

# ESTADO DE LA INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE COLECCIONES DE BIODIVERSIDAD: UN MAPEO SISTEMÁTICO DE LA LITERATURA

State of research in biodiversity collection management systems:  
A systematic mapping of the literature

Karina Valdés-Iglesias <sup>1</sup>	gcvaldesiglesiaskarina@gmail.com
Jorge Octavio Ocharán-Hernández <sup>2</sup>	jocharan@uv.mx
Juan Carlos Pérez-Arriaga <sup>3</sup>	juaperez@uv.mx
Christian Alejandro Delfín-Alfonso <sup>4</sup>	cdelfin@uv.mx

<sup>1,2,3,4</sup> Universidad Veracruzana.

## RESUMEN

Las colecciones de biodiversidad permiten tomar decisiones para la preservación de un ecosistema. Ya que poseen una relación entre el aumento o disminución de la población de especies ligado a la erosión de su hábitat. Por lo que el crecimiento de estas ha impulsado la necesidad de migrar hacia sistemas de administración de biodiversidad que sigan el ciclo de vida establecido por la Ingeniería de Software. Es crucial tener un conocimiento actualizado sobre el estado del arte en los sistemas de administración de colecciones de biodiversidad, conocer las estrategias que se han implementado en conjunto de los beneficios para investigaciones académicas. Motivando a la futura implementación de los sistemas y proveyendo una base de los elementos a considerar para su construcción. Por esta razón, se llevó a cabo un mapeo sistemático de la literatura en base a la guía de Kitchenham, abordando las características y esfuerzos en este campo. Los hallazgos revelan: (i) El desarrollo de sistemas de administración de colecciones de biodiversidad está experimentando un crecimiento significativo a nivel nacional. Al igual que universidades han comenzado a implementarlos en sus herbarios. (ii) La tecnología predominante empleada es PHP en el *framework* de Laravel, principalmente debido a sus funciones incorporadas que facilitan el desarrollo de aplicaciones con recursos limitados. (iii) Los estándares más

comúnmente utilizados son el International Code of Botanical Nomenclature y el Darwin Core. (iv) Los sistemas de administración de colecciones de biodiversidad ofrecen beneficios sustanciales al mantener la consistencia y accesibilidad de los datos, facilitando así la toma de decisiones para la preservación de la biodiversidad. (v) Los atributos de calidad de mayor interés incluyen: accesibilidad, facilidad de aprendizaje, reconocimiento adecuado, desempeño en tiempo real e interoperabilidad que puede apoyar en la definición de requisitos no funcionales durante el desarrollo de sistemas. (vi) Los sistemas de administración de colecciones de biodiversidad a nivel local muestran una mayor frecuencia de desarrollo en el ámbito botánico en comparación con el zoológico, esto debido a la facilidad de recolección. Estos hallazgos proporcionan una justificación sólida para la implementación de sistemas de administración de colecciones de biodiversidad, junto con pautas para sus funcionalidades principales y atributos de calidad relevantes. Asimismo, ofrecen un punto de partida valioso para el desarrollo de futuros sistemas en este ámbito.

**Palabras Clave:** sistemas de administración de biodiversidad, colección de biodiversidad, bases de datos de biodiversidad, Mapeo sistemático de la literatura, síntesis narrativa.

## ABSTRACT

Biodiversity collections allow making decisions for the preservation of an ecosystem since they have a relationship between the increase or decrease in species population linked to the erosion of their habitat. Therefore, the growth of these collections has driven the need to migrate towards biodiversity management systems that follow the life cycle established by Software Engineering. It is crucial to have up-to-date knowledge about the state of the art in biodiversity collection management systems, understanding the strategies implemented along with the benefits for academic research. This motivates the future implementation of systems, providing a foundation for the elements to consider in their construction. For this reason, a systematic literature mapping was carried out based on the Kitchenham guide, addressing the characteristics and efforts in this field. The findings reveal: (i) The development of biodiversity collection management systems is experiencing significant growth nationally, with universities starting to implement them in their herbaria. (ii) The predominant technology used is PHP in the Laravel framework, mainly due to its built-in functions that facilitate the development of applications with limited resources. (iii) The most used standards are the International Code of Botanical Nomenclature and the Darwin Core. (iv) Biodiversity collection management systems offer substantial benefits by maintaining consistency and accessibility of data, thus facilitating decision-making for biodiversity preservation. (v) Quality attributes of interest include accessibility, ease of learning, adequate recognition, real-time performance, and interoperability that can support the definition of non-functional requirements during system development. (vi) Biodiversity collection management systems at the local level show a higher frequency of development in the botanical domain compared to the zoological, primarily due to the ease of collection. These findings provide a solid justification for the implementation of biodiversity collection management systems, along with guidelines for their main functionalities and relevant quality attributes. Additionally, they offer a valuable starting point for the development of future systems in this domain

**Keywords:** biodiversity management systems, biodiversity collection, biodiversity databases, systematic literature mapping, narrative synthesis

## » I. Introducción

En la actualidad, la conservación de la biodiversidad incluye la protección de especies en riesgo (ej. en peligro de extinción) y el mantenimiento de áreas silvestres. Motivo por el cual es uno de los principales problemas del siglo 21. La biodiversidad es afectada por la destrucción y fragmentación del hábitat, caza ilegal y la explotación de especies, entre otras [1]. Para mitigar la erosión de la biodiversidad se monitorea los proyectos de conservación y sostenibilidad ya sea por organizaciones gubernamentales o educativas para fines de divulgación científica [2]. Ya que la biodiversidad, se ha enfrentado continuamente desafíos que han resultado en procesos de defaunación a nivel global, como señala Dirzo et al. (2014). De tal forma que muchas especies animales, es posible que solo las identifiquemos en colecciones biológicas en universidades públicas y privadas. Es por ello por lo que resulta necesario un inventario de los especímenes de colecciones de biodiversidad que proveen una evidencia física de la presencia y existencia de ellos. Las colecciones de biodiversidad utilizan datos fiables y se dificulta su consulta al no encontrarse registrados a bases de datos normalizadas. Puesto que, al almacenarse en un laboratorio aislado, la divulgación de la colección se limita a nivel local.

La globalización de la biodiversidad es afectada por no aplicar técnicas de escalabilidad en la base de datos que permitan la interoperabilidad y accesibilidad de los datos taxonómicos [3]. La accesibilidad se convierte en un limitante que afecta la reutilización y análisis de la información para investigaciones académicas que ayudan para toma de decisiones para conservación el ambiente [4].

Las colecciones requieren un sistema que administre su base de datos estandarizada y estructurada; los cuales son sistemas de administración de colecciones de biodiversidad. Su objetivo principal es desarrollar un sistema que permita la interoperabilidad de conocimientos en una amplia gama de sistemas locales, e integrarlos en arquitecturas de conocimiento global [5]. Sin embargo, es necesario seguir un método antes de comenzar el desarrollo de este. Momento donde

la Ingeniería de Software ayuda herramientas y técnicas para verificar los requisitos actuales y planificar para los nuevos, incluyendo los atributos de calidad. Elaborar una clasificación antes de pasar al diseño de la base de datos posee como principio la capacidad de recuperación [3] y, posteriormente comenzar con la implementación siguiendo una trazabilidad con los requisitos y diseño.

