



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA LA COLECTA DE PLANTAS DE UN HERBARIO DIGITAL A TRAVÉS DEL DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO”

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN COMPUTACIÓN

PRESENTA

IRVING ADRIAN MONDRAGÓN RAMÍREZ

DIRECTOR DE TESIS

M.T.I. MARIO ALBERTO MORENO ROCHA

CO-DIRECTOR

M.C. MARÍA DEL ROSARIO PERALTA CALVO

HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA
SEPTIEMBRE DE 2019

*Dedicado a mis padres, mis hermanos y mi sobrina,
quienes todos los días me inspiran y me motivan a ser mejor.*

AGRADECIMIENTOS

A la Profa. María del Rosario Peralta Calvo y el Prof. Mario Alberto Moreno Rocha por las enseñanzas y la confianza puesta en mí para el desarrollo de esta tesis.

A la Profa. Rocío Rosas López y el Instituto de Farmacobiología de la Universidad de la Cañada por el apoyo y las facilidades brindadas en las diferentes actividades realizadas.

A la Profa. Wendy Yaneth García Martínez, el Prof. Carlos Alberto Fernández y Fernández, y el Prof. David Martínez Torres por el tiempo dedicado a la revisión del proyecto.

RESUMEN

Como parte de la transformación digital que se está llevando a cabo en diferentes sectores sociales, dentro de la investigación científica, en ramas de la biología como la botánica, una manifestación de este fenómeno se está llevando a cabo a través de la implementación de herbarios digitales para facilitar la consulta de información de los especímenes de distintas regiones, sin poner en riesgo la integridad del ejemplar físico.

De esta manera, la Universidad de la Cañada ubicada en Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca ha optado por unirse al movimiento digital e iniciar la implementación de su propio herbario institucional utilizando las Tecnologías de la Información y la Comunicación, lo cual representa una oportunidad para proponer métodos que permitan la conformación de tales sistemas mediante la recolección de información que sea digital de forma nativa.

Por tanto, en el presente trabajo se abordan los detalles de la investigación realizada a través de la metodología de Diseño Centrado en el Usuario con la finalidad de desarrollar una aplicación que permita la colecta de plantas para un herbario digital.

CONTENIDO

Resumen.....	4
1 Introducción	7
1.1 Delimitaciones y limitaciones.....	12
1.2 Hipótesis.....	13
1.3 Objetivos del trabajo.....	13
1.4 Metas.....	13
1.5 Aproximación a la solución	13
2 Marco teórico.....	17
2.1 Interacción Humano-Computadora (IHC)	17
2.2 Usabilidad.....	18
2.2.1 Métricas.....	19
2.3 Diseño Centrado en el Usuario (DCU)	20
2.3.1 Fases.....	21
2.3.2 Técnicas.....	22
2.4 Aplicaciones móviles	23
2.4.1 Tipos	24
2.4.2 Desarrollo en Android	25
3 Análisis.....	28
3.1 Análisis de contexto	28
3.1.1 Primer estudio.....	28
3.1.2 Segundo estudio.....	32
3.2 Análisis de usuarios	34
3.3 Análisis de tareas.....	35
3.3.1 Primer estudio.....	35
3.3.2 Segundo estudio.....	40
3.4 Especificación de requisitos de software	43
3.4.1 Requisitos funcionales y no funcionales	43
3.4.2 Cambios en los requisitos de software	49
4 Diseño.....	52
4.1 Descripción del sistema.....	52
4.1.1 Funcionamiento	52
4.2 Arquitectura física	57

4.2.1	Base de datos	57
4.2.2	Servidor	59
4.2.3	Aplicación web y móvil.....	60
5	Implementación	62
5.1	Tecnologías.....	62
5.2	Requisitos del sistema.....	63
5.3	Estándares de codificación.....	64
5.4	Aplicación web	64
5.5	Aplicación móvil	65
6	Evaluación	67
6.1	Funcionalidad	67
6.2	Usabilidad.....	73
6.2.1	Evaluación heurística.....	73
6.2.2	Pruebas de usabilidad con usuarios	88
7	Conclusiones.....	98
7.1	Aportes.....	98
7.2	Trabajo a futuro	99
	Bibliografía	100
	Anexo A. Entrevista con expertos	109
	Anexo B. Boceto de aplicación móvil	110
	Anexo C. Configuración de la aplicación web y móvil con Firebase	111
	Anexo D. Casos de prueba para la aplicación web y móvil	114
	Aplicación web	114
	Aplicación Móvil	119
	Anexo E. Evaluación heurística.....	127
	Anexo F. <i>System Usability Scale (SUS)</i>	131

1 INTRODUCCIÓN

Un herbario es una colección ordenada de plantas secas en donde además se pueden encontrar semillas, frutos, madera, pétalos y fotografías de las plantas en su estado natural. Su importancia se encuentra en que concentran una gran cantidad de información sobre una parte de la biodiversidad vegetal la cual es utilizada para el estudio, análisis o investigación de la vegetación (Servicio Nacional de Inspección de Semillas, 2015). Sin embargo, la importancia de los herbarios como herramienta de trabajo no se limita solamente a su aplicación en la botánica básica, sino que además cobran gran importancia en otras disciplinas tales como la enseñanza, la historia de la ciencia, la morfología y la anatomía vegetal, la etnobotánica, la farmacognosia, la conservación de los recursos vegetales, la ecología animal, el manejo de pastizales, el combate de malezas y de otras plantas indeseables. Las actividades principales en las que se utilizan los herbarios se clasifican en cuatro rubros: investigación, enseñanza, servicios de identificación e información y labores básicas (Rzedowski, 2016).

Así mismo, los herbarios son considerados una especie de biblioteca en las que “a diferencia de un jardín botánico, que también consiste de una colección de plantas, el herbario por su misma naturaleza puede conservar indefinidamente numerosos ejemplares de una misma especie y de numerosas especies provenientes de amplias áreas geográficas” (Sousa, 2016).

Para la conformación de un herbario se identifican dos grandes fases dentro del proceso: la recolección de los ejemplares y el procesamiento del material (Baró, Oviedo, Echevarría, Verdecia, Ferro, Angulo y Fuentes, 2017). La primera fase se puede dividir en tres actividades: colecta, prensado y secado. Mientras que, en la segunda fase se encuentran las actividades de: montaje, etiquetado y, de manera opcional, la digitalización. En la Figura 1 se muestra el proceso de inclusión de los ejemplares a un herbario.

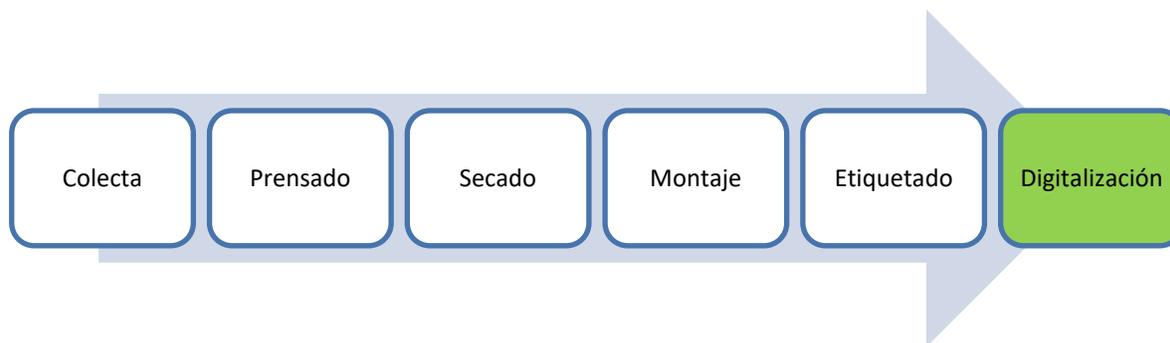


Figura 1. Proceso de conformación de un herbario.

Aunque el proceso varía de acuerdo con los objetivos del colector y del tipo de material que se desea coleccionar para el herbario (Katinas, 2001), las actividades mencionadas en cada fase son comunes en el proceso. En la colecta, previamente se debe identificar un lugar en el que se encuentren las plantas que se desean estudiar, así como el método de recolección a utilizar, el cual puede ser manual, con podadora de extensión o con sierra de cadena. Además de asegurarse de que se cuentan con las herramientas necesarias para no maltratar los ejemplares recolectados, es muy importante que durante la actividad de colecta se realicen las notas de campo. Éstas consisten en toda la información relacionada con el ejemplar recolectado tal como ubicación geográfica, latitud

y longitud, descripción del hábitat, taxonomía, número de colecta, descripción de la planta, entre otros. Recabar dicha información es igual de importante que el ejemplar en la conformación de un herbario ya que es necesaria para la identificación y etiquetado de la colección (INBio, Norwegian MFA, Herbario AGUAT, Herbario HULE, Herbario PMA, Herbario EAP, Herbario CR y Herbario MHES, 2008). Después, se debe realizar el prensado y secado que consiste en guardar el material recolectado de forma cuidadosa con hojas de periódico, cartón y una prensa de madera lo cual permitirá que las plantas vayan perdiendo humedad hasta que se sequen por completo. Una vez que se secaron los ejemplares, se fijan en una superficie (como puede ser una cartulina) y se procede con la elaboración de etiquetas de las plantas utilizando las notas de campo realizadas durante la colecta (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, s.f.). La Figura 2 muestra un ejemplo de etiqueta de herbario.

		<p>"Flora medicinal de la región de la Cañada, Oaxaca"</p>
Nombre común		
Nombre científico		
Familia botánica		
Descripción de la planta		
Sitio de colecta		
Información etnobotánica		
Uso medicinal		
Modo de empleo		
Fecha de colecta		
Colector (es)		
Número de colecta		

Figura 2. Etiqueta utilizada en el herbario "Kixonga Naxo" de la Universidad de la Cañada.

En el proceso de conformación de un herbario, se debe destacar la importancia que tiene la primera fase, la cual radica en que en un herbario es posible observar una planta fuera de su hábitat natural, sin embargo, de ellos sólo se puede obtener un conocimiento parcial sobre los vegetales dado que las características de un individuo dentro de una población son variables. De esta manera, cuando se consulta la información de una planta, no se puede tener la seguridad de que las características presentadas sean las más representativas o comunes de la especie. Este sesgo de información se puede minimizar en buena parte con las anotaciones que el colector realiza sobre las plantas antes de ser herborizadas. Así, "un colector experimentado es capaz de describir en pocas palabras, las características fundamentales de la planta y del medio en que se desarrolla a grado tal que, quien recoge esa información no tendrá gran dificultad en reconocerla en el campo y además con relativa facilidad puede llegar al lugar donde se encuentra" (Bonilla y Vela, 2016). En la Figura 3 se muestran las actividades del proceso de conformación del herbario correspondientes a la fase de recolección de ejemplares.

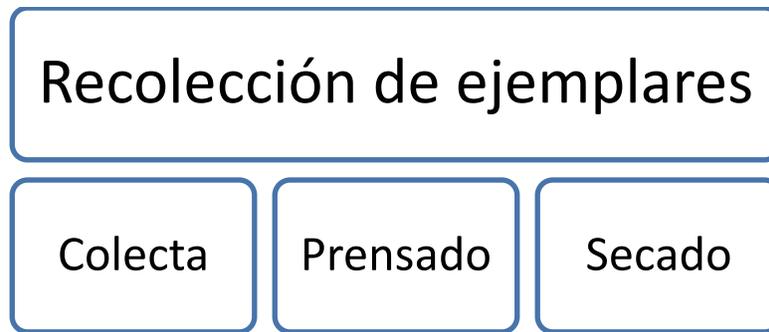


Figura 3. Actividades de la fase de Recolección de ejemplares.

Es muy importante que se identifique correctamente una muestra botánica, ya que es frecuente recibir muestras incompletas, lo que dificulta o hace imposible la identificación confiable de las especies, por lo que las muestras mal recolectadas o preparadas incorrectamente no deben incluirse como parte de la colección de un herbario (Marín, 2008). Por este motivo, la recolección de información juega un papel fundamental en la conformación de un herbario, por lo que este proceso se debe realizar con extremo cuidado para asegurarse de que la muestra tomada represente todas las características de la planta, además de anotar toda aquella información que permita la adecuada identificación de los especímenes vegetales (Herbario de la Universidad de Granada, 2010).

De igual forma, Rzedowski (2016) refiere que la utilización de los herbarios tradicionales para cualquiera de sus aplicaciones presenta una situación conflictiva, debido a que el material que constituye las colecciones en ocasiones puede ser insustituible y su uso los expone a un rápido deterioro, por lo que para prevenir dicho problema se han desarrollado técnicas que permitan preservar la integridad y la utilidad de los herbarios tales como la formación de herbarios para usos específicos o la renovación periódica de las colecciones.

