesibles a cualquier usuario con conexión a internet, sin necesidad de credenciales, como portales de noticias u otras plataformas informativas.
* **Restringidas:** acceso limitado mediante autenticación, para usuarios internos de una organización, por ejemplo, intranets para gestión de proyectos o administración interna.
* **Extranets:** extensiones de intranets que permiten acceso a usuarios externos autorizados (colaboradores, distribuidores) para ciertas partes o servicios específicos.

### Desarrollo de software ERP y Arquitectura Cliente-Servidor

Según Soliman y Karia (2025), la gestión integral de colecciones científicas requiere soluciones tecnológicas robustas, flexibles y sustentables. En este contexto, los sistemas ERP (Planificación de Recursos Empresariales) se han fortalecido como instrumentos que combinan diversas funciones organizativas en una única plataforma, facilitando la automatización de procesos, la centralización de información y el mejoramiento de la trazabilidad de los datos. En el ámbito académico, estas herramientas permiten administrar especímenes, fotografías, etiquetas, préstamos, informes botánicos, conservación y auditorías internas desde un solo entorno digital.

Los sistemas ERP adoptados en instituciones de educación superior han demostrado incrementar considerablemente la eficiencia operativa y la calidad de la administración, eliminando redundancias y optimizando la coordinación entre diversas áreas a través de la centralización de la información y la automatización de procesos clave. Este enfoque es similar en ámbitos científicos, donde la integración de los flujos de trabajo es crucial para asegurar la coherencia, fiabilidad y sostenibilidad de los datos administrados.

(García Núñez et al. 2021) argumenta que este método se fundamenta en la arquitectura cliente-servidor, que fragmenta el sistema en al menos dos componentes: un cliente que ofrece la interfaz de usuario y se comunica con el servidor, y un servidor que gestiona la lógica empresarial, acceso a la base de datos, seguridad, integridad de la información, entre otros. La división de roles favorece una mejor escalabilidad: por ejemplo, si se incrementa el número de usuarios o la cantidad de ejemplos digitalizados, se puede incrementar la capacidad del servidor sin necesidad de rediseñar por completo la interfaz del cliente.

Asimismo, centralizar la lógica empresarial simplifica la implementación de políticas de seguridad, control de acceso y auditorias, elementos esenciales en colecciones científicas donde los datos deben ser preservados, protegidos y tener trazabilidad. Además, destaca que la arquitectura cliente-servidor y las arquitecturas distribuidas permiten desplegar y administrar datos científicos de manera segura, garantizando la escalabilidad del sistema y la gestión centralizada de autenticación, autorización y mantenimiento sin afectar la interfaz del cliente.

Adicionalmente, los ERP no solo optimizan la gestión interna, sino que también permiten la creación de interfaces de consulta y servicios externos a través de APIs, lo que puede facilitar integraciones con estándares de biodiversidad como Darwin Core, con repositorios externos, o con otras aplicaciones académicas. Por ejemplo, en el proyecto COPO, la API del sistema permite exportar los metadatos recogidos utilizando estándares como Darwin Core, y en formatos interoperables como JSON o CSV, lo que demuestra cómo estas integraciones externas permiten que los datos no se queden aislados. En resumen, la combinación de ERP con una arquitectura cliente-servidor proporciona coherencia en la información, seguridad, escalabilidad, eliminación de redundancias, integración de imágenes y metadatos, así como capacidad de adaptarse a medida que crecen las exigencias del sistema (Shaw et al. 2024).

### Contenerización y Automatización de Entornos

#### Docker y Docker compose

En años recientes, la contenerización se ha transformado en una práctica casi común en la creación y mantenimiento de software, sobre todo en sistemas que necesitan ser reproducibles, portátiles, cometidos a pruebas frecuentes y que mantengan consistencias entre distintos entornos, Docker se destaca como una de las herramientas más populares para generar contenedores; integra la aplicación junto con todas sus dependencias, bibliotecas, configuraciones y el sistemas operativo, asegurando un comportamiento idéntico durante el desarrollo, pruebas y producción. Esto resuelve el antiguo dilema de “funciona en mi computadora” que a menudo genera diferencias cuando se transfiere código entre diversos entornos.

Docker Compose ofrece una capa sencilla de coordinación para aplicaciones compuestas por múltiples partes, como un servidor web, una base de datos, un servicio de imágenes y una interfaz. Permite especificar todos los servicios en un solo archivo docker-compose. yml, definiendo la forma en que se comunican entre ellos, los volúmenes que utilizan, sus dependencias, las variables de entorno y las redes, entre otros aspectos; esta herramienta facilita en gran medida tanto la implementación como el mantenimiento de aplicaciones complejas. Así se señala que Docker Compose hace que sea más sencillo crear aplicaciones con múltiples componentes, disminuyendo la dificultad del proceso de despliegue y permitiendo gestionar infraestructuras completas con un número reducido de comandos, lo cual es especialmente valioso en entornos científicos donde se necesita eficacia y capacidad de repetición en la implementación de plataformas de investigación (Ibrahim, Sayagh y Hassan 2021).