En relación con nuestro estudio, el objetivo principal es conocer el estado del arte del desarrollo de los sistemas de administración de colecciones de biodiversidad. Identificar los avances al igual que las características propias que benefician a los atributos de calidad mencionados anteriormente. Involucrando la documentación utilizada como los estándares taxonómicos. Junto con los retos actuales orientados a la globalización de la biodiversidad descrita. Buscando motivar el desarrollo de los sistemas a nivel local y proveer puntos de mejora para los implementados en la actualidad.

## » II. Método de investigación

El primer paso fue la elaboración de una búsqueda manual de mapeos y revisiones sistemáticas de la literatura por medio del navegador de Google Scholar. Esto con el fin de conocer el estado de la investigación del tema. Siendo el único resultado una revisión sistemática de la literatura titulada "Aplicación de la visión de Computadora y Machine Learning para la digitalización de especímenes del herbario". Donde su principal objetivo fue buscar técnicas y aplicaciones utilizadas para digitalización del herbario, al igual que los desafíos existentes a partir de las limitaciones de los recursos de la universidad. Con los resultados de la revisión se detallaba una solución, junto con los materiales usados para su implementación [6].

Esa revisión fue centrada en la digitalización de un herbario de una universidad. Los investigadores buscaron técnicas de clasificación de Machine Learning. Apegados a un presupuesto limitado. Se nota la diferencia de perspectiva con nuestro mapeo. Ya que nuestro objetivo es localizar el

estado del arte de los sistemas de administración de colecciones. Proveyendo pautas para la especificación de requisitos funcionales y atributos de calidad; a los investigadores.

Por lo cual desarrollamos el mapeo sistemático de la literatura siguiendo el método de [7], que se divide en tres fases principales: Planeación, conducción y documentación. Para el análisis de los datos se utilizó la síntesis narrativa, que se presentará en los siguientes apartados de la ejecución del método.

- PI-1: ¿Cuáles son los sistemas de administración de colecciones de biodiversidad que se encuentran en uso? PI-2: ¿Qué tecnologías fueron utilizadas en la construcción de estos sistemas?
- PI-2.1: ¿Cuáles fueron los criterios de selección para el uso de estas tecnologías?
- PI-3: ¿Qué estándares taxonómicos fueron utilizados en la construcción de estos sistemas?
- PI-4: ¿Cuáles fueron los beneficios de la digitalización de una colección de biodiversidad para la investigación de la biodiversidad de las especies?
- PI-5: ¿Cuáles son los retos actuales en el desarrollo de sistemas para administración de colecciones de biodiversidad?
- PI-6: ¿Qué tipos de especímenes se encuentran registrados en las colecciones que cuentan con un sistema de administración?

### II-1. Proceso de búsqueda

: En el proceso se siguieron dos estrategias: búsqueda manual y búsqueda automatizada. Con el fin de asegurar la calidad en la recaudación de estudios para la futura extracción. Las cuales detallaremos a continuación:

**1. Búsqueda manual:** Especificadas las preguntas de investigación, se seleccionaron las bases de datos donde se realizará la búsqueda. Las cuales son: IEEE Xplore Digital Library, ACM Digital Library son recomendadas por [7]; Science Direct y Springer Link, son bases de datos multidisciplinarias de apoyo a nuestro tema; y por último BioOne por ser una base de

datos referente a temas biológicos.

- *Construcción de la cadena:* Los journals de SpringerLink representativos de nuestro tema fueron: BMC Bioinformatics, BMC Ecology y Biodiversity and Conservation para comenzar con una búsqueda manual. En la que se identificaron seis estudios primarios de nuestro tema. Donde se localizó palabras claves para la elaboración de la cadena.
- *Evaluación de la cadena:* La validación de la cadena se apoyó de las fórmulas propuestas por Zhang et al., calculando la recuperación y precisión de una cadena en una base de datos permite verificar la calidad de las distintas cadenas formadas. Ya que los estudios primarios reconocidos se encontraron en SpringerLink, es la base donde se escogió la evaluación.

**2. Búsqueda automatizada:** Los mapeos de acuerdo con Zhang deben tener una recuperación de mínimo 0.8 para que una cadena se catalogue fiable para la búsqueda automatizada. Por lo que en la Tabla A1 se encuentran las distintas evaluaciones de cadenas en la base de datos de SpringerLink, la cual puede ser consultada en los anexos. La cadena de búsqueda obtuvo un 0.83 de rendimiento y 0.015 de precisión. Cumpliendo el requerido por Zhang para que una cadena sea considerada fiable, la cual fue la siguiente: **(“Biodiversity“ OR “Biological data“ OR “GBIF“) AND (“Information System“ OR “Portals“ OR “Standard“ OR “Dataset“)**

## II-2. Proceso de selección:

**1. Criterios de selección:** Con la cadena seleccionada, se escogieron los criterios para la evaluación en cada base de datos. Siendo el principal objetivo de los criterios el asegurar la calidad de los estudios y optimizar el proceso de evaluación con ayuda de los filtros previstos por cada base de datos. Que se describen a continuación:

### *Criterios de inclusión*

CI-1: Fecha de publicación entre agosto 2017 y

septiembre de 2022.

CI-2: El estudio se encuentra en inglés.

CI-3: El título da indicios de responder alguna de las preguntas de investigación.

CI-4: El *abstract* da indicios de responder alguna de las preguntas de investigación.

CI-5: Texto completo disponible.

CI-6: El texto completo del estudio contesta al menos una de las preguntas de investigación.

### *Criterios de exclusión*

CE-1: No se incluye información sobre biodiversidad, por ejemplo: médicas, toxicológicas, químicas. Entre otras.

CE-2: El estudio es un resumen, presentación u opinión. CE-3: Estudio duplicado.

Son un total de tres fases para la evaluación de cada estudio. La primera fase son los criterios de inclusión CI-1, CI-2 y de exclusión CE-1, CE-2 donde se buscó descartar los artículos que no son de apoyo a nuestro tema de investigación. En la segunda fase son los criterios de inclusión de CI-3, CI-4 y CI-5 en la búsqueda de respuestas a las preguntas de investigación. La última fase involucra el criterio de inclusión CI-6 y el criterio de exclusión CE-3 asegurando que los documentos finales respondan una o más preguntas de investigación.

**2. Extracción de datos:** La extracción de datos se divide en dos apartados, los cuales son:

- Datos de la publicación: Información necesaria para identificar el artículo. Los campos para considerar: Título, autores, año, fuente, convenio, palabras clave, resumen y tipo de publicación.
- Datos para la síntesis: Campos relacionados a alguna pregunta de investigación. Se localizaron palabras claves de cada pregunta que nos conduzcan a la respuesta que posteriormente fue clasificada en un análisis estadístico. Los campos fueron:
  - a) Sistemas de administración de colecciones de biodiversidad vigentes: Relacionada a la pregunta PI-1.
  - b) Tecnologías seleccionadas en los sistemas de administración de colecciones de biodiversidad: Relacionada a la pregunta PI-2.

- c) Estándares taxonómicos utilizados para los sistemas de administración de colecciones de bio- diversidad: Relacionada a la PI-3.
- d) Beneficios de los sistemas de administración de colecciones de biodiversidad: Relacionada con la pregunta PI-4.
- e) Retos actuales de los sistemas de administración de colecciones de biodiversidad: Relacionada con la pregunta PI-5.
- f) Población y Jerarquía de las colecciones de biodiversidad: Relacionada a la pregunta PI-6.

**3. Síntesis de datos:** Se siguió el proceso de la síntesis narrativa que se basa en el uso de palabras claves y texto para resumir y explicar los resultados por medio de datos estadísticos y descripción de las conclusiones.