Es así que los herbarios digitales se presentan como una excelente alternativa para ayudar a prevenir el deterioro de las muestras que conforman las colecciones de plantas aprovechando las ventajas que ofrecen los formatos digitales, pero también se deben idear nuevas formas de recolectar información correctamente para los herbarios a través de dispositivos que permitan su digitalización inmediata. El proceso de digitalización “aumenta la accesibilidad de la información a nivel local y a larga distancia y, como en el caso de los libros y ejemplares de colecciones, puede reducir el desgaste de los objetos de valor causado por la manipulación física de ellos, con lo que se conservan mejor” (Gernandt, Salazar, Sánchez-Cordero y Giménez, 2014).

De esta manera, en México algunas instituciones han realizado proyectos para digitalizar el material de sus herbarios, con impacto a nivel nacional y latinoamericano. Tal es el caso del Herbario Virtual de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) el cual cuenta con más de 85 000 ejemplares en formato digital y el Herbario Nacional de México (MEXU) uno de los herbarios más activos del mundo con más de 1 300 000 ejemplares. Para la digitalización de los herbarios, dichas instituciones se apoyaron en el sistema para computadora *BIÓTICA*, desarrollado por la CONABIO cuyo propósito es ayudar a capturar y actualizar datos curatoriales, nomenclaturales, geográficos, bibliográficos y de parámetros ecológicos (CONABIO, 2009). Asimismo, como lo indica Peralta de Andrés (2014) existen otras herramientas para dispositivos móviles que resultan útiles en la conformación de herbarios digitales brindando apoyo desde la

recolección de ejemplares, permitiendo así que la digitalización de la información se realice desde la primera actividad del proceso de conformación. Entre las aplicaciones que pueden ayudar en la colecta de ejemplares, se encuentran *ZamiaDroid*, *EpiCollect* y *CyberTracker*. Las dos últimas herramientas mencionadas son aplicaciones genéricas cuya principal función es la generación de formularios cuyos datos se alojan en un servidor central sobre el cual se pueden realizar consultas, pero que no fueron desarrolladas específicamente para la colecta de ejemplares. A diferencia de *ZamiaDroid*, la cual es una aplicación para la captura de datos biológicos georreferenciados en el campo por medio de formularios (Martí y Font, 2012). En la Figura 4 se muestran capturas de la aplicación *ZamiaDroid* proporcionadas por el equipo de desarrollo B-VegAna (s.f.) en su sitio web.

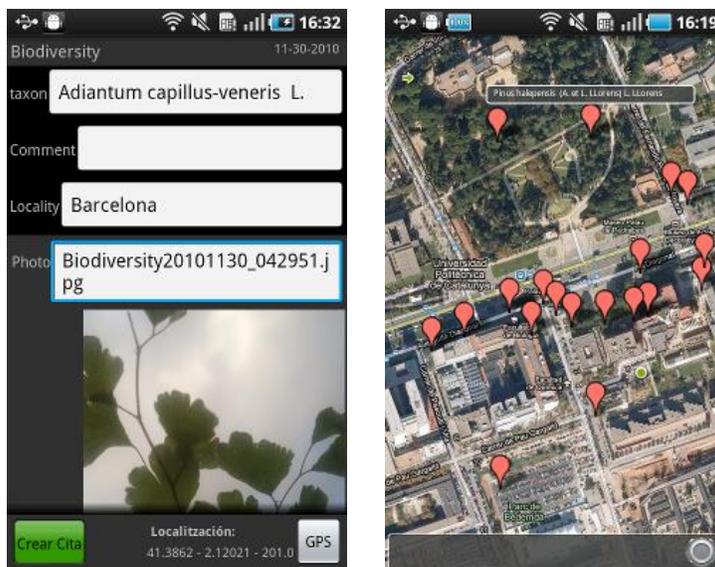


Figura 4. Capturas de pantalla de la aplicación *ZamiaDroid* desarrollado por B-VegAna.

Sin embargo, en sistemas como los mencionados anteriormente, al tratarse de aplicaciones de propósito general, su uso no abarcaría las tareas específicas para la colecta de plantas. Por tal motivo, es de considerar la aplicación de la usabilidad en el diseño y desarrollo de los herbarios digitales, las herramientas de colecta y de los sistemas en general.

La usabilidad se define como el “grado de efectividad, eficiencia y satisfacción con la que usuarios específicos pueden lograr objetivos específicos, en contextos de uso específicos” (ISO 9241-11, 1998). Por lo tanto, la usabilidad de una aplicación informática se refiere a “la facilidad con que los usuarios pueden utilizar la misma para alcanzar un objetivo concreto” (Enriquez y Casas, 2014). Para asegurar que un sistema sea usable, es necesario contar con una metodología, técnicas y procedimientos para lograr ese objetivo. El marco metodológico que permite alcanzar la usabilidad de un producto es el Diseño Centrado en el Usuario (Hassan, Martín, y Iazza, 2004). El Diseño Centrado en el Usuario (DCU) permite mejorar la usabilidad de los productos con el que las personas interactúan, desde teléfonos móviles hasta complejos sistemas de software (Mor, 2011), debido a que durante todo el proceso se involucra a los usuarios en las diferentes fases de desarrollo del producto, desde su conceptualización hasta su evaluación pasando por la implementación (Domingo y Pera, 2010).

De igual manera, la usabilidad es aplicable a cualquier tipo de interfaz por lo que no se limita exclusivamente a sistemas computacionales (Baeza, Rivera y Velasco, 2004) y una de las aplicaciones más comunes es el diseño web, no obstante, en los últimos años los dispositivos móviles y sus aplicaciones han alcanzado un gran éxito entre los usuarios de diferentes edades convirtiéndose en una herramienta de uso cotidiano. Dicho éxito se debe, en gran parte a la usabilidad que ofrecen los *smartphones* y *tablets*, dispositivos que permiten una interacción más natural por lo cual los usuarios se han familiarizado de forma más rápida que con el uso de teclados o ratones (Yeeply, 2013). Este crecimiento en el uso de los dispositivos móviles se ha visto acompañada del desarrollo de grandes cantidades de aplicaciones, las cuales han representado diferentes retos para los diseñadores, debido a la gran variedad que existe en las características y formas de uso de los móviles tales como la variedad de sistemas operativos, tamaños de pantalla, resoluciones, relaciones de aspecto, orientaciones de pantalla, entre otros (Holzinger, Treitler y Slany, 2012). Sin embargo, es importante atender dichos problemas ya que en la actualidad son más las personas que utilizan un dispositivo móvil para acceder a la web en lugar de una computadora y la cantidad de usuarios seguirá creciendo en los próximos años. La popularización y el tamaño de los móviles (el medio masivo más grande y de mayor disponibilidad para las personas) aunado a las ventajas de accesibilidad que ofrecen este tipo de dispositivos, representan una buena justificación para crear productos móviles (Fling, 2009).

Por lo anterior, se deseaba desarrollar una herramienta para dispositivos móviles siguiendo las fases del Diseño Centrado en el Usuario, que permitiera la colecta de plantas de manera digital para su posterior procesamiento en diferentes plataformas. Aprovechando las facilidades que ofrecen los dispositivos móviles y la utilidad que pueden tener durante las salidas al campo, la aplicación sería una herramienta para usar únicamente durante la fase de recolección de ejemplares mediante la cual, de acuerdo con sus intereses, los colectores podrían definir el tipo de plantas que desean recolectar para que después se registraran las características de los ejemplares a través de fotografías y notas de campo. Por último, la información recabada durante la colecta con la aplicación sería enviada a un servidor desde el que podría ser consultada en algún otro dispositivo para que se realice el procesamiento del material y se decida si se incluye o no en un herbario digital.

En la Figura 5 se pueden ver los pasos que se llevarían a cabo para realizar la colecta de plantas con la aplicación móvil.

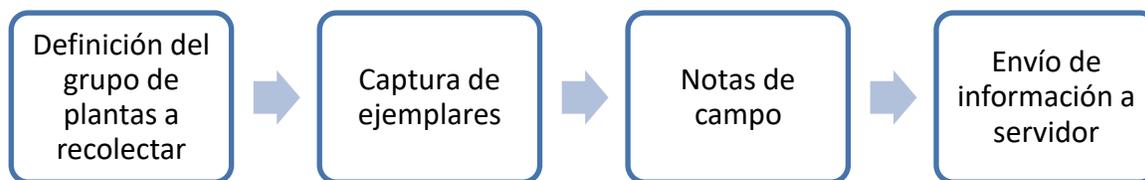


Figura 5. Funcionamiento de la herramienta para la colecta de plantas.

Así mismo, dado que para seguir la metodología del Diseño Centrado en el Usuario se deben identificar usuarios, usos y contextos específicos, este proyecto se desarrolló con un caso práctico que refiere al proceso de colecta realizado en la Universidad de la Cañada (UNCA) para la conformación de un herbario digital. Lo anterior permitió considerar las características de las

personas que realizan las colectas, las técnicas de recolección que utilizan y las condiciones del entorno bajo las cuales desarrollan dicha actividad en la región de la Cañada. La UNCA ubicada en el municipio de Teotitlán de Flores Magón, perteneciente al estado de Oaxaca y al Sistema de Universidades del Estado de Oaxaca, proporcionó la autorización al acceso de la información obtenida por el Instituto de Farmacobiología en investigaciones que se han realizado en la misma universidad sobre: la colecta de plantas, el herbario físico “Kixonga Naxo” y la arquitectura de información de un herbario digital.

Finalmente, se considera que las aportaciones realizadas al concluir el presente proyecto serán las siguientes:

- Identificación de actividades manuales realizadas en el campo durante la colecta, que se pueden realizar de manera digital.
- Guía para llevar a cabo colectas de plantas de un herbario digital.
- Digitalización inmediata de los ejemplares colectados en el campo.
- Aplicación móvil para realizar la colecta de plantas en el contexto específico de la Universidad de la Cañada.
- Análisis de la efectividad, eficiencia y satisfacción de los usuarios con herramientas tecnológicas en una colecta de plantas.

1.1 DELIMITACIONES Y LIMITACIONES

Delimitaciones

- La herramienta se centra en la fase de colecta del proceso de conformación del herbario.
- El diseño de las interfaces de la aplicación móvil se enfoca en las necesidades de los usuarios de la región de la Cañada en el estado de Oaxaca.
- La implementación de la herramienta para la colecta de plantas se realizaría únicamente para dispositivos móviles.
- La aplicación móvil se desarrollaría considerando las técnicas de recolección que se lleven a cabo en la UNCA.
- El desarrollo del presente proyecto se llevó a cabo a través de una sola iteración del ciclo del Diseño Centrado en el Usuario.

Limitaciones

- La calidad del ejemplar recolectado con la aplicación podría verse afectado por las características de hardware del dispositivo móvil con el que se lleve a cabo la recolección de los ejemplares.
- La validación de las técnicas de recolección de información podría haber requerido un tiempo considerable debido a que se realizará por expertos del área en la UNCA.
- La evaluación de la aplicación móvil dependió de las actividades de colecta de plantas programadas en la UNCA con salidas al campo, por lo que si éstas no hubieran coincidido con el cronograma de la tesis se tendrían que haber realizado en las instalaciones de dicha universidad.

1.2 HIPÓTESIS

El uso de una herramienta para dispositivos móviles en la fase de recolección de ejemplares o colecta permite realizar las tareas que ésta conlleva con eficiencia, efectividad y satisfacción en las pruebas de usabilidad que se realicen, bajo el enfoque del Diseño Centrado en el Usuario.

1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO

Objetivo general

Desarrollar una aplicación móvil para la colecta de plantas de un herbario digital a través del Diseño Centrado en el Usuario.

Objetivos específicos

- Identificar las técnicas de colecta de plantas para la conformación de un herbario.
- Validar las técnicas de colecta de plantas en la Universidad de la Cañada.
- Obtener requerimientos funcionales y no funcionales del proceso de colecta de plantas.
- Diseñar las interfaces y arquitectura de la aplicación móvil para apoyar la colecta de plantas de un herbario digital.
- Implementar la aplicación móvil considerando lo obtenido en fases anteriores.
- Configurar la comunicación de la aplicación móvil con el repositorio de la información recolectada.
- Evaluar a través de pruebas unitarias, de integración y usabilidad la aplicación móvil.

1.4 METAS

- Generar una lista de las técnicas de colecta de plantas y la información más importante a recabar para la conformación de un herbario.
- Elaborar una guía paso a paso del proceso de colecta de plantas con las técnicas utilizadas en la Universidad de la Cañada, tomando en cuenta las consideraciones de los expertos sobre la colecta en el campo.
- Realizar un documento con la especificación de requisitos funcionales y no funcionales para el desarrollo de la aplicación móvil.
- Elaborar un documento con el diseño detallado derivado de la aplicación móvil.
- Generar un reporte de pruebas unitarias, de integración y usabilidad de la aplicación móvil.