Entre los beneficios de la contenerización y la automatización se incluyen (Verma y Jain 2024):

* **Portabilidad:** el contenedor puede ser trasladado entre servidores, ambientes locales y nubes, sin necesidad de reconfigurar dependencias.
* **Consistencia:** el entorno permanece igual durante el desarrollo, pruebas y producción, minimizando errores ocasionados por diferencias en versiones de bibliotecas u otros elementos.
* **Escalabilidad y aislamiento:** permite levantar múltiples instancias del mismo servidor, distribuir la carga y aislar fallos en un componente sin impactar el funcionamiento del resto.
* **Despliegue rápido y reproducible:** gracias a Docker Compose y a scripts automatizados, se puede implementar todo un sistema con unos pocos comandos, lo que también facilita pruebas automatizadas y en tornos de desarrollo coherentes.
* **Mantenimiento más fácil:** la actualización de versiones de servicios, cambios de dependencias, pruebas en entornos aislados y el retorno a versiones anteriores se vuelve más organizados y seguro.

#### Portainer como herramienta de gestión de contenedores

Portainer es una herramienta de gestión de contenedores que cuenta con una interfaz gráfica, la cual proporciona una administración centralizada y fácil de usar para entornos como Docker, Docker Compose, Kubernetes o Podman, lo que simplifica notablemente las tareas cotidianas de desarrolladores y administradores. Aunque no hay una gran cantidad de estudios académicos recientes exclusivamente enfocados en Portainer, su desarrollo ha sido registrado en artículos técnicos, blogs especializados y documentos técnicos. Por ejemplo, el sitio oficial de Portainer explica cómo esta herramienta ha evolucionado desde ser una simple interfaz gráfica para Docker hasta convertirse en una opción más integral para ambientes de contenedores híbridos y orquestados (Portainer.io 2025).

Según (Cresswell 2024) posee las siguientes características principales:

* **Enfoque en Docker:** Principalmente, Portainer fue concebido para trabajar con Docker. Brindaba una interfaz gráfica amigable que eliminaba la necesidad de usar frecuentemente la línea de comandos, haciendo más simple y accesible la gestión de contenedores.
* **Facilidad antes que todo:** No era necesario ser un especialista en Docker para aprovechar al máximo Portainer. Hizo más fáciles tareas habituales, como la creación de nuevos contenedores, la administración de recursos y la supervisión del rendimiento.
* **Ambientes de un solo nodo:** Portainer sobresalía en la administración de entornos Docker de nodo único, lo que lo hacía ideal para desarrolladores que querían crear y manejar rápidamente sus contenedores sin tener que lidiar con la complejidad de la orquestación.
* **Enfoque en la interfaz de usuario:** Portainer fue desarrollado teniendo en cuenta la interfaz de usuario y el concepto de "Click-Ops" como el método principal para implementar, gestionar y operar el entorno de contenedores.

#### Nginx como servidor web y proxy inverso

Nginx, que se pronuncia "engine-X," es un servidor web de alto rendimiento que actúa de manera efectiva como un proxy inverso, distribuidor de carga y servidor de almacenamiento en caché. Su diseño basado en eventos y su eficiente gestión de conexiones simultáneas lo convierten en la opción perfecta para aplicaciones que necesitan alta disponibilidad y respuestas rápidas, incluso bajo condiciones de alta demanda. En un análisis realizado en 2025, Arifwidodo examina el rendimiento de Nginx utilizando el balanceo de carga con el algoritmo Weighted Round Robin sobre IPv6, mostrando que con la configuración adecuada, Nginx puede repartir la carga entre varios servidores manteniendo tiempos de respuesta razonables y un uso eficiente de la CPU (Arifwidodo 2025).

Basado en el análisis llevado a cabo por (Wenxiong, Lele y Zhibin 2024), se pueden mencionar algunos de los beneficios de utilizar Nginx:

* Reducción en el tiempo de respuesta al manejar solicitudes dinámicas, especialmente en sistemas X86, lo que optimiza los tiempos de respuesta en servicios que gestionan contenido que cambia constantemente.
* Mejoras en el desempeño de contenido estático en plataformas ARM con ciertas configuraciones, lo que facilita la rápida entrega de recursos como imágenes, archivos CSS, JS, entre otros.
* La optimización a través de ajustes en el sistema Linux (como la configuración de buffers, administración de procesos y utilización de la CPU) permite una mejora significativa en la eficiencia global de Nginx en entornos con alta demanda concurrente.
* Flexibilidad para adaptarse a diversas arquitecturas de hardware (X86 y ARM), lo que brinda la posibilidad de implementar soluciones más efectivas según los recursos disponibles: esto resulta valioso si se planea desplegar el sistema en servidores con diferentes capacidades.

## Plataforma Odoo en la digitalización de registros de datos botánicos

### Definición y Características

Odoo es un conjunto de aplicaciones de gestión empresarial (ERP) de código abierto que simplifica la automatización de diferentes procesos organizacionales, abarcando áreas como ventas, inventarios, finanzas, recursos humanos, y atención al cliente, entre otros. Nacidos como OpenERP, refleja su evolución y desarrollo técnico, siendo una de sus principales cualidades su estructura modular: las organizaciones pueden elegir únicamente los módulos que necesitan, lo que ayuda a reducir la complejidad, disminuir la carga del sistema, y maximizar el uso de recursos técnicos y humanos; la modularidad también permite hacer ajustes conforme a diferentes sectores, incluidos ámbitos académicos o científicos, donde las necesidades pueden ser muy concretas (Odoo 2023).