Proceso que se siguió se dividió en: Valoración crítica, descripciones y clusters, tabulación y gráficas [8].

#### II-A. Conducción

En la FIGURA que se encuentra en anexos. Fue diseñada con el diagrama de flujo de mapeos sistemáticos ROSES,

s.f. En la primera etapa se muestran los resultados del proceso de selección de las bases de datos contempladas, con SpringerLink con diez, IEEE Xplore con ocho, ACM Digital Library con dos y BioOne junto con Science Direct con uno respectivamente. Desviándonos del proceso de Kitchenham, se realizó una búsqueda en Google Scholar, con el fin de encontrar artículos que no se encontrarán indexados en una de las bases de datos contempladas. Donde se encontró un journal de acceso libre titulado Biodiversity Data Journal que pertenece PenSoft que es una editorial de literatura científica con sede en Sofía, Bulgaria. En la cual se siguió el proceso de los criterios de selección, obteniendo seis artículos. Que al sumarse con los localizados en las bases de datos nos da un total de 29 artículos. Con los estudios seleccionados que se encontrarán citados

en los anexos, se usó la herramienta MAXQDA. La cual proporciona las funcionalidades para generar códigos de nuestros campos de extracción y agruparla por segmentos. Ayudando a organizar la información para la tabulación y elaboración de gráficas para responder nuestras preguntas de investigación.

### ► III. Resultados

#### III-A. Distribución de los estudios

En la búsqueda automatizada de las cinco bases de datos seleccionadas (ver Figura 1). La mayor cantidad de estudios fue en SpringerLink con un total de 10 estudios. Ya que en esta fue que la evaluación de nuestra cadena y donde pertenecen los dos journals representativos. La clasificación de forma descendente fue: IEEE Xplore con ocho, Biodiversity Data Journal con 7, ACM Digital Library con dos estudios y ScienceDirect junto con BioOne con uno.

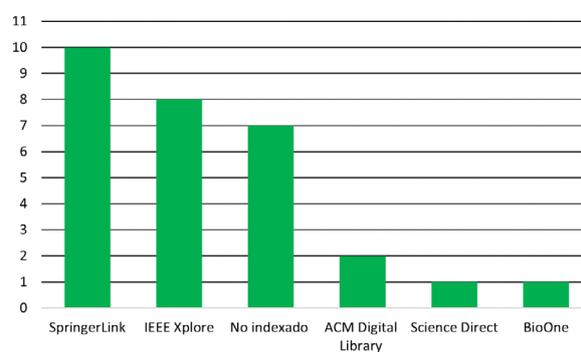


Fig. 1. Distribución de estudios por base de datos.

En la Figura 2, muestra la distribución de los estudios por año. Siendo 2021 el que posee un mayor interés en el tema con un total de nueve estudios el año y 2019 el de menor cantidad con uno. Se observa que no hay una tendencia clara de decremento a pesar de la notable reducción en 2019. Sin embargo, en los siguientes, el número fue en aumento, consolidarse en el 2022 con un total de cinco estudios.

#### III-B. Hallazgos por pregunta de investigación

**III-B1. Sistemas de administración de colecciones de bio- diversidad que se encuentran en uso:** Con

un total de 57 sistemas localizados en los estudios. Se clasificaron en los niveles: Global, País y Local. Que se encuentran en la Tabla A7 que se encuentran en los anexos. Esta división sirve para notar una mayor distribución a nivel país con un total de 33 colecciones, siguiendo con Global con 23 y por último Local con cuatro. Algunos de los países mencionados con colecciones fueron: Estados Unidos, Brasil, Australia. Mientras que locales abarcaban ciudades o universidades como lo eran Florida.

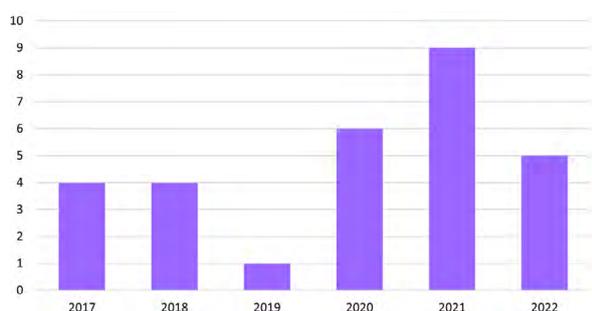


Fig. 2. Distribución de estudios por año de publicación.

**III-B2. Tecnologías utilizadas en la construcción de los sistemas de administración de colecciones de biodiversidad:** En la Figura 3. La tecnología dominante fue PHP en el framework Laravel. Donde algunos criterios de selección que son localizados en el EP13 fueron: Funciones incorporadas que mitigan las amenazas de ciberseguridad, facilidad para la organización de la información, junto con flexibilidad a los requisitos del negocio. Respecto al apartado de ciberseguridad, se realizó una investigación del framework Laravel que provee la gestión de la seguridad por medio de: autenticación, rutas protegidas por privilegios, CSRF y encriptación de datos [9]. Para el mismo apartado de desarrollo web se nombró HTML5 y JavaScript. En aplicaciones móviles solamente se desarrollaron para el sistema operativo de Android. Por lo que se construyeron en el framework de Android Studio que utiliza el lenguaje de Java, siendo el único mencionado en los estudios EP22 y EP25.

Respecto a los gestores de bases de datos los estudios coinciden en MySQL siendo sus criterios mencionados en el estudio EP21: Facilidad de

uso y curva de aprendizaje rápida para aquellos que inician en la introducción de datos o están acostumbrados a utilizar Excel. Por último, en el despliegue que es la última etapa de un ciclo de vida de Software, los artículos mencionaban a Docker, el cual es de gran apoyo por su simplicidad y permite un alto índice de compatibilidad.

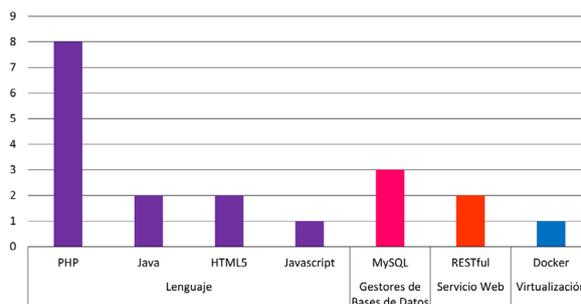


Fig. 3. Distribución de tecnologías de sistemas de administración de colecciones de biodiversidad.

**III-B3. Estándares taxonómicos utilizados en la construcción de los sistemas de administración de colecciones de biodiversidad:**

- **International Code of Botanical Nomenclature (ICBN):** Es el conjunto de normas y recomendaciones que rigen la denominación científica de todos los organismos tradicionalmente tratados como algas, hongos o plantas, fósiles o no fósiles. [10]
- **International Code of Zoological Nomenclature (IZBN):** Proporciona y regula un sistema uniforme de nomenclatura zoológica que garantiza que cada animal tenga un nombre científico único y universalmente aceptado. El mantenimiento de normas internacionales de nomenclatura animal es la función exclusiva de la Comisión. No es función de la Comisión involucrarse en cuestiones taxonómicas, excepto cuando tienen implicaciones nomenclaturales. [11]
- **Darwin Core:** Ofrece un marco de trabajo estable, sencillo y flexible para recopilar datos de biodiversidad provenientes de fuentes diferentes y variables. Desempeña un papel fundamental al compartir, usar y reusar los datos de biodiversidad de libre acceso y en la actualidad representa la gran mayoría de los cientos de millones de registros de presencia

de especies disponibles a través de GBIF.org. [12]

En la Figura 4 muestra la frecuencia de aparición de los estándares en los estudios. Darwin Core e International Code of Botanical Nomenclature (ICBN) posee la misma frecuencia. El último es International Code of Zoological Nomenclature (ICZN) con un total de seis.