1.5 APROXIMACIÓN A LA SOLUCIÓN

El desarrollo de la aplicación móvil propuesta en la presente investigación, pretende ser una herramienta de ayuda durante una de las etapas más importantes en el proceso de la conformación de un herbario digital, la recolección de ejemplares. Con el uso de la aplicación se busca mejorar el proceso de colecta ayudando a los investigadores a obtener información de mayor calidad evitando la omisión de características importantes que dificulten su posterior procesamiento.

En la Figura 6 se muestra cómo es una recolección de ejemplares tradicional, la cual requiere amplios conocimientos y experiencia por parte del recolector para obtener información precisa que sea de utilidad para la fase de procesamiento del material. Además, la información obtenida en el

campo debe ser capturada en medios digitales para que pueda ser enviada y procesada en la siguiente etapa de la conformación de un herbario por lo que el proceso puede durar un tiempo considerable dependiendo de la cantidad de ejemplares que se recolecten.



Figura 6. Recolección de plantas tradicional.

Sin embargo, con la aplicación que se propone (véase la Figura 7) el proceso de recolección de ejemplares permitiría a los investigadores enfocarse en la información más importante del ejemplar que se está recolectando al igual que concentrar dicha información en tiempo real de manera digital. Así mismo, dependiendo de la zona en la que se realice la colecta sería posible enviarla desde el campo en el que se lleve a cabo la actividad.



Figura 7. Recolección de plantas utilizando la aplicación móvil.

De esta forma, con la herramienta móvil se lograría aumentar la efectividad y la eficiencia de los recolectores de ejemplares.

La metodología utilizada para el diseño y la implementación de la aplicación móvil es el Diseño Centrado en el Usuario (DCU) (Norman y Draper, 1986) debido a que es una metodología interactiva de desarrollo de software que garantiza la usabilidad del software ubicando en el centro del desarrollo las necesidades, gustos y preferencias de los usuarios (Moreno y Peralta, 2014). Aunque es posible encontrar diferentes versiones para llevar a cabo dicha metodología, la empleada en el presente proyecto será la que se muestra en la Figura 8 basada en el modelo convencional con cuatro fases: análisis, diseño, implementación y evaluación (Harper, Rodden, Rogers y Sellen, 2008).

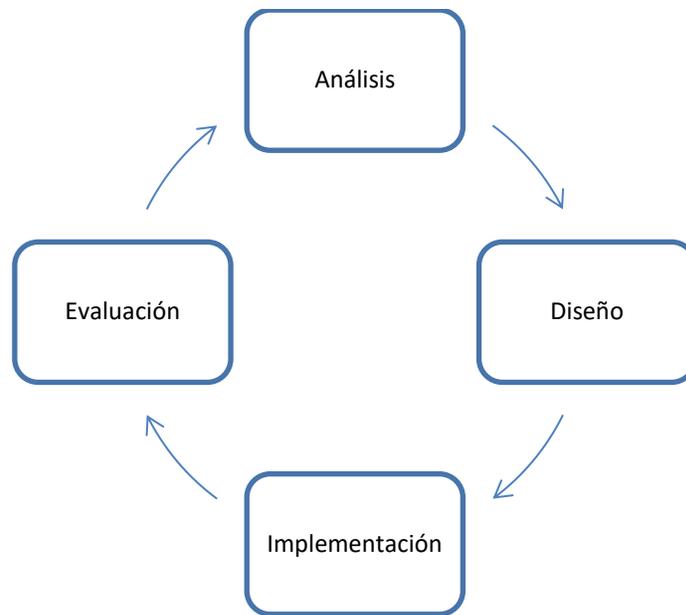


Figura 8. Fases de la metodología Diseño Centrado en el Usuario.

De acuerdo con el estándar ISO 9241-210 (2010) uno de los principios claves que caracterizan al DCU es el sentido iterativo de la metodología, debido a esto las actividades del proceso “se llevan a cabo de forma iterativa, con el ciclo ejecutándose hasta que se hayan alcanzado los objetivos de usabilidad”, logrando así un proceso de mejora continua (García, 2015). Sin embargo, al seguir este proceso se debe tener en cuenta que las iteraciones del DCU toman tiempo (Granollers, 2010) y que los principales problemas de usabilidad se encuentran en las primeras iteraciones (Kanji, 2015). Aunado a lo anterior y considerando el tiempo para cada fase de DCU que podría a ver tomado realizar esta investigación de tesis, se determinó realizar una sola iteración del ciclo DCU. Esto permitiría cubrir la implementación de la aplicación móvil y la evaluación, con lo que se podría verificar la hipótesis de la investigación.

Para el desarrollo de la investigación se tuvo como caso práctico el herbario físico “Kixonga Naxo” ubicado en la Universidad de la Cañada, por lo cual la propuesta de solución se llevó a cabo de acuerdo con los resultados obtenidos en cada fase de la metodología DCU en la UNCA.

Análisis

En la primera fase de la metodología se realizaron diferentes actividades que permitieron alcanzar los primeros tres objetivos específicos. Estos ayudaron a entender el contexto y las necesidades de los usuarios potenciales de la aplicación móvil en la región de la Cañada para la colecta de plantas. Es decir, se realizó la especificación de requerimientos tanto funcionales como no funcionales. Por lo tanto, se llevaron a cabo revisiones en la literatura sobre el proceso de conformación de herbarios físicos y las técnicas de recolección de ejemplares, entrevistas con investigadores del Instituto de Farmacobiología de la UNCA que colaboran en la conformación del herbario físico de dicha universidad y observaciones de campo.

Diseño

En esta fase, derivado de la información obtenida en el Análisis, se diseñaron las interfaces de la aplicación móvil, así como la arquitectura física del software asegurándose de cumplir con todos los requisitos especificados.

Implementación

Basado en las dos fases anteriores de la metodología, durante esta etapa se definieron las tecnologías a utilizar para que posteriormente se realizara la codificación de la aplicación móvil tanto en *backend* como en *frontend*, al igual que la implementación de la comunicación entre la *app* y el repositorio de información colectada. Además, con la finalidad de aplicar buenas prácticas de programación, se adoptaron estándares de codificación.

Evaluación

En la fase de evaluación se buscó validar el cumplimiento de los requisitos funcionales y no funcionales obtenidos en la primera fase de la metodología. De esta forma, se llevaron a cabo pruebas unitarias, pruebas de integración, evaluaciones heurísticas y pruebas de usabilidad con usuarios en campo para obtener resultados con mayor precisión, elaborando sus respectivos reportes.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 INTERACCIÓN HUMANO-COMPUTADORA (IHC)

La Interacción Humano-Computadora (IHC) tiene sus orígenes en diferentes disciplinas dedicadas a estudiar la interacción entre humanos y máquinas, con la finalidad de producir sistemas más efectivos que no afecten el rendimiento de los usuarios. Disciplinas como la ergonomía y el estudio de factores humanos, aunado al creciente uso de las computadoras, despertaron el interés de los investigadores por estudiar el proceso de interacción que existe con ellas considerando aspectos físicos, psicológicos y teóricos, dando origen a la Interacción Humano-Computadora (Dix, Finlay, Abowd y Beale, 2004).

Además, la IHC, se define como la “disciplina relacionada al diseño, evaluación e implementación de sistemas de cómputo interactivos para uso humano y el estudio de los fenómenos que lo rodean” (Hewett, Baecker, Card, Carey, Gasen, Mantei, Perlman, Strong y Verplank, 1992). En donde, el término “humano” puede referirse a un usuario o a un grupo de ellos; mientras que “computadora” se refiere a una amplia gama de sistemas que pueden ir desde una computadora de escritorio hasta un sistema embebido o sistemas con elementos no computarizados; e “interacción” se relaciona a cualquier forma de comunicación entre el humano y la computadora. Así, al hablar de computadoras en IHC, en realidad se habla de sistemas interactivos (Castro, Tentori, Favela, Rodríguez y Sánchez, 2015).

Asimismo, el propósito de la Interacción Humano-Computadora es diseñar sistemas computacionales acordes a las necesidades y requisitos de los usuarios, por lo que para lograr esto, se pueden utilizar diversos enfoques como: involucrar a los usuarios tanto como sea posible en el diseño del sistema, integrar conocimientos y habilidades de otras disciplinas que contribuyan al diseño de la IHC y, llevar a cabo un proceso de diseño iterativo (Tomayess y Pedro, 2015). De esta manera, esta disciplina se interesa en todos los aspectos relacionados con el proceso de interacción entre las personas y los sistemas, lo cual implica estudiar y conocer a los usuarios, las condiciones en las que utilizan un sistema o dispositivo y las características físicas que intervienen en la interacción (Saltiveri, Vidal y Delgado, 2011).

Dado la naturaleza multidisciplinaria de la IHC, es posible que los métodos utilizados en las investigaciones hayan sido originados en alguna de las disciplinas en las que se apoya. Sin embargo, esas técnicas han sido adecuadas para ser utilizadas en la Interacción Humano-Computadora (Lazar, Feng y Hochheiser, 2017). Algunas de las áreas que se involucran en la IHC son: la comunicación, el diseño gráfico, la lingüística, las ciencias sociales, la psicología, graficación por computadora, sistemas operativos, programación, entre otros (Castillo, Guerrero y Godoy, 2017). Por lo tanto, “los problemas que se plantean a la hora de diseñar un sistema de IHC se pueden analizar desde diversas perspectivas: desde las implicaciones para la salud de la persona hasta la eficiencia y la productividad que se consigue con su uso, pasando por el punto de vista social y organizacional” (Marcos, 2001).

2.2 USABILIDAD

Un concepto inherente a la Interacción Humano-Computadora es el de “usabilidad” (Priego, 2015). Éste se refiere, en forma general, a la facilidad con la que se usan los sistemas y si permiten hacer lo que se desea (Enriquez y Casas, 2014). Así, se considera que un sistema no es usable cuando la computadora fuerza al humano a realizar una actividad de manera diferente (Castro et al., 2015).

Aunque el concepto de usabilidad es utilizado con mayor frecuencia en la informática, no es aplicable únicamente al software sino a todos los productos que requieren la interacción de un usuario para realizar determinadas tareas (Vílchez y Nakamura, 2008). Debido a esto, es posible encontrar diferentes definiciones en las que se consideran diferentes atributos o factores (Hassan, Martín y Iazza, 2004). Sin embargo, una de las definiciones más utilizadas dentro de la Interacción Humano-Computadora es la establecida en la ISO 9241-11 (la cual fue presentada en el capítulo anterior) en donde se define a la usabilidad en términos de efectividad, eficiencia y satisfacción. Dichos términos, son considerados atributos de la usabilidad y consisten en lo siguiente (Frøkjær, Hertzum y Hornbæk, 2000):

- Efectividad. Precisión y completitud con la que los usuarios logran objetivos específicos. Los indicadores de efectividad incluyen la calidad de la solución y la tasa de errores.
- Eficiencia. Relación entre la efectividad y los recursos utilizados para alcanzar los objetivos. Los indicadores de eficiencia incluyen el tiempo de finalización de las tareas y el tiempo de aprendizaje.
- Satisfacción. Comodidad y actitudes positivas de los usuarios con el uso del sistema. La satisfacción de los usuarios puede ser medida utilizando escalas de calificación de actitud.

De igual modo, de acuerdo con Grau (2000) la usabilidad es un tema crítico en el desarrollo de software ya que, si no se entienden correctamente las necesidades de los usuarios y el sistema no es percibido como una herramienta que los ayude a realizar sus tareas, se dificulta la aceptación del sistema causando que no sea utilizado o que se use con escasa eficiencia.

Asimismo, aunque al incorporar las características y atributos de los usuarios en contextos particulares de uso es posible diseñar sistemas usables, este proceso no es suficiente para garantizar la efectividad, eficiencia y satisfacción de los usuarios al utilizarlos ya que se deben medir dichos aspectos para verificar que se alcanza el nivel requerido de usabilidad. Para medir la usabilidad, las características del contexto como usuarios, tareas y entorno son suficientes. Así, un cambio en cualquier aspecto relevante del contexto de uso puede cambiar la usabilidad del producto provocando diferentes resultados al evaluar un mismo producto (Abran, Khelifi, Suryn y Seffah, 2003). En general, las dos formas que existen para evaluar la usabilidad es través de pruebas formativas y pruebas sumativas. Las primeras se llevan a cabo en las etapas iniciales del ciclo de desarrollo, cuando un producto aún se encuentra en las etapas preliminares de definición y diseño (Rubin y Chisnell, 2008). Por el contrario, las pruebas sumativas se usan para determinar si un diseño cumple con objetivos específicos y medibles de satisfacción y/o desempeño, establecer un punto de referencia de usabilidad o para hacer comparaciones (User Experience Professionals' Association, 2012a).