Otro aspecto clave es si interfaz web actualizada, que permite el acceso desde múltiples plataformas, además de contar con una comunidad activa de desarrolladores que se encargan de mantener y expandir los módulos, corregir fallos, y lanzar nuevas mejoras y versiones de forma continua. Odoo utiliza Python como lenguaje de programación en el backend y PostgreSQL como sistema de gestión de bases de datos, lo que asegura compatibilidad con tecnologías ampliamente utilizadas, buen soporte disponible, y capacidades sólidas para manejar aspectos como la persistencia, la integridad de los datos, la concurrencia, y el rendimiento, siempre que la configuración técnica realice de manera adecuada (Saeed 2025).

Cuando se habla de la Plataforma Odoo en la digitalización de registros de datos botánicos, se toma en cuenta cómo puede ser usada específicamente para capturar, gestionar, consultar y compartir datos botánicos, Odoo se convierte en el entorno en el que los registros de datos botánicos (taxonomía. Colecta. Ubicación, imágenes, metadatos) se estructuran, validan y consultan. Su modularidad permite que solo se instalen los módulos necesarios, adaptando la interfaz, los formularios y los flujos de trabajo al dominio de los herbarios (Leemann 2020).

### Estructura Técnica de Odoo (ORM y PostgreSQL)

De acuerdo con Shah y Bhavsar (2020) el ORM (Mapeo Objeto-Relacional) de Odoo es esencial para que los desarrolladores gestionen datos sin tener que redactar consultas SQL a mano; mediante clases en Python, se pueden crear modelos que reflejan entidades y relaciones en el dominio, añadiendo atributos, validaciones, campos calculados e herencia. Este tipo de abstracción no solo simplifica el proceso de desarrollo, sino que también asegura la coherencia y minimiza los errores al tratar con datos. El ORM de Odoo convierte de forma automática las definiciones de los modelos en acciones de base de datos, gestionando de manera eficiente las inserciones, actualizaciones y consultas, además de ofrecer mejoras como la ejecución en lote y el uso de caché; por esto, el ORM es un elemento clave para asegurar la eficacia, la facilidad de mantenimiento y la capacidad de expansión en sistemas complejos como los que se utilizan para digitalizar registros botánicos.

En lo que respecta a PostgreSQL, este es el sistema de base de datos que usa Odoo de manera predeterminada. Presenta múltiples ventajas esenciales para un sistema ERP que maneja grandes cantidades de datos, como soporte para transacciones ACID, concurrencia, integridad referencial, índices, particionamiento y funciones de mantenimiento como VACUUM y ANALYZE, por ejemplo, a medida que el sistema crece (con un gran número de registros o muchos usuarios al mismo tiempo), es crucial ajustar configuraciones como la memoria (shared\_buffers, work\_meme), la cantidad de conexiones, pool de conexiones (PgBouncer) y optimización de índices son fundamentales para mantener tiempos de respuesta adecuados (Saeed 2025).

En el ámbito de la digitalización de registros de botánica, la configuración técnica de Odoo, junto con su ORM y PostgreSQL, adopta un enfoque específico: los modelos (clases desarrolladas en Python) simbolizan entidades botánicas como Familia, Taxón, Colector, Imagen y Ubicación. Cada modelo establece campos (campos escalares, vínculos entre modelos) que reflejarán los elementos de los datos botánicos. Según la documentación oficial de Odoo, el ORM se ocupa de convertir esas definiciones en tablas y conexiones en PostgreSQL, asegurando que las consultas (búsqueda de especímenes por nombre, ubicación o colector) se lleven a cabo de manera eficaz y segura (Odoo 2023).

### Módulos personalizados y su Relevancia Académica

La posibilidad de crear módulos personalizados en Odoo permite la adaptación precisa a cada ámbito de aplicación especifico, como podría ser un herbario universitario. Se pueden desarrollar módulos que integren la recolección de metadatos específicos para herbarios (como etiquetas, colectores, fecha, ubicación, coordenadas), el manejo de imágenes de alta resolución, fotos de especímenes, interacción con estándares como Darwin Core o MIDS, elaboración de reportes científicos específicos, y flujo de trabajo para conservación o prestamos, etc (Odoo 2023).

Un ejemplo específico académico es MEDDPOP: Una herramienta para pequeñas y medianas empresas en el ámbito de la salud que utiliza ODOO. En este caso, se implementó Odoo para optimizar las tareas administrativas y operativas en una clínica dedicada a la otorrinolaringología. Esto mostró una mejora en los tiempos de respuesta y en la eficacia operativa, lo que indica que Odoo resulta ser una opción viable y efectiva en contextos con requisitos específicos y análisis detallado (Naranjo Sanchez y Ocaña Perez 2018).

## Metodología SCRUM para el desarrollo de aplicaciones web

### Principios fundamentales de SCRUM

Para asegurar un desarrollo efectivo, flexible y alineado con los requisitos del proyecto del programa de herbarios, se ha optado por la metodología Scrum, un marco ágil muy reconocible en la ingeniería de software por su efectividad en la gestión de proyectos complejos y en evolución continua. Scrum se distingue por su método iterativo y progresivo, lo que posibilita la entrega constante de valor y la adaptación del producto a las necesidades cambiantes de los usuarios y del contexto científico (Scrum.org 2025).