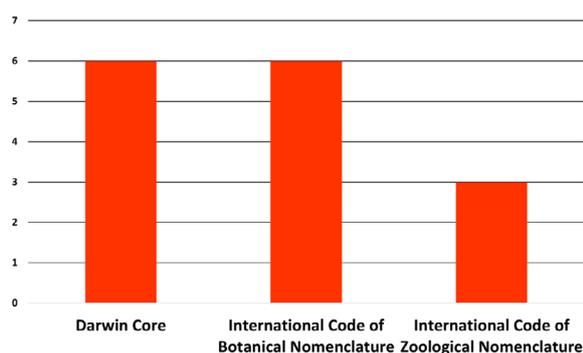


Fig. 4. Distribución de estándares de los sistemas de administración de colecciones de biodiversidad.

### III-B4. Beneficios de la digitalización de una colección de biodiversidad para la investigación

Se extrajeron oraciones cortas que mencionaban distintos beneficios de la digitalización. Con base a ello se elaboró una clasificación por categorías para trazar la relación de los beneficios respecto a impacto externo e interno. Los cuales fueron:

- Consistencia de la información: Coherencia y estandarización de los datos de especímenes presentados en la colección para facilitar la interpretación en futuros estudios biológicos.
- Acceso a la información: Distribuir los datos de la colección de biodiversidad para investigaciones científicas y académicas, buscando mantener activo el estudio del tema.
- Toma de decisiones para la biodiversidad: Por medio de los datos proporcionados por la colección, sea posible la evaluación de los especímenes con el fin de tomar decisiones sobre preservación de la especie, seguimiento y cuidado del ecosistema donde habitan.
- Ahorro de tiempo en tareas manuales: Optimizar el tiempo de subida y distribución de datos, para asignar prioridad a las actividades de investigación y análisis de la

colección.

- Mantenimiento de la colección: Su principal objetivo es apoyar a la conservación y preservación de las especies. Llevando un seguimiento de las especies por especímenes y si son necesarias medidas para evitar el decremento de la especie.

En la Figura 5. El primer lugar es el mantenimiento de la colección con un total de 16 apariciones en estudios. En segundo lugar, se encuentra un empate el acceso a la información y toma de decisiones para biodiversidad, que va de la mano con el mantenimiento. El tercer lugar lo ocupan el ahorro de tiempo en tareas manuales y mientras que la consistencia de la información. El interés de la digitalización de una colección se centra en el seguimiento de las especies para su conservación y distribución, junto con la representación taxonómica para historia del ecosistema mencionada en el EP06. A partir de la información de la colección pueden definirse planes de conservación del ecosistema. Apoyados por estudios académicos afines a la restauración del hábitat. Esto requiere una constante actualización. Lo que conlleva a una necesidad en facilitar la carga de datos para los curadores y proveer los mecanismos de seguridad necesarios que ayuden a la consistencia de la información con base de un estándar taxonómico.

### III-B5. Retos actuales en el desarrollo de sistemas para administración de colecciones de biodiversidad

Los extractos de los artículos relacionados con los retos actuales son clasificados según los siguientes atributos de calidad, de acuerdo con el [13]: Usabilidad, rendimiento, compatibilidad, seguridad, funcionalidad idónea y facilidad de mantenimiento. Los atributos de calidad se desglosaron en sub- atributos de calidad propuestos por el estándar.

Además del ISO 25010, en los estudios EP04 y EP11 se menciona los FAIR principios. Los cuales son directrices para la gestión y administración de datos científicos para

apoyar la reutilización de activos digitales [14]. Relacionado al aumento del apoyo informático y buscar un trato de calidad de la información gracias a la complejidad y velocidad de la creación de los datos. Siendo las directrices mencionadas: Findability (Localizable), Accessibility (Accesibilidad), Inter-operability (Interoperabilidad), Reuse (Reusar). El de interés es Localizable, porque es el único que no se encuentra en los atributos o subatributos del estándar. Por lo que se clasifica la directriz en los subatributos de usabilidad del ISO 25010, por su relación directa al usuario. A continuación, en la Tabla A9 que se encuentran en los anexos. Se presentan las definiciones de los subatributos para una comprensión de la distribución encontrada en los estudios.

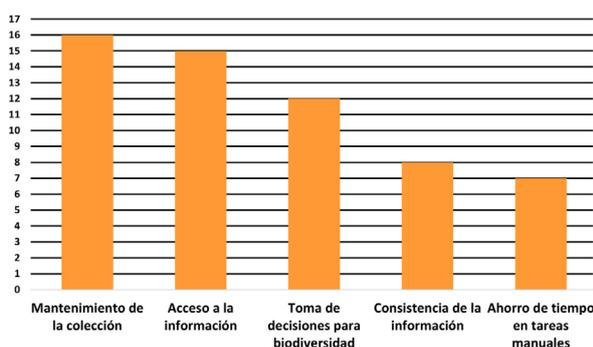


Fig. 5. Distribución de beneficios de los sistemas de administración de colecciones de biodiversidad.

En la Figura 6. Se muestra la distribución de los sub-atributos siendo el de mayor frecuencia accesibilidad con 14, siguiendo con facilidad de aprendizaje, reconocimiento adecuado y obteniendo un empate entre operabilidad, localizable e interfaz de usuario estética. La siguiente fueron los sub-atributos comportamiento de tiempo y capacidad. Siguiendo con compatibilidad que involucra interoperabilidad. El antepenúltimo es seguridad con los apartados de confidencialidad e integración. Finalizando con la exactitud en funcionalidad junto con modificabilidad. Centrándonos en el apartado de usabilidad fue una relación con la necesidad de administrar de la información con el propósito de interpretar para estudios académicos.

La accesibilidad al seguir las pautas conocidas

por los biólogos como lo es el proceso que siguen al curar un espécimen antes de etiquetarlo; ayudando a que los datos sean localizables y reutilizables. Por lo que la finalidad principal de la organización adecuada de la colección es motivar a investigadores y alumnos a la interpretación de la colección en futuras divulgaciones científicas. El rendimiento involucra la gestión de los datos entrantes, sin afectar las funcionalidades del sistema. En compatibilidad se muestra en la correcta y estandarizada representación taxonómica permitiendo sea reutilizable y facilidad en la importación a bases de datos globales.

La seguridad centrada en la confidencialidad e integración de la información. Ya que las colecciones de biodiversidad al tener datos delicados, y sin una correcta autenticación y autorización pueden terminar expuestos a cazadores ilegales y vendedores en el mercado negro. La funcionalidad idónea con exactitud en funcionalidad en las precisiones y retorno en los buscadores avanzados. Al final, se encuentra la facilidad de mantenimiento que involucra el constante ajuste según las ambiciones actuales de la biodiversidad.