2.2.1 Métricas

Pese a que no existen métricas universales o valores definidos con los cuales se pueda determinar si un sistema es o no usable (Cockton, 2012), de acuerdo con Nielsen (2001a), la usabilidad se mide en relación con el rendimiento de los usuarios en un conjunto dado de tareas de prueba considerando como métricas básicas las siguientes:

- Tasa de éxito
- Tasa de errores
- Tiempo por tarea
- Satisfacción subjetiva de los usuarios

De esta forma, es posible medir la usabilidad de un sistema basándose en los tres atributos descritos en la ISO 9241-11. En la Tabla 1, se muestra la relación entre las métricas y los atributos de usabilidad, basada en la clasificación de Mifsud (2015), quien además indica cómo obtener dichas medidas.

Atributo	Métrica
Efectividad	Tasa de éxito
	Tasa de errores
Eficiencia	Eficiencia relativa general
Satisfacción	Satisfacción subjetiva de los usuarios

Tabla 1. Clasificación de las métricas básicas de usabilidad por atributo.

2.2.1.1 Tasa de éxito

La tasa de éxito se refiere al porcentaje de tareas que los usuarios pueden completar correctamente (Nielsen, 2001b). Esta métrica se calcula de la siguiente forma (Mifsud, 2015):

$$Tasa\ de\ éxito = \frac{Número\ de\ tareas\ completadas\ correctamente}{Total\ de\ tareas\ evaluadas} (100\%)$$

Nielsen (2001b) señala que, aunque la tasa de éxito es una métrica aceptada, no dice nada acerca de por qué fallan los usuarios o qué tan bien completaron las tareas.

2.2.1.2 Tasa de errores

La tasa de errores es la frecuencia de fallas que cometen los usuarios al realizar una tarea. Para calcular esta métrica, se deben predefinir los errores que se considerarán en el conteo (TechSmit, s.f.). Algunas definiciones de errores pueden ser los comentarios realizados acerca de confusiones, tiempos de respuesta prolongados o clics erróneos (Sandor y Holden, 2009).

2.2.1.3 Eficiencia relativa general

Esta métrica se refiere al tiempo expresado en minutos o segundos, que transcurre entre el inicio y el final de una tarea (Albert y Tullis, 2013). No obstante, el tiempo por tarea puede ser medido en otras formas tales como la señalada por Mifsud, quien realiza el cálculo basándose en la efectividad:

$$\text{Eficiencia relativa general} = \frac{\sum_{j=1}^R \sum_{i=1}^N n_{ij} t_{ij}}{\sum_{j=1}^R \sum_{i=1}^N t_{ij}} (100\%)$$

En donde:

N = Total de tareas evaluadas

R = Número de usuarios

n_{ij} = Éxito o fracaso de la tarea i por el usuario j

t_{ij} = Tiempo utilizado por el usuario j para completar la tarea i

2.2.1.4 Satisfacción subjetiva de los usuarios

La satisfacción es medida a través de cuestionarios estandarizados con los cuales se puede obtener la impresión de los usuarios acerca de la facilidad de uso del sistema evaluado. Las preguntas se pueden realizar al final de cada tarea o de la evaluación (Mifsud, 2015). Sin embargo, se debe tener en cuenta que debido a que la satisfacción se mide “simplemente preguntando a los usuarios, la métrica es inherentemente subjetiva” (Nielsen, 2012). De acuerdo con García (2015), entre los cuestionarios más populares se encuentran:

- *Software Usability Measurement Inventory* (SUMI)
- *Post-Study System Usability Questionnaire* (PSSUQ)
- *System Usability Scale* (SUS)

2.3 DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO (DCU)

Hassan y Ortega (2009) definen el Diseño Centrado en el Usuario (DCU) como “un proceso cíclico en el que las decisiones de diseño están dirigidas por el usuario y los objetivos que pretende satisfacer el producto, y donde la usabilidad del diseño es evaluada de forma iterativa y mejorada incrementalmente”. Por lo tanto, el objetivo del Diseño Centrado en el Usuario es crear productos que tengan un alto grado de usabilidad (Lawton y Thorp, 2004). De esta forma, el DCU representa una alternativa al diseño de sistemas dirigidos por las funcionalidades, en donde las necesidades de los usuarios quedan en segundo plano, causando que se construyan productos difíciles de entender y/o de usar (Luna, 2016).

El proceso de diseño centrado en las necesidades humanas ha sido estudiado utilizando diferentes términos como Diseño Centrado en el Humano (DCH) y Diseño Centrado en las Personas (DCP) lo cual ha generado que se dificulte la definición unificada del DCU (Suárez, Aguilar y Neira, 2017). No obstante, el DCU está basado en estándares internacionales como el ISO 13407 (después conocido como estándar ISO 9241) (Suárez et al., 2017) en donde se define “un proceso genérico que incluye una serie de actividades a lo largo del ciclo de vida de desarrollo del producto, pero sin especificar los métodos a utilizar en cada una de ellas” (Gracia, Gracia y Romero, 2015).

Así mismo, “el estándar no cubre todas las actividades necesarias y se plantea como complemento a métodos de diseño existentes y provee una perspectiva centrada en el usuario que puede ser integrada en distintas formas de procesos de diseño de una forma adecuada al contexto particular” (Moreno, 2010).

En la Figura 9 se muestra el Diseño Centrado en el Usuario de acuerdo con la especificación del estándar ISO 13407.

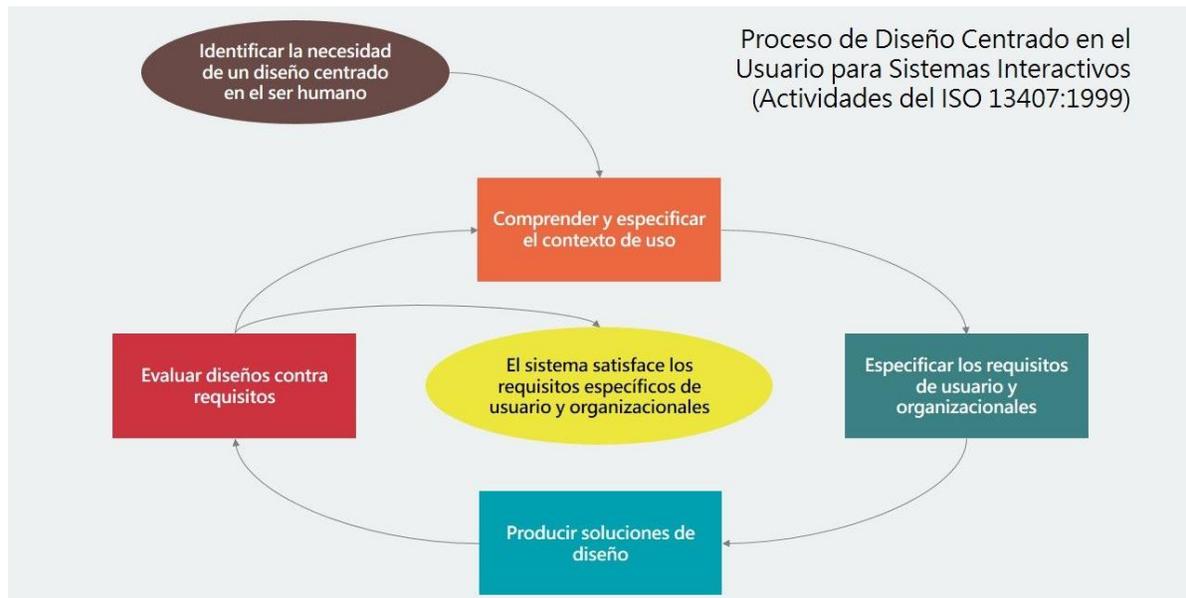


Figura 9. Proceso DCU de acuerdo con el estándar ISO 13407. Bermudez (2018).

Por lo anterior, para poner en práctica el DCU no existe un consenso sobre qué se debe hacer exactamente (Sánchez, 2011). Sin embargo, de acuerdo con Sánchez (2011), un Diseño Centrado en el Usuario se caracteriza por cumplir con los siguientes principios descritos en la ISO 9241-210:

- El diseño se basa en un entendimiento de los usuarios, tareas y entornos.
- Los usuarios están involucrados durante el diseño y el desarrollo.
- El diseño está dirigido y refinado por evaluaciones centradas en usuarios.
- El proceso es iterativo.
- El diseño está dirigido a toda la experiencia del usuario.
- El equipo de diseño incluye habilidades y perspectivas multidisciplinarias.

Así, aunque existen diferentes propuestas sobre cómo se debe seguir el Diseño Centrado, todas pretenden guiar el desarrollo de sistemas interactivos de forma organizada para lograr que sean usables (Benavides, 2008).

2.3.1 Fases

El Diseño Centrado en el Usuario, generalmente sigue un ciclo iterativo conformado por cuatro fases fundamentales: análisis, diseño, implementación y evaluación. Aunque se pueden utilizar diferentes términos para nombrar a cada una de las etapas, éstas suelen incluir el mismo tipo de actividades (Harper et al., 2008). En la primera, se busca entender el contexto en el que los usuarios utilizan un sistema para que después se identifiquen y especifiquen los requisitos de los usuarios. Después, con la información obtenida, se desarrollan soluciones las cuales son evaluadas para comprobar qué tan bien se desempeña un diseño en un contexto específico. Y a partir de la fase de evaluación, se empieza con las iteraciones que continúan hasta que se obtengan resultados satisfactorios (Interaction Design Foundation, 2018a).

2.3.1.1 Análisis

En la primera etapa del DCU, lo que se busca es identificar al tipo de usuario que usará el producto, para qué lo usará y en qué condiciones. Luego, se deben identificar los requisitos y objetivos de los usuarios que deberán cubrirse para implementar el producto correctamente (Usability.gov, s.f.).

2.3.1.2 Diseño

Después de obtener los requisitos del sistema, éstos se utilizan como referencia para elaborar diseños que son mejorados hasta obtener la propuesta de diseño deseada. De igual manera, al final de esta etapa se debe contar con la información suficiente para proceder a la codificación de la solución de diseño propuesta (Moré, 2010).

2.3.1.3 Implementación

En esta etapa, se toma el diseño elaborado en la fase anterior y se construye un sistema funcional (Rouke, 2017) apoyándose de herramientas de desarrollo que permitan resolver los problemas que se encuentren (Quesenbery, 2001).

2.3.1.4 Evaluación

Por último, la fase de evaluación consiste en la valoración de la propuesta de solución implementada, por parte de los usuarios, basándose en los requisitos funcionales y no funcionales del sistema para determinar si existen mejoras por hacer en el producto (Campos, 2018).

2.3.2 Técnicas

Cuando se sigue el DCU, se pueden utilizar diferentes técnicas que permiten “recopilar información sobre los usuarios y sus tareas, analizar las necesidades, crear soluciones de diseño, iterar diseños a través de evaluaciones, y medir la eficiencia, la efectividad y la satisfacción” (User Experience Professionals' Association, 2012b). Por lo tanto, la selección de las técnicas a utilizar se debe hacer considerando las características y los objetivos del proyecto (Domingo y Pera, 2010).

En la Tabla 2, se muestran algunas de las principales técnicas utilizadas en el proceso de desarrollo de software que ayudan a conseguir un mejor nivel de usabilidad (Chipantiza, Lewis, Mazón, Calva y Jeorwin, 2015; Grau, 2000).

Fase del DCU	Técnica
Análisis	Análisis de contexto
	Análisis de usuarios
	Análisis de tareas
Diseño	Prototipado
Evaluación	Evaluación heurística
	Pruebas de usabilidad

Tabla 2. Técnicas utilizadas en el DCU por fase.

2.3.2.1 Análisis de contexto

El análisis o estudio contextual es una técnica que combina las dos mejores fuentes de información para identificar necesidades, las entrevistas y la observación directa, en el entorno real de trabajo de los usuarios (Glassman, Guo, Jackson, Karger, Kim, Miller, Sims y Zhang, 2016).

2.3.2.2 *Análisis de usuarios*

Técnica que proporciona detalles sobre quién va a utilizar el producto. Además, permite definir características de los usuarios como su entorno, nivel de conocimiento, experiencia y frecuencia de uso de productos similares, así como las tecnologías que utiliza (Lawton, 2008).

2.3.2.3 *Análisis de tareas*

Con el análisis de tareas, se estudia la manera en la que las personas realizan sus trabajos, es decir, las cosas que hacen y las cosas que necesitan saber. El alcance de esta técnica es bastante amplio, ya que se deben considerar los aspectos que pueden formar parte de un sistema informático y los que no (Dix et al., 2004).

2.3.2.4 *Prototipado*

La técnica de prototipado consiste en la implementación parcial del diseño de un sistema, el cual permite hacer que los usuarios participen activamente en el proceso de diseño y la evaluación de un producto desde las primeras fases del desarrollo (Escalona y González, 2008). El uso de prototipos durante la fase de diseño ayuda a minimizar el riesgo de implementar diseños que no se basan en la perspectiva de los usuarios y que por lo tanto no funcionarán (UsabilityNet, 2006).