La selección de Scrum no se ha hecho al azar: en los proyectos de investigación científica, como el diseño de un programa para gestionar herbarios, es esencial mantener la trazabilidad de la información, asegurar la calidad del software y permitir que la aplicación crezca en función de las demandas. Scrum brinda estas ventajas al posibilitar un control exhaustivo del avance, una retroalimentación constante y un entorno en el que se pueden hacer ajustes de forma rápida y fundamentada.

Scrum se fundamenta en tres pilares clave: claridad, revisión y ajuste. Estos conceptos permiten que todos los miembros del proyecto tengan una perspectiva clara y común sobre el estado del desarrollo, los desafíos presentes y las posibilidades de mejora. La claridad asegura que las decisiones se realicen basándose en información precisa, la revisión ayuda a identificar problemas en etapas tempranas, y el ajuste garantiza que tanto los procesos como el producto se desarrollen de manera coherente y eficiente (Schwaber y Sutherland 2020).

### Componentes claves de SCRUM

Como argumenta Schwaber y Sutherland (2020), Scrum se organiza a través de roles, artefactos y eventos, cada uno de ellos diseñado para estructurar el trabajo y maximizar la eficiencia:

* **Roles:**
  + **Product Owner:** Responsable de definir qué se necesita construir y priorizar los requisitos, asegurando que el equipo trabaje siempre en aquello que aporta más valor.
  + **Scrum Master:** Actúa como facilitador y mentor, eliminando obstáculos y asegurando que se sigan las prácticas de Scrum de manera correcta.
  + **Development Team:** Equipo multidisciplinario y autoorganizado encargado de transformar los requerimientos en funcionalidades operativas, trabajando de manera colaborativa y autónoma.
* **Artefactos:**
  + **Product Backlog:** Lista dinámica y priorizada de todos los requisitos y mejoras posibles, que se va refinando y adaptando a medida que avanza el proyecto.
  + **Sprint Backlog:** Conjunto de tareas seleccionadas para un Sprint específico, que el equipo se compromete a cumplir.
  + **Incremento:** Resultado tangible y funcional del trabajo realizado durante el Sprint, siempre en condiciones de ser probado, validado y entregado.
* **Eventos:**
  + **Sprint:** Ciclo de trabajo de duración fija, generalmente de 2 a 4 semanas, en el cual se desarrollan funcionalidades completas y probadas.
  + **Sprint Planning:** Reunión inicial para definir objetivos, planificar tareas y asegurar que todos comprendan el alcance del Sprint.
  + **Daily Scrum:** Reunión breve diaria para sincronizar actividades, identificar obstáculos y planificar el trabajo del día.
  + **Sprint Review:** Evaluación de los resultados del Sprint, con participación de stakeholders para obtener retroalimentación inmediata.
  + **Sprint Retrospective:** Reflexión interna del equipo sobre el proceso y las prácticas, identificando mejoras para el próximo ciclo.

## Estándares de calidad en Software Científico

### Normas ISO/IEC 25010

La norma ISO/IEC 25010, que fue lanzada inicialmente como parte de la serie SQuaRE, define modelos de calidad tanto para el software como para su uso en contextos reales. La norma contempla 8 atributos de calidad del producto: adecuación funcional, fiabilidad, eficiencia de desempeño, usabilidad, seguridad, compatibilidad, mantenibilidad y portabilidad, cada uno de los cuales posee diversas subcaracterísticas que posibilitan una evaluación detallada del software; esta norma representa un avance respecto a normativas anteriores como la ISO/IEC 9126, integrando aspectos actuales de interoperabilidad, uso de recursos y comportamiento en distintas condiciones operativas (ISO/IEC 2023).

Un estudio recién titulado Software Quality Measurement for Functional Suitability, Performance Efficiency and Reliability Characteristics Using Analytical Hierarchy Process aplica ISO/IEC 25010 a un sistema académico para evaluar su calidad, analizando no solo la eficiencia en la respuesta (eficiencia de desempeño) sino también la adecuación funcional y la fiabilidad, con retroalimentación de usuarios, desarrolladores y expertos; este estudio resalta que la norma permite generar métricas objetivas y recomendaciones de mejora basados en valores cuantitativos (Sarwosri et al. 2023).

### Concepto de eficiencia y su relación con la norma ISO/IEC 25010

Dentro del modelo ISO/IEC 25010, la eficiencia de desempeño (Performance Efficiency) analiza en que grado un sistema aprovecha los recursos disponibles para ofrecer un rendimiento adecuando en condiciones determinadas, se incluyen subcaracterísticas como el comportamiento temporal que se refiere al tiempo de respuesta y la latencia del sistema la ejecutar funciones, va el uso de recursos que mide la memoria o ancho de banda que requiere para operar, y finalmente la capacidad que considera el volumen máximo de datos o número de usuarios que el sistema puede manejar de manera efectiva antes de degradar su rendimiento (ISO/IEC 2023).