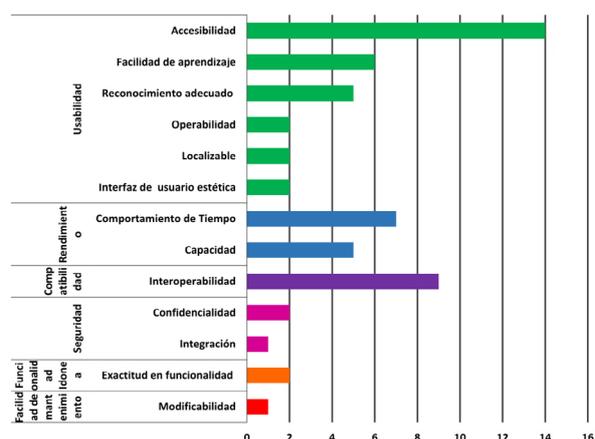


Fig. 6. Distribución de sub-atributos de calidad de los sistemas de administración de colecciones de biodiversidad.

**III-B6. Jerarquía de la colección de biodiversidad en los sistemas de administración:** La necesidad de estandarización de las colecciones de biodiversidad, involucra el conocer la estructura base que es: clase, orden, epíteto, especie y subespecie que es en la que se encuentran

catalogados las especies. En la tabla A11 que se encuentran en los anexos. Se muestran la población de las colecciones detalladas a profundidad en los artículos, al igual que su ubicación.

La botánica es la dominante en ubicaciones, una de las razones es que la recolección de plantas para su conservación es más sencilla. Ya que en las curaciones taxonómicas de mamíferos requiere una constante vigilancia por el movimiento de la especie, junto con métodos de preservación, o de una parte del organismo. Por lo que se puede concluir que es más activa la digitalización de colecciones botánicas a nivel país, por los recursos disponibles e investigaciones en el ámbito de medicina.

#### ► IV. Discusión

El desarrollo de sistemas de administración de colecciones de biodiversidad muestra una mayor frecuencia en países. Ya que algunas de sus ventajas contra los sistemas globales es la delimitación de la colección facilitando la integración de la información en base a estándares taxonómicos. En comparación a los sistemas locales cuentan con una rama amplia de recursos ya sea en el uso de tecnologías para cualquier etapa de implementación; al igual que equipo especializado para los estudios de campo y observación de los especímenes. A pesar de que, el desarrollo de sistemas de colecciones de biodiversidad sea mayor en los países.

En nuestros estudios seleccionados fueron descritas a profundidad las de nivel local. Detallando el procedimiento desde la investigación previa, la selección de tecnologías, junto con las limitantes propias de este nivel. Ya que las colecciones de países se centran a nivel tanto de colección zoológica y botánica, el proceso de implementación es superior al rango de años para el mapeo sistemático. Por lo tanto, que en el apartado de tecnologías no se encontró gran variedad. Porque los únicos artículos que mencionaban pila de tecnologías utilizadas provenían de IEEE Xplore o SpringerLink. El primero al estar centrado a los temas Ciencias de la Computación, Ingeniería Eléctrica y Electrónica, el enfoque de los estudios

era en el desarrollo de los sistemas. Mientras que SpringerLink al ser multidisciplinaria se encontraron los estudios centrados al sistema. Las otras plataformas ofrecían un enfoque biológico, que apoyo a conocer los beneficios del sistema a la propia colección, no su construcción.

La localización de sistemas de colecciones descritos en estudios se agrupaba en América del Norte y Australia. Eso no significa que los sistemas de colecciones solamente se desarrollan en esos sitios. Porque como se observó en la Tabla A7 en distintos países se encontraba un sistema para organizar su biodiversidad. Una de las razones puede ser que no se encuentre un artículo relacionado en las bases de datos consultadas, o su desarrollo se remonte de años atrás y no se encuentra detallados sus retos actuales. Sin embargo, con la información brindada, fue posible el clasificar los retos actuales en atributos de calidad de interés a un nivel local, apoyando a instituciones a tener una referencia para la futura construcción de los suyos.

#### ► V. Amenazas a la validez

##### *V-A. Validez externa*

Un limitante de nuestro estudio recae en acceso a los artículos, ya que algunos fueron descartados al no localizar su texto completo, básicamente por tratarse de revistas cuyo acceso por artículo tiene un costo que oscila entre los 20 y 50 dólares americanos, por tanto, nuestra aproximación muestra resultados parciales. Al igual que en los apartados de retos actuales, la mayoría de los sistemas de administración detallados en los artículos eran de índole local. Siendo nuestro alcance el conocer las tecnologías, retos y estándares utilizados a los desarrollados por Instituciones o pequeñas regiones. Ya que no se especificaban las limitaciones en los sistemas a mayor escala como lo eran GBIF e IDigBio.

##### *V-B. Validez interna*

Una de las principales amenazas a la validez de todo de tipo de mapeo sistemático de la literatura es la cuestión de la fiabilidad. Que pueden

manifestarse en distintas etapas del mapeo, las cuales se describirán a continuación:

*1. Fiabilidad en la búsqueda de resultados:*

- a) Evaluación de los criterios de los estudios seleccionados desde un punto de vista subjetivo: Fue mitigado con la consulta de los coordinadores sobre el contenido del artículo, llegando a un consenso para descartarlo o incluirlo.
- b) Estudios descartados por falta de acceso al texto completo: Fue mitigado al buscar por medio de fuentes externas los estudios ya sea por un navegador o consultando al autor, hasta asegurarse que no fuera posible conseguir el texto completo.

*2. Fiabilidad en la extracción y clasificación de datos:*

- a) Pérdida de datos por traducción de los estudios para su clasificación: Mitigando el sesgo por el cambio de idioma se apoyó de traductores y búsqueda de palabras desconocidas, investigando el contexto con otros textos académicos.
- b) Análisis de los extractos de los estudios: Se consultó con los coordinadores la información clasificada, junto con un respaldo de los segmentos originales para posibles consultas.

*3. Fiabilidad en la síntesis, análisis y visualización de los datos:*

- a) Uso de las técnicas para la síntesis narrativa: El proceso de análisis fue supervisado por los coordinadores. Los cuales fueron revisados y rectificados hasta asegurar la calidad de las gráficas.

- El desarrollo de sistemas de administración de colecciones de biodiversidad es mayor a nivel país. Ya que encuentra limitantes en recursos en sistemas locales.
- La tecnología dominante fue PHP en el Framework de Laravel por sus funciones incorporadas que minimice las amenazas de seguridad y flexibilidad en los requisitos del negocio.
- Los estándares con mayor frecuencia fueron Darwin Core que es usado por GBIF que es la colección más representativa a nivel global. El segundo fue International Code of Botanical Nomenclature.
- Los beneficios de los sistemas de administración de colección de biodiversidad es mantener la consistencia y accesibilidad de los datos para permitir la toma de decisiones para preservación de la biodiversidad.
- Los atributos de calidad de interés son: Accesibilidad, facilidad de aprendizaje, reconocimiento adecuado, comportamiento de tiempo e interoperabilidad.
- Los sistemas de administración de colecciones de bio- diversidad a nivel local tienen mayor frecuencia en desarrollo cuando son de tipo botánica que zoológica.

Los hallazgos principales denotan el enfoque hacia los beneficios del desarrollo de estos sistemas. Aunque se detalla la globalización de las colecciones, no se describe en profundidad en varios de ellos el proceso para la implementación del sistema. En los que se llega a describir, se sigue el ciclo de vida de un sistema, como lo establece la Ingeniería de Software. Apoyando a disminuir la complejidad al comprender el dominio y siguiendo una trazabilidad para asegurar el resguardo correcto de la colección.