Asimismo, los prototipos se suelen clasificar como de baja o alta fidelidad, en donde la fidelidad se refiere a la cercanía en apariencia que tiene el prototipo con el producto final. La fidelidad puede variar de acuerdo con el nivel de detalle y realismo en el diseño visual, contenido e interactividad. (Babich, 2017).

2.3.2.5 *Evaluación heurística*

La evaluación heurística es una técnica en la que un grupo pequeño de expertos examina una interfaz de usuario para identificar problemas de diseño, basándose en una guía de principios de reconocidos de usabilidad (Manzari y Trinidad, 2006).

2.3.2.6 *Pruebas de usabilidad con usuarios*

Las pruebas de usabilidad con usuarios, es una técnica que evalúa qué tan fácil de usar es un diseño con el apoyo de un grupo representativo de usuarios. Esta técnica consiste en observar a los usuarios tratando de completar una serie de tareas usando el diseño de una interfaz de usuario o incluso un producto físico (Interaction Design Foundation, 2018b).

2.4 APLICACIONES MÓVILES

Los dispositivos móviles como *smartphones* o tabletas cada vez son más populares, por lo que se han convertido en dispositivos de interés para la Interacción Humano-Computadora (Schleicher, Westermann y Reichmuth, 2014). Esto debido a que el aumento en el uso de los dispositivos móviles ha generado nuevos desafíos para la IHC, relacionados tanto con hardware como con software (Huang, 2009).

De igual modo, en la actualidad, un sector importante dedicado al desarrollo de software se ha dirigido a los dispositivos móviles (Sroczyński, 2014). Sin embargo, cuando se tiene un proyecto de desarrollo de software orientado a móviles, se debe tener en cuenta una metodología que “además de soportar la problemática habitual del desarrollo de software, se encargue de dar soluciones y de minimizar riesgos, para el caso concreto del desarrollo de software móvil” (Vique, 2012). Asimismo,

de acuerdo con Sroczyński (2014), en el desarrollo de aplicaciones móviles, se debe considerar que este tipo de dispositivos tienen características diferentes a las de una computadora de escritorio como las pantallas pequeñas, la falta de teclado físico o la capacidad de procesamiento. Estos factores, se consideran de importancia en el desarrollo, ya que podrían influir negativamente en la experiencia del usuario al utilizar aplicaciones móviles.

Por lo tanto, a medida que la tecnología móvil y los usuarios cambian, la práctica del Diseño Centrado en el Usuario se vuelve cada vez más importante para el diseño de las aplicaciones debido a que éstas cada vez se vuelven más complejas, por lo que las expectativas y estándares de los usuarios se vuelven más altos (Appsee, s.f.). Es así que, con el objetivo de corresponder a las expectativas de los usuarios, existen diferentes tipos de aplicaciones móviles con características y limitaciones distintas, las cuales pueden condicionar tanto a los desarrolladores como a los usuarios en aspectos importantes como el rendimiento y la interacción (Cuello y Vittone, 2013; Pilomia, 2011).

2.4.1 Tipos

Las aplicaciones móviles se clasifican en nativas, web o híbridas, dependiendo del enfoque de desarrollo que se utilice. La elección del tipo de aplicación a desarrollar depende de factores como el presupuesto, plazo del proyecto, destinatarios y funcionalidades. Por lo tanto, en cada enfoque de desarrollo es posible identificar ventajas y desventajas (IBM, 2014).

2.4.1.1 Nativas

Las aplicaciones nativas son aquellas que se desarrollan específicamente para una plataforma por lo que pueden aprovechar al máximo todas las funcionalidades de los dispositivos como el GPS, acelerómetro, lista de contactos, etcétera. Este tipo de aplicaciones se suele instalar desde una tienda y se almacena localmente en el dispositivo, lo cual permite que puedan trabajar sin conexión a internet (Budiu, 2013).

2.4.1.2 Web

Este tipo de aplicaciones, de acuerdo con Budiu (2013) realmente no son aplicaciones móviles, sino que en realidad son sitios web que se adaptaron para que se vean y funcionen como lo haría una verdadera *app*. Para su desarrollo, se utilizan tecnologías web como HTML, CSS y Javascript; por lo que la forma de acceder a ellas es a través de un navegador de internet.

2.4.1.3 Híbridas

Las aplicaciones híbridas combinan características de las aplicaciones nativas y web. Se consideran híbridas, a aquellas aplicaciones que se desarrollan con tecnologías web pero que no se ejecutan en un navegador, sino que corren en un contenedor web incrustado en una aplicación móvil, lo cual les permite acceder a algunas funciones del dispositivo (Delía, Galdamez, Thomas, Corbalán y Pesado, 2014).

Así, dado que cada tipo de aplicación móvil tiene diferentes alcances, para decidir qué enfoque seguir en el desarrollo de una aplicación, Budiu (2013) recomienda tomar en cuenta los siguientes factores:

- Funcionalidades del dispositivo. Aunque las aplicaciones web pueden aprovechar algunas funciones, las aplicaciones nativas tienen acceso a todo el conjunto de funciones que ofrecen los dispositivos.
- Conexión a internet. Cuando se requiere que una aplicación funcione sin internet, una aplicación nativa es la mejor opción.
- Visibilidad. Cuando las personas tienen una pregunta o una necesidad utilizan los motores de búsqueda y eligen una página de los resultados, en lugar de buscar una aplicación e instalarla para hacer su consulta. Por lo tanto, el contenido de una aplicación web tiene mayor visibilidad que el de una nativa.
- Velocidad. La capacidad de respuesta de una aplicación es clave para la usabilidad, y las aplicaciones nativas son las más rápidas.
- Instalación. El contenido de la aplicación realmente debe motivar a los usuarios para justificar su instalación, ya que tener que instalar una aplicación, por lo general molesta a los usuarios.
- Mantenimiento. Mantener una aplicación nativa suele ser complicado para los desarrolladores y los usuarios, debido a que los cambios que se hagan deben ser empaquetados en una nueva versión y colocarse en la tienda de aplicaciones.
- Multiplataforma. Si se requiere que una aplicación funcione en diferentes plataformas, es mejor desarrollar aplicaciones web e híbridas porque permiten reutilizar partes de código, lo cual no ocurre con las aplicaciones nativas.
- Restricciones de contenido, proceso de aprobación y tarifas. Las aplicaciones nativas e híbridas deben respetar las restricciones de contenido impuestas por las tiendas de aplicaciones para ser publicadas, mientras que en las aplicaciones web hay total libertad.
- Costo de desarrollo. Se considera que desarrollar aplicaciones web e híbridas es más barato debido a que la experiencia en desarrollo web puede ser suficiente para los programadores, pero en el caso de las aplicaciones nativas, se requieren conocimientos especializados para su desarrollo.
- Interfaz de usuario. Si una de las prioridades es proporcionar una experiencia de usuario que sea consistente con el sistema operativo y con las aplicaciones disponibles en la plataforma, las aplicaciones nativas son la mejor opción debido a que permiten mitigar las limitaciones de los dispositivos al acceder a todas sus funcionalidades.

2.4.2 Desarrollo en Android

Android es un sistema operativo de código abierto pensado para teléfonos móviles basado en un *kernel* Linux gratuito y multiplataforma, y cuyo desarrollo está a cargo de la *Open Handset Alliance*, conformada por más de 80 empresas lideradas por Google. Android, es también un *framework* y proporciona a los desarrolladores un kit de desarrollo conocido como *Software Development Kit* (SDK) con el que se pueden desarrollar versiones personalizadas del sistema operativo o aplicaciones propias (Benbourahla, 2015).

Las aplicaciones de Android se desarrollan con el lenguaje de programación Java, y para que éstas puedan ser instaladas en los dispositivos, se utiliza un archivo APK el cual debe incluir el código compilado junto con los archivos de recursos y datos necesarios para ejecutar una aplicación (Android Developers, 2018a).

2.4.2.1 Arquitectura

El sistema operativo Android, está conformado por “una pila de software de código abierto basado en Linux creada para una variedad amplia de dispositivos y factores de forma” (Android Developers, 2018b). Así, la arquitectura de Android está formada por diferentes capas que permiten el desarrollo de aplicaciones en donde, para acceder a los elementos de alguna de las capas de la pila, se utilizan librerías que permiten utilizar las funciones de las capas inferiores (Vanegas, 2012). Las capas de la plataforma se pueden observar en la Figura 10 y se describen a continuación (Android Developers, 2018b):



Figura 10. Arquitectura del Sistema operativo Android. Android Developers (2018b).

- Aplicaciones del sistema. Representa el conjunto de aplicaciones básicas incluidas en Android como correo electrónico, calendarios, mensajería SMS, etcétera.
- Framework de la Java API. Es todo el conjunto de funciones del sistema operativo que permite el desarrollo de aplicaciones al facilitar la reutilización de componentes del sistema

y servicios centrales como el administrador de recursos, administrador de notificaciones, administrador de actividad, etcétera.

- Bibliotecas C/C++ nativas. Son todas las bibliotecas incluidas en la plataforma que permiten a los componentes de Android que están escritos en C o C++.
- Android Runtime (ART). Es el sistema que ejecuta el código compilado de las aplicaciones. El ART está diseñado para ejecutar las aplicaciones de forma rápida y eficiente en dispositivos pequeños y de baja potencia (Griffiths y Griffiths, 2017).
- Capa de abstracción de hardware. Consiste en un conjunto de interfaces estandarizadas que son implementadas para utilizar hardware específico como la cámara o el bluetooth.
- Kernel de Linux. Es la base de Android, proporciona una interfaz con el hardware y gestiona la memoria, los recursos y los procesos del sistema (Benbourahla, 2015).

2.4.2.2 Componentes

Los componentes de una aplicación son los bloques esenciales para su creación, en el cual cada uno de ellos tiene un fin específico y un ciclo de vida diferente. Estos bloques, ayudan a definir el comportamiento general de una aplicación y se identifican cuatro tipos los cuales se describen a continuación (Android Developers, 2018a):

- Actividades. Una actividad es el componente principal de una aplicación y representa la implementación y las interacciones de sus interfaces (Benbourahla, 2015). Es decir, una actividad es una pantalla con interfaz de usuario.
- Servicios. Un servicio es un componente que se ejecuta en segundo plano para operaciones tardadas o proceso remotos pero que no proporciona una interfaz de usuario.
- Proveedores de contenido. Un proveedor de contenido es el componente que se encarga de administrar un conjunto de datos compartidos el cual permite a las aplicaciones consultarlos y/o modificarlos.
- Receptores de mensajes. Un receptor de mensajes es un componente que responde a los anuncios de mensajes en el sistema como cuando se apaga la pantalla o la batería se está agotando. Aunque el componente no provee una interfaz de usuario, pueden crear notificaciones para alertar a los usuarios cuando se genere un mensaje.

3 ANÁLISIS

Siguiendo la metodología Diseño Centrado en el Usuario (DCU), como primera etapa de la investigación se realizó el análisis, en donde se llevaron a cabo actividades que permitieron tener un mejor entendimiento de los usuarios, el contexto de uso y las tareas que se realizan durante una colecta de plantas.

La información recabada durante las actividades de la etapa de análisis ayudó a definir los requisitos funcionales y no funcionales de la aplicación.

3.1 ANÁLISIS DE CONTEXTO

3.1.1 Primer estudio

La primera actividad que se realizó fue un análisis de contexto en la Universidad de la Cañada (UNCA) ubicada en el municipio de Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca (véase Figura 11) para observar a los usuarios en su contexto de uso. El estudio se llevó a cabo durante los días 27 y 28 de agosto del 2018.

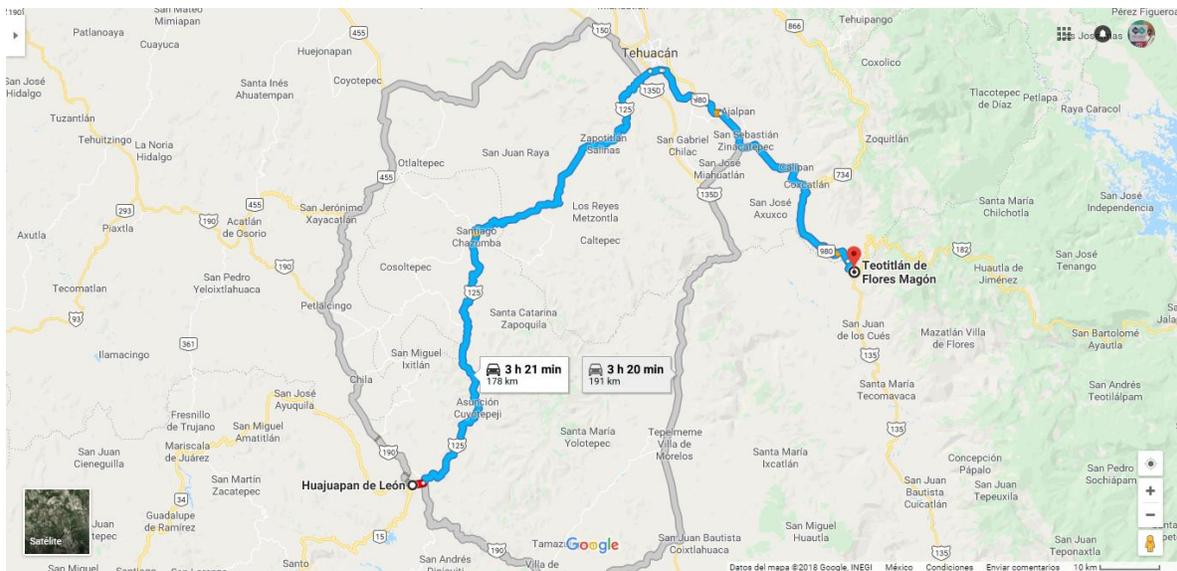


Figura 11. Localización de Teotitlán de Flores Magón en referencia con Huajuapán de León.