Según (Sarwosri et al. 2023) en el ámbito del software científico, la eficiencia de desempeño es fundamental, dado que estos sistemas a menudo manejan grandes cantidades de datos, llevan a cabo cálculos complejos o permiten el acceso simultáneo de varios usuarios. El evaluar y mejorar el rendimiento asegura que actividades científicas —como búsquedas masivas, procesamiento de imágenes o consultas en tiempo real— puedan realizarse dentro de plazos razonables sin consumir excesivamente los recursos del sistema. Para un herbario digital, esto implica que tareas como la visualización de especímenes en alta resolución o la filtración de registros según criterios taxonómicos deben realizarse sin demoras que afecten la eficacia de los investigadores o estudiantes.

En síntesis, la eficiencia de desempeño representa no solo un parámetro técnico, sino una condición necesaria para garantizar la operatividad de aplicaciones científicas. Implementar pruebas de carga, supervisión continua de recursos y ajuste de infraestructura durante el desarrollo y la implementación permitirá mantener respuestas rápidas y un uso adecuado de recursos a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida del software.

### Métricas propuestas por la norma

Para evaluar la eficiencia de desempeño en un sistema, la norma y la literatura técnica de Pereira et al. (2023) sugiere algunas métricas claves:

* **Response Time (Tiempo de respuesta):** cuanto tarda el sistema un responder a una petición (por ejemplo, buscar un espécimen, cargar una imagen, generar un reporte); un tiempo de respuesta aceptable podría tener un umbral predefinido (como 2 segundos para consulta básicas).
* **Throughput (Rendimiento/tasa de procesamiento):** cuantas operaciones puede procesar el sistema por unidad de tiempo (por ejemplos, consultas por segundo, imágenes procesadas por minutos); esto es útil cuando cientos de usuarios interactúan o hay solicitudes simultaneas.
* **Resource utilization (Utilización de recursos):** porcentaje de uso de CPU, memoria, disco, ancho de red, durante operaciones normales y bajo carga. Por ejemplo, una métrica puede medir que el uso del CPU no debe exceder el 80% durante picos de carga para mantener un margen de operación.
* **Capacity (capacidad máxima):** número máximo de usuarios recurrentes, volumen máximo de datos (cantidad de imágenes, registros) que el sistema puede manejar manteniendo niveles aceptables de tiempo de respuesta.

Las métricas dichas permiten definir umbrales, realizar pruebas de carga y establecer criterios de aceptación para el sistema de digitalización. En contextos científicos, donde los usuarios requieren agilidad y confiabilidad, estas métricas ayudan a asegurar que el sistema no solo funcione, sino que funcione bien, incluso en escenarios exigentes.

### Importancia de la eficiencia en aplicaciones de digitalización de herbarios

La eficiencia de desempeño de las aplicaciones para digitalizar herbarios no es un lujo, sino algo esencial. Los sistemas ineficientes pueden provocar cuellos de botella: retrasos en la búsqueda de muestras, lentitud al mostrar imágenes, tiempos prolongados para importar grupos de registros, o bloqueos cuando varios investigadores realizan consultas al mismo tiempo; estas dificultades pueden desincentivar su uso y afectar la confianza en la herramienta.

En proyectos de digitalización de grandes colecciones, se ha observado que el trabajo humano —captura de imágenes, extracción de datos— ya es intensivo, y si el sistema adicionalmente responde lento, se reducen los rendimientos efectivos. Por ejemplo, en el análisis de tasas de digitalización de 105 participantes en herbaria, derivaron estimaciones laborales ajustadas que muestran como retrasos en el procesamiento digital pueden aumentar el costo humano y técnico del proyecto; además, cuando el sistema tiene buen desempeño, permite ejecutar batch processes, consultas complejas, generación de reportes masivos y exportaciones sin afectar el uso interactivo de la plataforma (Powell et al. 2021).

## Otros trabajos relacionados

La digitalización de herbarios se ha consolidado como un eje estratégico en la gestión del conocimiento científico, debido a que la preservación de especímenes físicos y, al mismo tiempo, la difusión masiva de información botánica en plataformas digitales. El proceso implica no solo capturar imágenes, sino también estructurar datos taxonómicos y ecológicos bajo estándares internacionales, lo que garantiza su interoperabilidad y utilidad en distintos contextos de investigación. Diferentes trabajos previos, tanto internacionales como nacionales, han abordado la problemática desde diferentes perspectivas, aportando metodologías, herramientas y resultados que constituyen un marco referencial sólido para el presente proyecto.

El estudio de Nieve de la Hidalga et al. (2020) presenta un referente metodológico al diseñar un flujo de trabajo integral con control de calidad incorporado para la digitalización de colecciones botánicas; su propuesta combina la captura de imágenes en alta resolución con un sistema de verificación automática de calidad, basada en algoritmos que detectan problemas como desenfoque, variación de color o baja resolución. La metodología incluye etapas bien definidas como: preparación del espécimen, captura digital estandarizada, validación automática, validación por expertos humanos y publicación de datos en plataformas globales. Gracias a esta estructura, lograron reducir significativamente los errores de captura de imágenes y establecer un proceso reproducible aplicable a diversas instituciones. El impacto fue notable, pues el sistema permitió digitalizar más de 300 000 especímenes con niveles de calidad adecuados para estudios taxonómicos y de biodiversidad, demostrando que la incorporación de control de calidad desde el inicio del flujo de trabajo optimiza tiempo, recurso y confianza en los resultados.