## » VI. Conclusiones

En el artículo se presenta por primera vez un mapeo sistemático de la literatura donde se describió el estado actual de los sistemas de administración de colecciones de biodiversidad. Con un total de 29 estudios primarios localizados para responder nuestras preguntas de investigación. Las respuestas a ellas fueron:

Concluimos que nuestro mapeo es una contribución para fomentar una base sobre los sistemas de administración de colecciones de biodiversidad. Alentando a la construcción de sistemas con una justificación sólida de sus beneficios y demostrando que el limitante de recursos no es impedimento para el desarrollo. Detallando las características principales para el futuro esfuerzo en este rubro. Apoyando a la construcción

de sistemas de la misma índole y alcance de universidades, reconociendo la prioridad en los atributos de calidad.

## » VII. Referencias

- [1] S. Vijeta, S. Shikha y S. Anamika, “The principal factors responsible for biodiversity loss”, *Open Journal of Plant Science*, págs. 011-014, ene. de 2021, ISSN: 26407906. DOI: 10.17352/ojps.000026.
- [2] P. Stephenson y A. R. de Paz, “New database enhances the accessibility of global biodiversity information for conservation monitoring”, *Oryx*, vol. 56, págs. 329-330, 3 mayo de 2022, ISSN: 0030-6053. DOI: 10.1017/s0030605322000205.
- [3] J. Soberón y A. T. Peterson, “Biodiversity informatics: Managing and applying primary biodiversity data”, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 359, págs. 689-698, 1444 abr. de 2004, ISSN: 09628436. DOI: 10.1098/rstb.2003.1439.
- [4] S. M. Asmara, M. Man y M. T. Abdullah, “A Model of Biodiversity Taxonomy Database (iTaxo) for Managing and Analysing Kenyir Landscape Biodiversity Data”, vol. 769, *Institute of Physics Publishing*, jun. de 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/769/1/012017.
- [5] P. Shanmughavel, “An overview on biodiversity information in databases”, en, *Bioinformation*, vol. 1, n.o 9, págs. 367-369, mar. de 2007.
- [6] B. R. Hussein, A. Malik, W.-H. Ong, J. Willem y F. Slik, “Application of Computer Vision and Machine Learning for Digitized Herbarium Specimens: A Systematic Literature Review”, 2019.
- [7] B. A. Kitchenham, D. Budgen y P. Brereton, “Evidence-Based Software Engineering and Systematic Reviews”, 2019.
- [8] J. Popay, H. Roberts, A. Sowden et al., “Guidance on the conduct of narrative synthesis in systematic Reviews. A Product from the ESRC Methods Programme. Version 1”, undefined, 2006. DOI: 10.13140/2.1.1018.4643.
- [9] Laravel, *Security Laravel*. dirección: <https://laravel.com/docs/4.2/security>.
- [10] N. J. ( J. Turland, J. H. Wiersema, F. R. Barrie et al., *Código internacional de nomenclatura para algas, hongos y plantas (Código de Shenzhen)* : adoptado por el decimonoveno Congreso Internacional de Botánica, Shenzhen, China, julio de 2017, pág. 322, ISBN: 9783982013701.
- [11] I. C. on Zoological Nomenclature., W. D. L. Ride e I. U. of Biological Sciences., *International code of zoological nomenclature*. International Trust for Zoological Nomenclature, c/o Natural History Museum, 1999, pág. 306, ISBN: 0853010064.
- [12] GBIF. “¿Qué es Darwin Core y por qué es importante?” (2012), dirección: <https://www.gbif.org/es/darwin-core>.
- [13] *Standards Publication Systems and software engineering-Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)-System and software quality models*. 2013, ISBN: 9780580702235.
- [14] M. D. Wilkinson, M. Dumontier, I. J. Aalbersberg et al., “Comment: The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship”, *Scientific Data*, vol. 3, mar. de 2016, ISSN: 20524463. DOI: 10.1038/sdata.2016.18.
- [15] H. Zhang, M. A. Babar y P. Tell, “Identifying relevant studies in software engineering”, *Information and Software Technology*, vol. 53, págs. 625-637, 6 jun. de 2011, ISSN: 09505849. DOI: 10.1016/j.infsof.2010.12.010.
- [16] G. M. D. L. Vega, “Colecciones biológicas”. dirección: <https://www.researchgate.net/publication/338954715>.
- [17] E. Turnhout y S. Boonman-Berson, “Databases, Scaling Practices, and the Globalization of Biodiversity”, 2011. dirección: <http://www.gbif.org/index.php?id=269>.
- [18] N. V. Ivanova y M. P. Shashkov, “Biodiversity databases in Russia: towards a national portal”, *Arctic Science*, vol. 3, págs. 560-576, 3 sep. de 2017, ISSN: 2368-7460. DOI: 10.1139/as-2016-0050.
- [19] P. J. Stephenson y C. Stengel, “An

inventory of bio- diversity data sources for conservation monitoring”, PLoS ONE, vol. 15, 12 December dic. de 2020, ISSN: 19326203. DOI: 10.1371/journal.pone.0242923.

[20] B. Jackowiak, M. Lawenda, M. M. Nowak et al., “Open Access to the Digital Biodiversity Database: A Comprehensive Functional Model of the Natural History Collections”, Diversity, vol. 14, 8 ago. de 2022, ISSN: 14242818. DOI: 10.3390/d14080596.

[21] ROSES, ROSES Flow Diagram for Systematic Maps. dirección: ROSES % 20Flow % 20Diagram % 20for % 20Systematic%20Maps.

**Tabla A1**  
**EVALUACIÓN DE CADENAS**

Cadena	Resultados	Estudios relevantes	Precisión	Retorno
("Biodiversity Database. OR "Biodiversity Data. OR "Biodiversity repository. OR "GBIF") AND ("Management System. OR "Software. OR "Standard")	138	2	2/6 * 100 = 33.33 %	2/138 * 100 = 1.44 %
("Biodiversity. OR "Biological data. OR "GBIF") AND ("Information System. OR "Portals. OR "Standard. OR "Dataset")	3784	5	5/6 * 100 = 83.33 %	5/3784 * 100 = 0.33 %
("Biodiversity Database" OR "Biodiversity Data" OR "Biodiversity repository" OR "GBIF") AND ("Management System" OR "Software" OR "Standard")	2842	3	3/6 * 100 = 50 %	3/2842 * 100 = 0.10 %

**Tabla A3**  
**ESTUDIOS SELECCIONADOS**

ID	Título	DOI	Autores	Año
EP01	Database: Taxonomy of plants Nomenclature for borneo biodiversity Information System	10.1109/IAC.2017.8280642	Budiman Edy, Alam Sitti Nur	2017
EP02	Evaluation of the Bioinformatics Resource Portal	10.1109/SEE.2018.8720973	ICITI-Haerullah Jamil, Muh Wati, Masna Saudek	2018
EP03	Performance Analysis of the Resource Loading Time for Borneo Biodiversity Information System	10.1109/IAC.2018.8780515	Budiman Edy, Puspitasari Novianti, Haerullah Jamil, Muh Wati, Masna Saudek, Indra Dolly	2018
EP04	OpenBioMaps – self-hosted data management platform and distributed service for biodiversity related data	10.1007/s12145-022-00818-3	Bán Miklós, Boné Gábor, Máté Bérces, Sándor Barta, Zoltán Kovács, István Ecsedi, Kornél Sipos, Katalin	2022
EP05	An index of ecological value for European arable plant communities	10.1007/s10531-021-02191-x	Fanfarillo E. , Kasperski A.	2021
EP06	Taxonomic shortfalls in digitised collections of Australia’s flora	10.1007/s10531-019-01885-7	Haque Md. , Mohasinul Beaumont, Linda J, Nipperess David A.	2020
EP07	Towards a global list of accepted species VI: The Catalogue of Life checklist	10.1007/s13127-021-00516-w	Donald Hobern, Saroj K. Barik, Les Christidis, Stephen T.Garnett, Paul Kirk, Thomas M. Orrell, Thomas Pape, Richard L. Pyle, Kevin R. Thiele, Frank E. Zachos, Olaf Bánki.	2021