El municipio de Teotitlán de Flores se encuentra localizado al norte del estado de Oaxaca en el límite con el estado de Puebla y pertenece a la región Cañada. La distancia aproximada de Huajuapán de León a Teotitlán de Flores Magón es de 178 km con una duración de viaje de 3 horas y 20 minutos con vehículo propio.

Dentro de dicho municipio se ubica la Universidad de la Cañada (véase Figura 12), inaugurada en el año 2006, la UNCA forma parte del Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca (SUNEO) y cuenta con 6 licenciaturas: Ingeniería en Alimentos, Ingeniería en Agroindustrias, Ingeniería en Farmacobiología, Licenciatura en Informática, Licenciatura en Química Clínica y Licenciatura en Nutrición (Universidad de la Cañada, s.f.).



Figura 12. Instalaciones y acceso principal de la UNCA. Universidad de la Cañada (s.f.).

En la UNCA, el primer acercamiento que se tuvo fue con la profesora-investigadora M.C. Rocío Rosas López quien se dedica a la investigación de la etnobotánica además de ser la fundadora y responsable del herbario institucional “Kixonga Naxo” (véase Figura 13), el cual se visitó para conocer y entender cómo se procesan los ejemplares que se obtienen durante las colectas. Dicho herbario se encuentra ubicado dentro de la biblioteca de la Universidad de la Cañada y su conformación inició en el año 2013 a partir de las actividades programadas por la profesora-investigadora durante los cursos que imparte a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Farmacobiología. Actualmente, el herbario cuenta en su colección con 153 ejemplares obtenidos en colectas realizadas en la parte alta y baja de la región Cañada y además, toda la información relacionada a los ejemplares que forman parte del herbario institucional se encuentra concentrada en una hoja de cálculo administrada por la responsable.



Figura 13. Herbario institucional "Kixonga Naxo".

Así mismo, se realizaron un par de entrevistas con expertas (véase Anexo A) en la colecta y procesamiento de plantas, la primera entrevista fue con la profesora-investigadora M.C. Rocío Rosas López y la segunda, con la profesora-investigadora Dra. Mayra Herrera Martínez, ambas del Instituto de Farmacobiología de la UNCA. Las preguntas planteadas a las profesoras-investigadoras, permitieron obtener un mejor entendimiento sobre el proceso general de planeación y ejecución de una colecta de plantas basado en la experiencia de las expertas.

Además, durante la primera visita realizada a la UNCA también se presencié una salida a campo de introducción para coleccionar plantas en las afueras de Teotitlán de Flores Magón (véase Figura 14 y 15). La actividad fue programada como parte del curso propedéutico de la carrera de Ingeniería en Farmacobiología. El sitio para la colecta de plantas introductorias fue elegido por su cercanía con la Universidad de la Cañada y la diversidad de vegetación que se puede encontrar ahí, ya que es un lugar que ha sido explorado por los investigadores de la universidad anteriormente en gran cantidad de ocasiones.



Figura 14. Sitio para colecta de plantas introductorias.



Figura 15. Estudiantes del curso propedéutico de Ingeniería en Farmacobiología colectando una planta.

A partir de las respuestas obtenidas en las entrevistas y la salida a campo introductorias con los estudiantes del curso propedéutico de Ingeniería en Farmacobiología se realizaron las observaciones que se presentan a continuación, acerca de las colectas de plantas para la conformación de herbarios.

3.1.1.1 Observaciones

Observaciones acerca de la planeación de colectas

- Las colectas que se realizan en la Universidad de la Cañada suelen ser de dos tipos, la primera es con el objetivo de conocer el tipo de plantas que existen en una zona y la

segunda, con la finalidad de identificar las plantas útiles para una investigación. En la UNCA, principalmente se colectan plantas medicinales.

- En la planeación de una colecta es importante asignar a un responsable con experiencia en la colecta de plantas.
- Es importante contar con la cantidad de material suficiente para guardar y transportar los ejemplares colectados.
- Si la colecta a realizar es sobre algunas especies en específico, se considera importante tener información previa de las plantas como su zona de distribución, época de floración y otras características que permitan identificarla en el campo.
- La selección de la zona y la fecha en la que se lleva a cabo una colecta de plantas depende del objetivo de la colecta y de las especies de plantas que sean de interés.
- Una vez identificada la zona en la que se realizará una colecta se debe determinar un punto de inicio y final que indique el trayecto a recorrer durante la colecta.
- Para las colectas realizadas en la UNCA, generalmente no se genera un documento en donde se especifique la planeación de la actividad.

Observaciones acerca de la colecta de plantas

- Los colectores que participan en las actividades no necesitan contar con experiencia siempre y cuando sean supervisados por un experto. Sin embargo, sí deben conocer el manejo del GPS.
- Las zonas en las que se han realizado colectas programadas por la UNCA han permitido el uso de GPS de teléfono celular, pero se recomienda utilizar uno que sea manual.
- Por lo general, además de un experto, las colectas se realizan con el apoyo de un guía que conozca bien la zona de colecta.
- Una planta, para que pueda ser identificada correctamente debe tener flor o fruto.
- Para cada planta que se colecte, se deben obtener al menos tres ejemplares que sirvan como respaldo.
- La duración de una colecta varía de una hasta seis horas en un día, pero el tiempo depende principalmente de la cantidad de ejemplares a recolectar.
- Durante la colecta, el prensado puede ser la actividad más tardada y complicada, ya que debe llevarse a cabo cuidando que el ejemplar no se maltrate y que además muestre todas sus características.
- Las colectas se realizan a partir de ocho plantas o especies de interés.
- La identificación de las plantas durante o después de una colecta se apoya en guías taxonómicas o herbarios digitales en caso de que existan dudas.
- Las notas de campo ayudan a obtener información básica de las plantas utilizadas para generar las etiquetas de herbario, en caso de que sean incluidos.
- En la UNCA se cuenta con un formato definido para realizar notas de campo.
- Es importante verificar la información que se genera durante una colecta para evitar problemas como la confusión en los nombres de plantas que originen la repetición de la actividad
- Se considera exitosa una colecta de campo cuando toda la información recabada es validada y se integra a un herbario.

Observaciones acerca del procesamiento de información

- La información generada a partir de las colectas se mantiene en su mayoría en formato físico, aunque se han hecho esfuerzos por capturarla en hojas de cálculo.
- Las profesoras-investigadoras entrevistadas como expertas en colectas de plantas, cuentan con conocimientos básicos en el manejo de software informático.
- Las fotografías que se toman a las plantas, para que sean de mayor utilidad deben contar con escalas que permitan referenciar su tamaño real.
- Es importante contar con fotografías de las plantas en su hábitat con diferentes perfiles y con fotografías después del prensado y secado.
- Las personas entrevistadas señalaron hacer uso frecuente de los herbarios digitales por las fotos que cuentan con una buena resolución.
- La Guía de la reserva de Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, es una guía taxonómica digital basada en imágenes, la cual una de las expertas indicó resulta de utilidad en la región Cañada.

3.1.2 Segundo estudio

El 29 de noviembre de 2018, se realizó una segunda visita al municipio de Teotitlán de Flores Magón que permitió validar los requerimientos identificados durante el primero estudio. Lo anterior se realizó mediante la observación de campo en una colecta de plantas, con un grupo de tercer semestre de Ingeniería en Farmacobiología de la Universidad de la Cañada (véase Figura 16).



Figura 16. Estudiantes de tercer semestre de Ingeniería en Farmacobiología durante la colecta.

La actividad de recolección estuvo a cargo de la profesora-investigadora M.C. Rocío Rosas López quien imparte la asignatura “Biología de plantas medicinales” y que además, participó como experta en el primer estudio realizado. Así mismo, se contó con la participación de dos médicos tradicionales quienes fungieron como guías. La colecta de plantas se llevó a cabo en el municipio de Santiago Nacaltepec, perteneciente al distrito de Cuicatlán, ubicado en la región Cañada de Oaxaca. Dicho municipio, se localiza a aproximadamente 109 km de Teotitlán de Flores Magón con una duración de viaje de 1 hora con 58 minutos en vehículo particular (véase Figura 17).

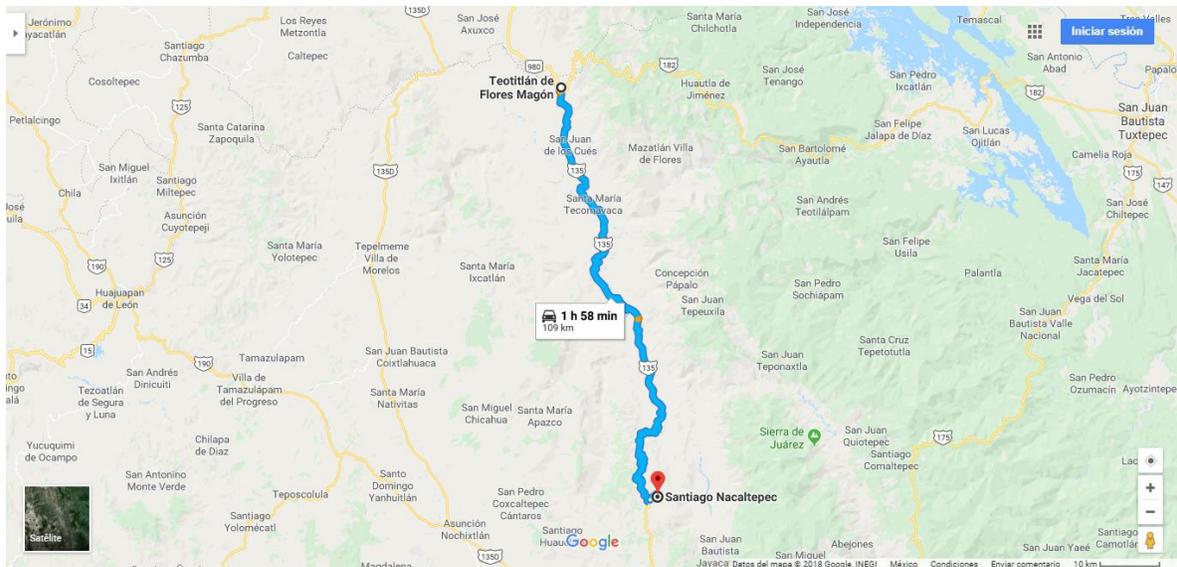


Figura 17. Localización de Santiago Nacaltepec en referencia con Teotitlán de Flores Magón.

Durante la colecta, la cual tuvo una duración aproximada de 5 horas, se pudieron hacer observaciones apoyadas con los comentarios de los estudiantes que, además de validar la información obtenida en el primer estudio, permitieron conocer con mayor detalle aspectos del proceso de recolección de ejemplares en la UNCA.

3.1.2.1 Observaciones

Observaciones acerca de la planeación de colectas

- La planeación de las colectas siempre está a cargo de un profesor-investigador experto en colectas de ejemplares.
- Momentos antes de iniciar la colecta, los estudiantes expresaron desconocimiento sobre la información de la planeación.
- En colectas de tipo exploratoria, no es posible incluir todas las consideraciones del cortado de las plantas en la planeación.

Observaciones acerca de la colecta de plantas

- Los guías de las colectas son los encargados de identificar las plantas y explicar las características a los colectores para que puedan tomar ejemplares.
- En ocasiones, mientras se recolectaba una planta, los guías identificaban otra especie y los estudiantes no escuchaban la información, por lo que se presentaron algunos casos de confusión con los nombres de las plantas.
- Los estudiantes al recolectar una planta únicamente tomaban fotos de ella y anotaban su función, lo cual la experta señaló como incorrecto debido a la falta de información para las etapas posteriores.
- El GPS manual únicamente es utilizado para marcar los puntos cercanos a las especies de plantas.
- Los teléfonos móviles no permitían el acceso a los servicios de ubicación en tiempo real.

- Los estudiantes suelen trabajar por equipos en donde existe un encargado de cortar las plantas, otro para fotografiar y hacer anotaciones, y un tercer integrante encargado de prensar.
- Las plantas que se prensan en las colectas pueden tardar semanas en terminar su proceso de secado.
- La medición del tiempo durante una colecta carece de importancia debido a que no impacta en los resultados en ningún momento.