En una línea complementaria, Niedzielski y Markiewicz (2023) profundiza que la digitalización de herbarios deber ser entendida no solo como un mecanismo de conservación, sino también como una herramienta de valorización y comercialización del conocimiento científico; su investigación, desarrollada en universidades y centros de investigación europeos, analizó cómo la estructura digital adecuada de colecciones puede potenciar la visibilidad institucional, fomentar colaboraciones internacionales y generar valor económico a través de servicios asociados (consultorías, datos abiertos, publicaciones). La metodología consistió en estudios de caso y análisis de indicadores de transferencia tecnológica en colecciones digitalizadas. Los resultados muestran que las instituciones que implementan plataformas digitales robustas incrementan en más de 25% el acceso global a sus colecciones, aumentando la citación de sus registros en publicaciones científicas y participan con mayor frecuencia en proyectos colaborativos de ciencia abierta; el estudio evidencia la digitalización, cuando se articula con objetivos estratégicos, se convierte en un activo clave no solo científico. Sino también institucional y económico.

En el ámbito nacional, el trabajo de Urgilés Guerrero (2018) es un ejemplo práctico de como implementar la digitalización en entornos universitarios ecuatorianos; el autor desarrolló un sistema informático web para el Herbario GUAY de la Universidad de Guayaquil, usando tecnologías de código abierto como PHP, MySQL y librería de geolocalización (Google Maps API). La metodología comprendió: modelado de la base de datos, deseño de una interfaz web de fácil acceso, digitalización fotográfica de especímenes u la integración de un visor geográfico interactivo que permitiera localizar las muestras en sus sitios de colecta. El sistema logró registrar y digitalizar más de 10 000 especímenes, incorporando tanto imágenes como descripciones taxonómicas y coordenadas geográficas, uno de los aportes más importantes fu ale implementación de un módulo de geolocalización, lo que no solo permitió visualizar la distribución de las especies, sino también abrir posibilidades para el análisis espacial de la biodiversidad en el Ecuador.

Por su parte, el aporte de Saya (2017), desarrollado en el Museo Municipal de Ciencias Naturales Lorenzo Scaglia (Argentina), se centra en la organización del conocimiento como base para la digitalización eficiente; a través de la construcción de una taxonomía personalizada, se buscó mejorar la clasificación y recuperación de la información botánica. El trabajo se estructuró en la creación de jerarquías taxonómicas, asignación de metadatos controlados y pruebas de recuperación de información. Sus resultados evidenciaron que el uso de una taxonomía especializada incremento en 40% la eficiencia en la recuperación de datos, al reducir errores de búsqueda y mejorar la precisión en la identificación de especímenes digitalizados; esto pone de relieve que la digitalización no solo requiere infraestructura tecnológica, sino más bien estructuras conceptuales que permitan ordenar y recuperar el conocimiento de forma científica.

Los antecedentes constituyen una base referencial sólida para el presente proyecto, el cual propone la implementación de un módulo digital en Odoo que integre datos e imágenes del Herbario institucional de la ESPOCH. En consonancia con las buenas prácticas documentadas y con las experiencias exitosas previas, este trabajo busca contribuir al fortalecimiento de la eficiencia, la interoperabilidad y la accesibilidad de los recursos botánicos, alineándose con los estándares modernos de gestión científica digital.

#### Título cuatro el que corresponda

Describir el párrafo correspondiente

Describir el siguiente párrafo

Siguiente párrafo

# CAPÍTULO III

# MARCO METODOLÓGICO

# CONCLUSIONES

Describir el párrafo correspondiente

Describir el siguiente párrafo

Siguiente párrafo

# RECOMENDACIONES

Describir el párrafo correspondiente

Describir el siguiente párrafo

Siguiente párrafo

# GLOSARIO (OPCIONAL)

Describir el glosario

# BIBLIOGRAFÍA

Describir la Bibliografía como se encuentra en el PDF de estructura de la Bibliografía

ADDINK, W., DILLEN, M., GROOM, Q., GLÖCKLER, F., NORTON, B., PAUL, D., PETERSEN, M., SAARENMAA, H. y GÜNTSCH, A., 2020. Minimum Information about a Digital Specimen (MIDS). [en línea]. [consulta: 19 septiembre 2025]. Disponible en: https://www.tdwg.org/community/cd/mids/.

ARDALIS, S., 2022. Characteristics of modern web applications - .NET. [en línea]. [consulta: 1 octubre 2025]. Disponible en: https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/modern-web-apps-azure/modern-web-applications-characteristics.

ARIFWIDODO, B., 2025. Analysis of Nginx Web Server Performance Using IPv6 with Load Balancing Method Based on Weighted Round Robin Algorithm Scheduling. *Journal of Informatics Information System Software Engineering and Applications (INISTA)*, vol. 7, no. 2, pp. 138-147. ISSN 2622-8106. DOI 10.20895/inista.v7i2.1107.

CRESSWELL, N., 2024. Portainer Then vs. Now: The Evolution of Container Management. [en línea]. [consulta: 15 octubre 2025]. Disponible en: https://www.portainer.io/blog/portainer-then-vs--now-the-evolution-of-a-container-management-powerhouse?utm\_source.

DILLEN, M., HUYBRECHTS, P., GROOM, Q. y DELGAT, L., 2022. Calculating the Digitization Level of Specimens with the Minimum Information about a Digital Specimen (MIDS) Standard. *Biodiversity Information Science and Standards* [en línea]. S.l.: Pensoft Publishers, pp. e90879. [consulta: 19 septiembre 2025]. vol. 6. DOI 10.3897/biss.6.90879. Disponible en: https://biss.pensoft.net/article/90879/.