EP08	The persistent multi-dimensional biases of biodiversity digital accessible knowledge of birds in China	10.1007/s10531-020-02024-3	Huang Xiongwei, Lin Congtian, Ji Liqiang	2020
EP09	Ethnobotany Database: Exploring diversity medicinal plants of Dayak Tribe Borneo	10.1109/EEC-I.2017.8239094	Johan Herni, Hairah mmul, Budi-man Edy	2017
EP10	Ethnobotany Database: Exploring diversity medicinal plants of Dayak Tribe Borneo	10.1109/EEC-SI.2017.8239094	Johan Herni, Hairah Ummul, Budiman Edy	2017
EP11	The use of Global Biodiversity Information Facility (GBIF)-mediated data in publications written in Chinese	10.1016/j.gecco.2020.e01406	Luo, Maofang Xu, Zheping Hirsch, Tim Aung, Thant Sin Xu, Wubing Ji, Liqiang Qin, Haining Ma, Keping	2021
EP12	Rapid enhancement of biodiversity occurrence records using unconventional specimen data	10.1007/s10531-018-1584-0	Pearson, Katelin D.	2018
EP13	Biodiversity Repository and Retrieval System for Malay Language	10.1109/AiC54368.2022.9914585	Pethie, Hazimah Nordin, Sharifalillah	2022
EP14	Addressing the implementation challenge of the global biodiversity framework	10.1007/s10531-020-02009-2	Phang, Sui C. Failler, Pierre Bridgewater, Peter	2020
EP15	Evaluation of Borneo's Biodiversity Information System	10.1109/EEC-IS.2018.8692955	Puspitasari, Novianti Budiman, Edy	2018
EP16	A Visualization-based Approach for the Taxonomy Browser Interface	10.1145/3160504.3160523	Rey Marina Fortes, Freitas Carla Maria Dal Sasso	2017
EP17	A comprehensive review on biodiversity information portals	10.1007/s10531-022-02420-x	Saran Chaudharyumar Priyanka Amrpal Vishal Sameer, Sumit, Singh, Tiwari, Kumar	2022
EP18	A Data Chaining on Relational Database: A Case Study with Indonesian Genomics Information System	10.1109/ISI-TIA52817.2021.9502249	Sulistyawan, I Gede Eka, Arifin Achmad, Fatoni Muhammad Hilman	2021
EP19	Towards a global list of accepted species II. Consequences of inadequate taxonomic list governance	10.1007/s13127-021-00518-8	Thomson Scott A., Thiele Kevin, Conix Stijn, Christidis Les Costello Mark John Hobern, Donald Nikolaeva, Svetlana Pyle, Richard L. van Dijk, Peter Paul Weaver, Haylee Zachos, Frank E. Zhang, Zhi-Qiang Garnett, Stephen T.	2021
EP20	GBIF information is not enough: national database improves the inventory completeness of Amazonian epiphytes	10.1007/s10531-022-02458-x	de Araujo Matheus L., Quaresma Adriano C., Ramos Flavio N.	2022
EP21	Digitizing specimens in a small herbarium: Aviable workflow for collections working with limited resources	10.3732/ apps.1600125	Harris Kari M., Marsico Travis D.	2017

**Tabla A5**  
**ARTÍCULOS LOCALIZADOS POR SEDE**

Sede	Artículos
International Conference on Informatics and Computing (ICIC)	EP01
Applied Informatics International Conference (AiC)	EP13
Brazilian Symposium on Human Factors in Computing	EP16
Conference on Computing and Sustainable Societies (COMPASS)	EP10

Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS)	EP15
International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)	EP09
International Conference on Informatics and Computing (ICIC)	EP03
International Conference on Information Technology, Information System and Electrical Engineering (ICITISEE)	EP02
International Conference on Cybernetics and Intelligent System (ICORIS)	EP22
International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)	EP18
Organisms Diversity & Evolution	EP07, EP19
Biodiversity and Conservation	EP05, EP06, EP08, EP12, EP14, EP17, EP20
Applications in Plant Sciences	EP21
Earth Science Informatics	EP04
Global Ecology and Conservation	EP11
Biodiversity Data Journal	EP23, EP24, EP25, EP26, EP27, EP28, EP29

**Tabla A7**  
**SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE COLECCIONES DE BIODIVERSIDAD POR NIVEL**

Nivel	Sistemas de Administración de Colecciones de Biodiversidad
Global	Global Biodiversity Information System, OpenBioMaps, National Specimen Information Infrastructure, Global Biodiversity Information Facility (GBIF), Global Biodiversity Framework (GBF), iNaturalist, iDigBio, Biodiversity Heritage Library, Encyclopedia of Life, Avibase database, FishBase, AmphibiaWeb, The Paleobiology database, The Global Invasive Species Database, Reptile Data-Base, Avibase database, SpeciesLink, Biodiversity Information Serving Our Nation, National Specimen Information Infrastructure, World Flora Online
País	Bioinformatics Resource Portal, Borneo's Biodiversity Information System, ArEco, Floristic Quality Index, Natura Capital Index, Arable Land Naturalness Index, Atlas of Living Australia, Australasian Virtual Herbarium (AVH), Australian Plant Census, BirdReport, Catalogue of Life China, Ethnobotany Database, ElephantBook, Biodiversity Repository and Retrieval System, TaxonomyBrowser, SinBiota, Information System about the Brazilian Biodiversity, Indian Bio-resource Information Network, Biodiversity information system for Europe, Indian Bioresource Information Network, India Biodiversity Portal, The Brazilian Biodiversity Information System, Indonesian Genomics Information System, Atlas of Living Australia, Southeast Regional Network of Expertise and Collections (SERNEC) Portal, Symbiota, iDigBio's Specimen Portal
Local	FSU herbarium, Atlas of Florida Plants, STAR Herbarium, New York Botanical Garden

**Tabla A9**  
**DEFINICIÓN Y LOCALIZACIÓN DE SUB-ATRIBUTOS DE CALIDAD**

Sub-atributo de calidad	Descripción	Artículos
Accesibilidad	Grado en el que el producto o sistema puede ser usado por personas de distintas características y capacidades para completar metas específicas al contexto.	EP01, EP14, EP16, EP17, EP19, EP20, EP21, EP23, EP5, EP26, EP27, EP28
Reconocimiento adecuado	Grado en el que los usuarios pueden reconocer un producto o sistema es adecuado para sus necesidades	EP04, EP07, EP15, EP16
Facilidad de aprendizaje	Grado en el que el producto o sistema puede ser usado por usuarios específicos para completar metas de aprendizaje de interacción del sistema	EP01, EP11, EP25, EP27, EP28, EP29
Operabilidad	Grado en el que el producto o sistema tiene atributos para facilitar el control y operaciones.	EP04, EP23