Observaciones acerca del procesamiento de información

- Para finalizar la actividad de colecta, los estudiantes deben esperar el secado de sus ejemplares para después hacer el montaje y las etiquetas de herbario.
- Después de montar y etiquetar los ejemplares, el responsable del herbario institucional evalúa si se incorpora al herbario “Kixonga Naxo”.

3.2 ANÁLISIS DE USUARIOS

Los usuarios de la aplicación serán los estudiantes de Ingeniería en Farmacobiología y los profesores-investigadores adscritos al instituto de dicha carrera en la Universidad de la Cañada (véase Figura 18) que contarán con un rol durante la colecta, el cual puede ser: colector o experto.



Figura 18. Estudiantes de Farmacobiología guiados por su profesora en una colecta de introducción.

Los colectores suelen ser los estudiantes de Ingeniería en Farmacobiología, aunque originarios de diferentes comunidades del estado de Oaxaca, principalmente provienen de los municipios pertenecientes al Distrito Teotitlán y Cuicatlán. Sus edades oscilan entre los 18 y 24 años y en algunos casos, además de hablar español, tienen como lengua materna una lengua indígena característica de la región como ixcateco, mazateco y cuicateco, entre otros. Generalmente, cuentan con un nivel intermedio-avanzado en el manejo de computadoras y teléfonos celulares inteligentes.

Por otro lado, los expertos son profesores-investigadores de la UNCA en la mayoría de las ocasiones, aunque algunas veces pueden ser médicos tradicionales de la región Cañada. Las personas con el rol de experto, en su mayoría tienen como lengua materna el español y cuentan con estudios de posgrado en áreas relacionadas a la etnobotánica, biología y medicina. Sin embargo, sus niveles de conocimientos en el manejo de dispositivos tecnológicos son básicos.

3.3 ANÁLISIS DE TAREAS

3.3.1 Primer estudio

Durante la visita realizada a la Universidad de la Cañada los días 27 y 28 de agosto del 2018 se elaboró un boceto de la aplicación (véase Anexo B) con la finalidad de facilitar la identificación correcta de las tareas que pueden ser representadas como funcionalidades de la aplicación móvil considerando las opiniones de los expertos. Las primeras tareas identificadas que se incluyeron en el boceto fueron las siguientes:

- Planear una colecta de plantas
- Guiar la colecta de plantas en la zona de interés
- Registrar la información de las plantas
- Guardar y enviar la información generada en la colecta

El boceto se creó utilizando el software *Balsamiq* y se les presentó a los dos expertos entrevistados (véase Figura 19) para que pudieran comentar sobre la utilidad de las funcionalidades incluidas y sugerir otras que consideraran importantes.

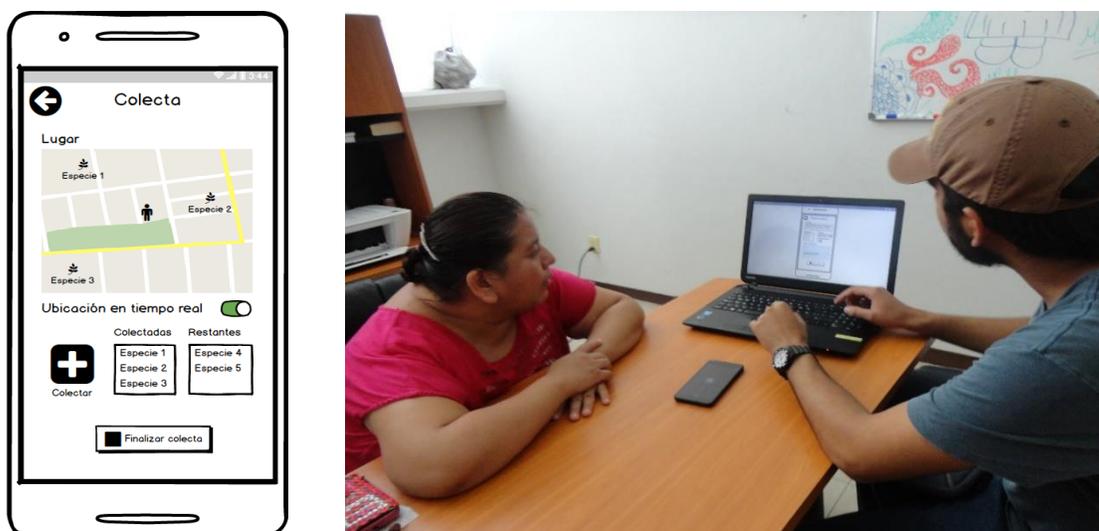


Figura 19. Boceto elaborado con el software *Balsamiq* presentado a uno de los expertos.

Después de revisar el boceto de la aplicación móvil con los expertos, se hicieron las siguientes observaciones acerca de los aspectos que les gustaría que se consideraran para el desarrollo:

- Elaborar una hoja de planeación puede ser de gran utilidad para las colectas con estudiantes.

- Para los estudiantes se debería incluir un recordatorio del material de campo antes de iniciar una colecta.
- Consultar la información generada en colectas anteriores podría ser de gran ayuda para futuras colectas. Por ejemplo, consultar las zonas en donde se ha colectado un tipo específico de plantas.
- La aplicación debe ofrecer libertad para registrar plantas ya que en ocasiones puede ser difícil conocer las plantas que se encontrarán en una colecta.
- El llenado de la hoja de campo es de gran importancia por lo que se debe evitar confundir la información u omitir algún dato.
- La grabación de audios beneficiaría en las colectas de larga duración o que requieren una cantidad alta de plantas a colectar.
- La identificación de las plantas en el campo podría apoyarse con el uso de la aplicación.
- La posibilidad de agregar todas las fotos que sean necesarias de una planta resulta muy útil para su posterior estudio.
- Se debe permitir complementar la información con dispositivos externos como cámaras de mayor resolución o dispositivos GPS manuales.
- La información que se recaba en el campo suele ser revisada posteriormente para su validación, por lo que es importante la opción de guardar y consultar.
- Enviar la información contenida en la app a una computadora es útil para las revisiones.

Basándose en la información obtenida, es posible generar una aproximación de las tareas que involucran la realización de una colecta de campo y el proceso para conformar un herbario de la Universidad de la Cañada y así, posteriormente identificar las tareas en las que la aplicación móvil podría brindar apoyo. De este modo, en el proceso de colecta de plantas se identificaron tres tareas principales:

- Planear colecta
- Recolectar ejemplares
- Procesar información

Cada una de las tareas a su vez, se puede dividir en subtareas las cuales se detallarán con la intención de entender el proceso completo sobre cómo llevar a cabo una colecta de plantas en la Universidad de la Cañada. En la Figura 20 se muestra el proceso de colecta de plantas dividido por tareas.

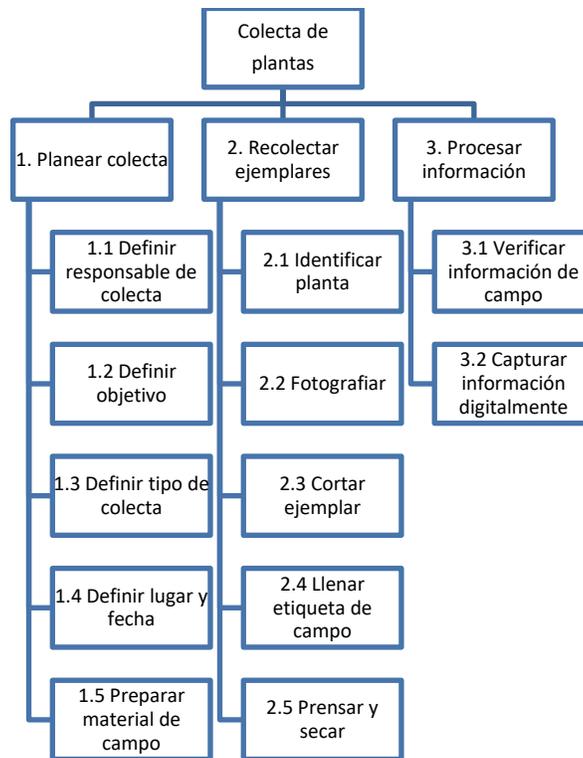


Figura 20. Descomposición por tareas de la colecta de plantas para la conformación de un herbario.

3.3.1.1 Planear colecta

Definir responsable de colecta

Para llevar a cabo una colecta de plantas, primero se debe identificar a una persona encargada de la planeación y de supervisar la recolección de los ejemplares. Generalmente, esta persona es quien tiene el rol de experto, ya que debe contar con amplios conocimientos en la identificación y el cortado de plantas.

Definir objetivo

Ya que se tiene a un responsable de colecta, es importante definir cuál será el objetivo de realizar dicha actividad. Aunque uno de los objetivos es que el material que se recolecte sea incluido al herbario para estudiarlo, antes de salir a campo se debe tener claro qué es lo que se desea obtener de las plantas que se van a recolectar. Por lo tanto, el objetivo de una colecta puede ser variable.

Definir tipo de colecta

Una vez definido el objetivo, es posible elegir el tipo de colecta que se llevará a cabo, para lo cual en la Universidad de la Cañada se realizan colectas de tipo exploratorio y de interés específico. El primer tipo de colecta se lleva a cabo cuando se desea conocer las especies y plantas que se encuentran en un lugar específico, y el segundo tipo, se utiliza cuando se puede definir el tipo de especies o de plantas que son de interés para la colecta.

Definir lugar y fecha

Después, se debe elegir un lugar que vaya acorde al objetivo y el tipo de colecta definido. La elección del lugar se debe hacer acompañada de la definición de la fecha de colecta y además, definiendo un punto de inicio y final en el lugar elegido para la recolección. Así, el responsable debe considerar la información generada en colectas anteriores para identificar las zonas con mayor distribución de las especies o plantas, y sus épocas de floración. De esta forma, se tendrá mayor certeza de que se encontrará el material deseado en la colecta.

Preparar material de campo

Como último paso de la planeación, se debe indicar y reunir el material de campo que servirá para que los colectores puedan cortar, pensar y secar los ejemplares durante la colecta. El material que se suele utilizar en las colectas es el siguiente:

- Tijeras de podar
- Navaja o cuchillo
- Lupa
- Cinta métrica
- Bolsas de plástico de diferentes tamaños
- Papel periódico
- Cartón corrugado
- Libreta de campo
- Etiquetas de colecta de campo
- Prensa portátil
- Cámara fotográfica
- GPS manual

3.3.1.2 Recolectar ejemplares

Identificar planta

Durante la recolección de ejemplares, uno de los pasos más importantes es identificar las plantas correctamente en su hábitat. Para facilitar la identificación, se recomienda que se recolecten plantas que tengan flor o fruto, y en caso de que se tengan dudas los colectores se pueden apoyar en el responsable de la colecta o en guías taxonómicas.

Fotografiar

Antes de cortar un ejemplar, es recomendable fotografiar a las plantas en su hábitat natural desde diferentes perfiles en donde se muestren referencias del punto en el que fueron hallados los ejemplares. Esto con la finalidad de ayudar a futuros colectores a encontrar una planta con mayor rapidez.

Cortar ejemplar

Una vez que se cuenta con fotografías suficientes, se procede a cortar la planta utilizando diferentes técnicas que dependerán de las especies que se deseen coleccionar, ya que dependiendo del tipo de planta se deben cortar al menos 3 ejemplares de la planta completa, las hojas, el tallo, o alguna otra parte de la planta. Aunque no es necesario que los colectores tengan experiencia para esta actividad, se recomienda que sean supervisados por el responsable de la colecta.

Llenar etiqueta de campo

Luego de que se ha identificado y cortado una planta, se deben realizar las notas de campo en la libreta asegurándose de cubrir, al menos, la información que se pide en el formato de etiquetas de colecta de campo utilizado por la UNCA. La información mínima requerida en una colecta se muestra a continuación:

- Fecha
- Sitio de colecta
- Características del lugar de recolección
- Nombre común de la planta
- Hábito de la planta (rastrera, epífita, hierba, arbusto o árbol)
- Diámetro del tallo a la altura del pecho
- Descripción de las flores (color, tamaño, forma, ubicación, número de flores por racimo)
- Descripción de las hojas (forma, presencia de peciolo, tipo de borde)
- Presencia de látex y descripción del mismo
- Abundancia de la planta (número de plantas por metro o hectárea cuadrada)
- Colector
- Número de colecta

Prensar y secar

Para el prensado, se utiliza el papel periódico, el cartón corrugado y la prensa portátil para colocar los ejemplares cortados durante el tiempo que sea necesario para que el periódico absorba toda la humedad de las plantas y se sequen.