GARCÍA NÚÑEZ, A., OLMEDO FLORES, J.L., GARCÍA NÚÑEZ, A. y OLMEDO FLORES, J.L., 2021. Arquitectura distribuida de alta disponibilidad para la detección de fraude. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 15, no. 4, pp. 199-224. ISSN 2227-1899.

GBIF, 2018. Data quality requirements: Occurrence datasets. [en línea]. [consulta: 19 septiembre 2025]. Disponible en: https://www.gbif.org/data-quality-requirements-occurrences.

HEDRICK, B.P., HEBERLING, J.M., MEINEKE, E.K., TURNER, K.G., GRASSA, C.J., PARK, D.S., KENNEDY, J., CLARKE, J.A., COOK, J.A., BLACKBURN, D.C., EDWARDS, S.V. y DAVIS, C.C., 2020. Digitization and the Future of Natural History Collections. *BioScience*, vol. 70, no. 3, pp. 243-251. ISSN 0006-3568. DOI 10.1093/biosci/biz163.

IBRAHIM, M.H., SAYAGH, M. y HASSAN, A.E., 2021. A study of how Docker Compose is used to compose multi-component systems. *Empirical Software Engineering*, vol. 26, no. 6, pp. 128. ISSN 1573-7616. DOI 10.1007/s10664-021-10025-1.

ISO/IEC, 2023. *ISO/IEC 25010:2023 Systems and software engineering - Systems and software Quality Requeriments and Evaluation (SQuaRE) - Product quiality model.* S.l.: ISO.

JAMES, S.A., SOLTIS, P.S., BELBIN, L., CHAPMAN, A.D., NELSON, G., PAUL, D.L. y COLLINS, M., 2018. Herbarium data: Global biodiversity and societal botanical needs for novel research. [en línea], [consulta: 1 octubre 2025]. DOI 10.1002/aps3.1024. Disponible en: https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aps3.1024.

LEEMANN, D., 2020. Building a powerful Geodata Management System with Odoo. *Odoo* [en línea]. [consulta: 1 octubre 2025]. Disponible en: https://www.odoo.com/es/event/odoo-experience-2020-2622/track/building-a-powerful-geodata-management-system-with-odoo-2145.

MANDRIOLI, M., 2023. From Dormant Collections to Repositories for the Study of Habitat Changes: The Importance of Herbaria in Modern Life Sciences. *Life*, vol. 13, no. 12, pp. 2310. ISSN 2075-1729. DOI 10.3390/life13122310.

NARANJO SANCHEZ, B.A. y OCAÑA PEREZ, J.P., 2018. Meddpop: Una Aplicación para Pymes del Sector Salud Basada en Odoo. *Innova Research Journal* [en línea], vol. 3, no. 3, [consulta: 19 septiembre 2025]. ISSN 2477-9024. DOI 10.33890/innova.v3.n8.1.2018.809. Disponible en: https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/809.

NELSON, G. y ELLIS, S., 2018. The history and impact of digitization and digital data mobilization on biodiversity research. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 374, no. 1763, pp. 20170391. DOI 10.1098/rstb.2017.0391.

NIEDZIELSKI, P. y MARKIEWICZ, J., 2023. DIGITALIZATION OF HERBARIUM COLLECTIONS AS A TOOL FOR THE COMMERCIALIZATION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE. *Procedia Computer Science*, vol. 225, pp. 2194-2203. ISSN 1877-0509. DOI 10.1016/j.procs.2023.10.210.

NIEVE DE LA HIDALGA, A., ROSIN, P., SUN, X., BOHAERTS, A., DE MEETER, N., DE SMEDT, S., VAN SCHIJNDEL, M., VAN WAMBEKE, P. y GROOM, Q., 2020. Designing an Herbarium Digitisation Workflow with Built-In Image Quality Management. [en línea], [consulta: 19 septiembre 2025]. Disponible en: https://bdj.pensoft.net/article/47051/.

ODOO, 2023. Odoo Documentation — Odoo 17.0 documentation. [en línea]. [consulta: 19 septiembre 2025]. Disponible en: https://www.odoo.com/documentation/17.0/.

ORELLANA, K.S., GILBERT, E., WALKER, L.J., PEARSON, K., PRADO, L.R., POST, G., YOST, J. y FRANZ, N., 2022. Taxonomic Curation in a Multi-taxa Symbiota Portal. *Biodiversity Information Science and Standards* [en línea]. S.l.: Pensoft Publishers, pp. e93671. [consulta: 8 octubre 2025]. vol. 6. DOI 10.3897/biss.6.93671. Disponible en: https://biss.pensoft.net/article/93671/.

PEREIRA, D., BEZERRA, L., NUNES, J. y BARROZA, I., 2023. Performance Efficiency Evaluation based on ISO/IEC 25010:2011 applied to a Case Study on Load Balance and Resilient. *ResearchGate* [en línea]. S.l.: s.n., [consulta: 24 septiembre 2025]. DOI 10.5753/wtf.2023.787. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/371764897\_Performance\_Efficiency\_Evaluation\_based\_on\_ISOIEC\_250102011\_applied\_to\_a\_Case\_Study\_on\_Load\_Balance\_and\_Resilient.