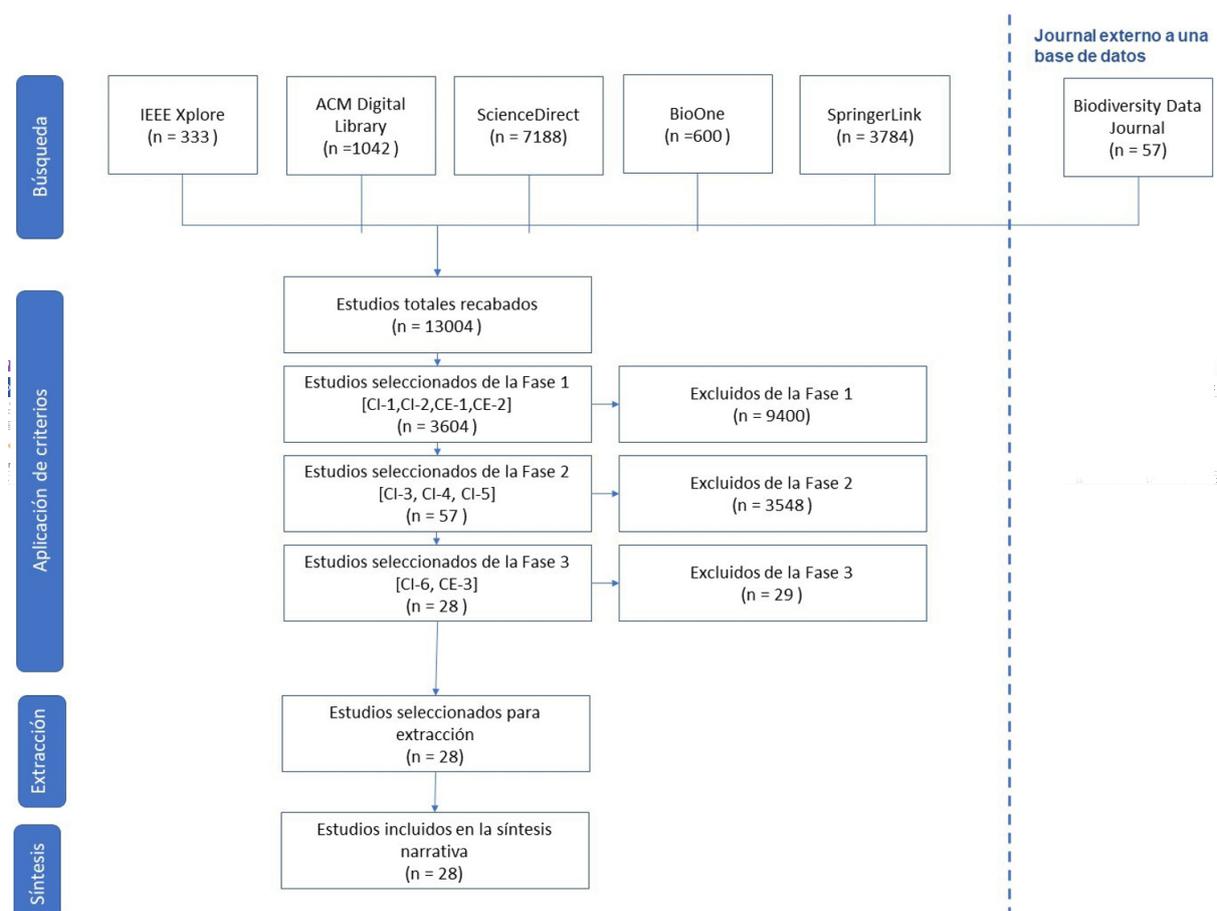
Interfaz de usuario estética	Grado en el que la interfaz del usuario causa satisfacción al interactuar con ella	EP20, EP25
Comportamiento de Tiempo	Grado en que los tiempos y procesamientos de respuesta cumplen con los requisitos	EP03, EP14, EP22
Capacidad	Grado en el que los límites del sistema o parametros del sistema cumplen con los requisitos	EP03, EP04, EP05, EP27
Interoperabilidad	Grado en el que dos o más sistemas, productos o componentes pueden intercambiar información	EP06, EP07 ,EP12, EP16, EP19, EP22, EP24
Confidencialidad	Grado en el que un producto o sistema permite el acceso a los datos solo a personal autorizado	EP04 ,EP07
Integración	Grado en el que un sistema, producto o componente previene el acceso no autorizado o modificación de la información	EP20
Exactitud en funcionalidad	Grado en el que el sistema cumple con específicas tareas y objetivos del usuario	EP13
Modificabilidad	Grado en que un producto o sistema puede modificarse de forma eficaz y eficiente sin introducir defectos sin disminuir la calidad	EP14
Localizable	Los datos deben ser fáciles de encontrar tanto para las personas como para las computadoras.	EP04, EP11, EP29

**Tabla A9**  
**DEFINICIÓN Y LOCALIZACIÓN DE SUB-ATRIBUTOS DE CALIDAD**

Sub-atributo de calidad	Descripción	Artículos
Accesibilidad	Grado en el que el producto o sistema puede ser usado por personas de distintas características y capacidades para completar metas específicas al contexto.	EP01, EP14, EP16, EP17, EP19,EP20,EP21, EP23, EP5,EP26, EP27, EP28
Reconocimiento adecuado	Grado en el que los usuarios pueden reconocer un producto o sistema es adecuado para sus necesidades	EP04, EP07, EP15, EP16
Facilidad de aprendizaje	Grado en el que el producto o sistema puede ser usado por usuarios específicos para completar metas de aprendizaje de interacción del sistema	EP01, EP11, EP25, EP27, EP28, EP29
Operabilidad	Grado en el que el producto o sistema tiene atributos para facilitar l control y operaciones.	EP04, EP23
Interfaz de usuario estética	Grado en el que la interfaz del usuario causa satisfacción al interactuar con ella	EP20, EP25
Comportamiento de Tiempo	Grado en que los tiempos y procesamientos de respuesta cumplen con los requisitos	EP03, EP14, EP22
Capacidad	Grado en el que los límites del sistema o parametros del sistema cumplen con los requisitos	EP03, EP04, EP05, EP27
Interoperabilidad	Grado en el que dos o más sistemas, productos o componentes pueden intercambiar información	EP06, EP07, EP12, EP16, EP19, EP22, EP24
Confidencialidad	Grado en el que un producto o sistema permite el acceso a los datos solo a personal autorizado	EP04, EP07
Integración	Grado en el que un sistema, producto o componente previene el acceso no autorizado o modificación de la información	EP20
Exactitud en funcionalidad	Grado en el que el sistema cumple con específicas tareas y objetivos del usuario	EP13
Modificabilidad	Grado en que un producto o sistema puede modificarse de forma eficaz y eficiente sin introducir defectos sin disminuir la calidad	EP14
Localizable	Los datos deben ser fáciles de encontrar tanto para las personas como para las computadoras.	EP04, EP11, EP29

**Tabla A11**  
**POBLACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COLECCIONES LOCALIZADOS EN LOS ARTÍCULOS**

Ubicación	Población	Artículos
Arabía	Plantas medicinales	EP05
Australia	Plantas	EP06, EP25
Estados Unidos	Mamíferos, Plantas del bosque	EP16, EP21
Francia	Plantas medicinales	EP13
Indonesia	Plantas del bosque, Plantas medicinales	EP03, EP09
Norte América	Plantas	EP12
Sudáfrica	Mamíferos	EP10



**Figura A1. Desarrollo del Mapeo Sistemático de la Literatura.**