PORTAINER.IO, 2025. Whitepapers | Portainer.io. [en línea]. [consulta: 15 octubre 2025]. Disponible en: https://www.portainer.io/resources/discover/whitepapers?utm\_source=chatgpt.com.

POWELL, C., KRAKOWIAK, A., FULLER, R., RYLANDER, E., GILLESPIE, E., KROSNICK, S., RUHFEL, B., MORRIS, A.B. y SHAW, J., 2021. Estimating herbarium specimen digitization rates: Accounting for human experience. *Applications in Plant Sciences*, vol. 9, no. 4, pp. e11415. ISSN 2168-0450. DOI 10.1002/aps3.11415.

SAEED, O., 2025. The Odoo Performance Fix You’ve Been Looking For. *Stormatics* [en línea]. [consulta: 19 septiembre 2025]. Disponible en: https://stormatics.tech/blogs/odoo-crm-performance-fix.

SARWOSRI, S., ROCHIMAH, S., YUHANA, U.L. y HIDAYAT, S.B., 2023. Software Quality Measurement for Functional Suitability, Performance Efficiency, and Reliability Characteristics Using Analytical Hierarchy Process. *JOIV : International Journal on Informatics Visualization*, vol. 7, no. 4, pp. 2421-2426. ISSN 2549-9904. DOI 10.62527/joiv.7.4.2441.

SAYA, J., 2017. *Sistema de organización del conocimiento: una taxonomía para el herbario del Museo Municipal de Ciencias Naturales Lorenzo Scaglia* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Mar de Plata. Disponible en: https://humadoc.mdp.edu.ar/files/original/ab74c1b2b32460f374cade781d686c8006603228.pdf.

SCHWABER, K. y SUTHERLAND, J., 2020. *The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game* [en línea]. 2020. S.l.: s.n. Disponible en: https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-Spanish-European.pdf.

SCRUM.ORG, 2025. What is Scrum? | Scrum.org. [en línea]. [consulta: 8 octubre 2025]. Disponible en: https://www.scrum.org/resources/what-scrum-module.

SHAH, K. y BHAVSAR, H., 2020. Designing a Framework for Data Migration of Odoo ERP PostgreSQL Database into NoSQL Database. En: S. SMYS, A.M. ILIYASU, R. BESTAK y F. SHI (eds.), *New Trends in Computational Vision and Bio-inspired Computing: Selected works presented at the ICCVBIC 2018, Coimbatore, India* [en línea]. Cham: Springer International Publishing, pp. 491-500. [consulta: 1 octubre 2025]. ISBN 978-3-030-41862-5. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-41862-5\_47.

SHAW, F., MINOTTO, A., MCTAGGART, S., PROVIDENCE, A., HARRISON, P., PAUPÉRIO, J., RAJAN, J., BURGIN, J., COCHRANE, G., KILIAS, E., LAWNICZAK, M.K.N. y DAVEY, R., 2024. COPO - Managing sample metadata for biodiversity: considerations from the Darwin Tree of Life project. *Wellcome Open Research*, vol. 7, pp. 279. ISSN 2398-502X. DOI 10.12688/wellcomeopenres.18499.3.

SOLIMAN, M. y KARIA, N., 2025. Enterprise Resource Planning (ERP) Systems in the Egyptian Higher Education Institutions: Benefits, Challenges and Issues. *ResearchGate* [en línea]. S.l.: s.n., [consulta: 8 octubre 2025]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316701745\_Enterprise\_Resource\_Planning\_ERP\_Systems\_in\_the\_Egyptian\_Higher\_Education\_Institutions\_Benefits\_Challenges\_and\_Issues.

TDWG, 2023. Darwin Core Quick Reference Guide. [en línea]. [consulta: 19 septiembre 2025]. Disponible en: https://dwc.tdwg.org/terms/.

TOALA, F., MALDONADO, K., TOALA, M. y ÁLAVA, J., 2021. Impacto del intranet y extranet en el desarrollo empresarial. , vol. 14, no. 9, pp. 28-41. ISSN 2306-2495.

URGILÉS GUERRERO, L.A., 2018. *Desarrollo e implementación de un sistema informático web para la administración y gestión del herbario ‘GUAY’ de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil usando tecnología open source con capacidad de geolocalización* [en línea]. S.l.: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería En Sistemas Computacionales. [consulta: 19 septiembre 2025]. Disponible en: http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35749.

VERMA, R. y JAIN, P., 2024. Containerization in Cloud: Docker, Kubernetes, and Beyond. *ResearchGate* [en línea]. [consulta: 8 octubre 2025]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/385002203\_Containerization\_in\_Cloud\_Docker\_Kubernetes\_and\_Beyond.

WENXIONG C., LELE L.I. y ZHIBIN Y.U., 2024. Comparative Analysis of Nginx Performance Tuning Based on Linux System Parameters on X86 versus ARM Architectures. *Journal of Integration Technology*, vol. 13, no. 6, pp. 16-30. ISSN 2095-3135. DOI 10.12146/j.issn.2095-3135.20240307002.

# ANEXOS

**ANEXO A:** DESCRIBIR EN MAYÚSCULA EL NOMBRE CORRESPONDIENTE