3.3.1.3 Procesar información

Verificar información de campo

Cuando se finaliza la colecta de plantas, es importante que cada colector revise las notas realizadas en la libreta y etiquetas de campo asegurándose de proporcionar información completa y correcta. En esta actividad, los colectores se pueden apoyar nuevamente en las guías taxonómicas o en herbarios digitales.

Capturar información digitalmente

Finalmente, toda la información recolectada en el campo se concentra y se captura en una computadora antes de ser enviada al herbario, en donde, en caso de que el material sea aceptado, se procederá con el montaje y etiquetado.

Así, a partir de la descripción de las subtareas que componen el proceso de colecta de plantas es posible definir en qué subtareas puede apoyar la aplicación móvil propuesta y cuáles no, debido a que quedan fuera del alcance de la presente investigación o son actividades que requieren su realización de forma completamente manual en las que el uso de un dispositivo móvil podría entorpecer la actividad en lugar de apoyarla.

Por lo tanto, las subtareas que pueden ser cubiertas como funcionalidades de la aplicación móvil se muestran en la Tabla 3.

Tarea	Subtarea	Apoyo con la aplicación
1. Planear colecta	1.1 Definir responsable de colecta	Sí
	1.2 Definir objetivo	Sí
	1.3 Definir tipo de colecta	Sí
	1.4 Definir lugar y fecha	Sí
	1.5 Preparar material de campo	Sí
2. Recolectar ejemplares	2.1 Identificar planta	Sí
	2.2 Fotografiar	Sí
	2.3 Llenar etiqueta de campo	Sí
	2.4 Cortar ejemplar	No
	2.5 Prensar y secar	No
3. Procesar información	3.1 Verificar información de campo	Sí
	3.2 Capturar información digitalmente	Sí

Tabla 3. Tareas y subtareas de la colecta de ejemplares cubiertas por la aplicación móvil.

Con el análisis anterior, es importante mencionar que la subtarea “Cortar ejemplar” es la actividad en la que se aplican las técnicas de recolección cuyo estudio forma parte de los objetivos y las metas planteadas al inicio de la investigación, sin embargo, ya que el cortado de plantas no formará parte de las funcionalidades de la aplicación, no se considera necesario profundizar en ello ya que no tendrán ningún impacto en el diseño y desarrollo del software.

Por otro lado, dado que la ejecución de la tarea “Procesar información” puede requerir la consulta de diversas fuentes externas (como herbarios digitales o guías taxonómicas) que permitan verificar la información, la opción de realizar dicha tarea en una aplicación web a la que se pudiera acceder desde dispositivos de mayor tamaño que el de los móviles, se cree que puede ser de gran ayuda para el colector al permitirle elegir el ambiente de trabajo que considere más adecuado para él.

3.3.2 Segundo estudio

Con base en la información obtenida durante el segundo estudio contextual que se realizó en la Universidad de la Cañada el día 29 de noviembre del 2018 se identificaron cambios en el proceso de colecta de la UNCA y, por lo tanto, en las tareas que cubrirá la aplicación móvil.

La primera modificación por realizar es acerca de la subtarea “Identificar planta”. De acuerdo con las observaciones del segundo estudio contextual, la identificación de las plantas siempre es llevada a cabo por el guía de la colecta por lo que, a pesar de ser parte fundamental del proceso, resulta innecesario incluir tal funcionalidad en el sistema debido a que es una actividad que no realizan los colectores. El siguiente cambio identificado está en la aproximación del proceso de colecta de la Universidad de la Cañada presentado anteriormente, el cual señala como última actividad, la captura de la información a medios digitales.

Sin embargo, con la nueva información obtenida se considera necesario modificar la subtarea de captura de información por la subtarea de etiquetado y, agregar al proceso el montaje del material como parte del procesamiento de información. Estas subtareas se describen a continuación:

3.3.2.1 Procesar información

Montar material

El montaje del material consiste en fijar los ejemplares que se colectaron, y que han sido secados previamente, en una superficie plana de tal manera que se puedan observar las características importantes de la planta.

Etiquetar

Después de hacer el montaje del material, se deben elaborar las etiquetas de herbario que ayuden a identificar las plantas y proporcionen información confiable. Para el etiquetado, en el herbario institucional “Kixonga Naxo” diseñaron un formato de la etiqueta con la siguiente información:

- Nombre común
- Nombre científico
- Familia botánica
- Descripción de la planta
- Sitio de colecta
- Información etnobotánica
- Uso medicinal
- Modo de empleo
- Fecha de colecta
- Colector (es)
- Número de colecta

Además, a partir de los cambios mencionados, es posible observar que todas las actividades involucradas en el proceso de conformación de un herbario, presentado en la introducción del proyecto y que se pueden ver gráficamente en la Figura 1, forman parte de la nueva aproximación del proceso de colecta de plantas planteado. De esta manera, en la Universidad de la Cañada es posible referirse al “Proceso de colecta de plantas” como “Proceso de conformación de herbario” y viceversa.

Finalmente, en la Figura 21 se muestra la descomposición por tareas del proceso de conformación de un herbario en la UNCA después del segundo estudio contextual. De igual manera, en la Tabla 4 se pueden observar las tareas y subtareas que serán incluidas como funcionalidades de la aplicación luego de los hallazgos obtenidos.

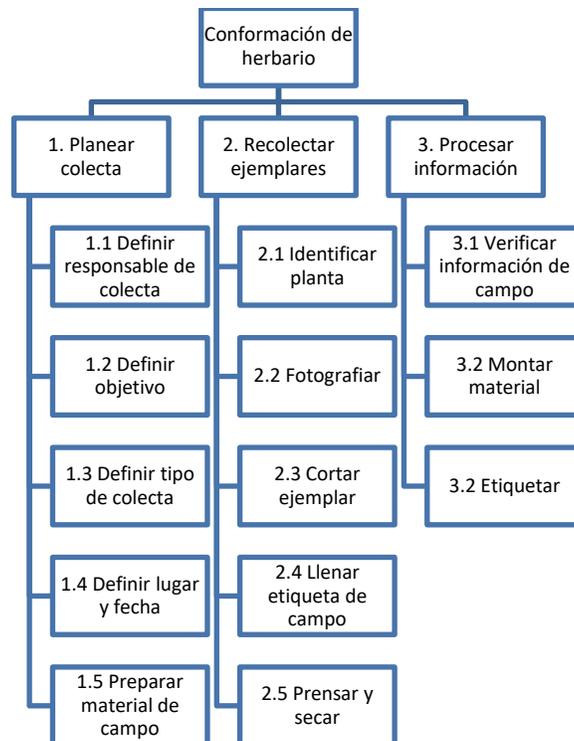


Figura 21. Proceso de conformación de un herbario utilizado en la Universidad de la Cañada.

Tarea	Subtarea	Apoyo con la aplicación
1. Planear colecta	1.1 Definir responsable de colecta	Sí
	1.2 Definir objetivo	Sí
	1.3 Definir tipo de colecta	Sí
	1.4 Definir lugar y fecha	Sí
	1.5 Preparar material de campo	Sí
2. Recolectar ejemplares	2.1 Identificar planta	No
	2.2 Fotografiar	Sí
	2.3 Llenar etiqueta de campo	Sí
	2.4 Cortar ejemplar	No
	2.5 Prensar y secar	No
3. Procesar información	3.1 Verificar información de campo	Sí
	3.2 Montar material	No
	3.3 Etiquetar	Sí

Tabla 4. Tareas y subtareas de la conformación de herbario cubiertas por la aplicación móvil.

3.4 ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE

Después de realizar el análisis de contexto, usuarios y tareas, en esta sección se especifican los requisitos funcionales y no funcionales del software que se deben cubrir en el diseño y desarrollo de una aplicación móvil para la colecta de plantas que apoye en la conformación del herbario digital de la Universidad de la Cañada. La aplicación propuesta, como se vio en el análisis de tareas, brindará apoyo en las tres tareas principales del proceso de colecta, sin embargo, algunas tareas o subtareas no podrán ser cubiertas como funcionalidades del software. Además, es importante señalar que dada la naturaleza del proceso de colecta, todas las funcionalidades de la aplicación requerirán la supervisión e interacción con los colectores.

Por otra parte, con base en la información anterior, los requisitos de las funcionalidades del sistema se especificarán a continuación utilizando el siguiente formato (véase Tabla 5):

Código	Tarea	Importancia
<i>RF/RNF-Número</i>	<i>Nombre de la tarea del proceso de colecta involucrada</i>	<i>Alta/Baja</i>
Descripción		
<i>Descripción del requisito</i>		

Tabla 5. Formato de requisitos específicos.

- RF: Requisito Funcional
- RNF: Requisito No Funcional

3.4.1 Requisitos funcionales y no funcionales

Los requisitos funcionales y no funcionales de la aplicación móvil de apoyo en la colecta de plantas se especifican a continuación (véase de la Tabla 6 a la Tabla 40):

Código	Tarea	Importancia
RF-1	Planear colecta	Alta
Descripción		
Cualquier usuario podrá iniciar la planeación de una colecta en la que deberá indicar la siguiente información:		
<ul style="list-style-type: none"> • Responsable de colecta • Objetivo • Tipo de colecta • Lugar • Inicio y fin de recorrido • Fecha 		
Opcionalmente, se podrán agregar indicaciones adicionales para la colecta como:		
<ul style="list-style-type: none"> • Especies de interés • Número de ejemplares requerido • Otros 		

Tabla 6. Especificación de requisito funcional No.1.

Código	Tarea	Importancia
RF-2	Planear colecta	Baja
Descripción		
<p>El software presentará una lista de material de campo comúnmente utilizado en las colectas que podrá ser editada, permitiéndole al usuario agregar o eliminar elementos. El material de campo se enlista a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tijeras de podar • Navaja o cuchillo • Lupa • Cinta métrica • Bolsas de plástico de diferentes tamaños • Papel periódico • Cartón corrugado • Prensa portátil • GPS manual 		

Tabla 7. Especificación de requisito funcional No.2.

Código	Tarea	Importancia
RF-3	Planear colecta	Baja
Descripción		
<p>Los usuarios que planeen una colecta podrán agregar archivos o enlaces de apoyo para la identificación de plantas durante la colecta.</p>		

Tabla 8. Especificación de requisito funcional No.3

Código	Tarea	Importancia
RF-4	Planear colecta	Alta
Descripción		
<p>Los usuarios podrán consultar la información de colectas que hayan planeado otros usuarios.</p>		

Tabla 9. Especificación de requisito funcional No.4.

Código	Tarea	Importancia
RF-5	Planear colecta	Alta
Descripción		
<p>Los usuarios que consulten las colectas planeadas podrán indicar en cuáles participarán como colectores.</p>		

Tabla 10. Especificación de requisito funcional No.5.

Código	Tarea	Importancia
RF-6	Planear colecta	Alta
Descripción		
<p>Los usuarios podrán editar la información de las colectas que hayan planeado.</p>		

Tabla 11. Especificación de requisito funcional No.6.

Código	Tarea	Importancia
RF-7	Planear colecta	Alta
Descripción		
<p>Los usuarios podrán eliminar la información de las colectas que hayan planeado.</p>		

Tabla 12. Especificación de requisito funcional No.7.

Código	Tarea	Importancia
RF-8	Recolectar ejemplares	Baja
Descripción		
El software deberá notificar a los usuarios, que una colecta en la que participarán está próxima a realizarse.		

Tabla 13. Especificación de requisito funcional No.8.

Código	Tarea	Importancia
RF-9	Recolectar ejemplares	Baja
Descripción		
Durante una colecta de plantas, se deberá mostrar el mapa del lugar de colecta indicando el recorrido planeado.		

Tabla 14. Especificación de requisito funcional No.9.

Código	Tarea	Importancia
RF-10	Recolectar ejemplares	Baja
Descripción		
El asistente de colecta deberá mostrar la ubicación exacta de las plantas que hayan sido colectadas anteriormente en el mismo lugar de colecta.		

Tabla 15. Especificación de requisito funcional No.10.

Código	Tarea	Importancia
RF-11	Recolectar ejemplares	Baja
Descripción		
Los usuarios podrán utilizar el GPS del dispositivo móvil durante la recolección de ejemplares.		

Tabla 16. Especificación de requisito funcional No.11.

Código	Tarea	Importancia
RF-12	Recolectar ejemplares	Alta
Descripción		
La información de la planeación de colecta podrá ser consultada durante la recolección de ejemplares.		

Tabla 17. Especificación de requisito funcional No.12.

Código	Tarea	Importancia
RF-13	Recolectar ejemplares	Baja
Descripción		
El material de apoyo proporcionado en la planeación podrá ser consultado durante la colecta.		

Tabla 18. Especificación de requisito funcional No.13.

Código	Tarea	Importancia
RF-14	Recolectar ejemplares	Baja
Descripción		
La aplicación deberá contar la duración de la colecta, por lo que el usuario deberá indicar cuando se inicie y se finalice la actividad.		

Tabla 19. Especificación de requisito funcional No.14.

Código	Tarea	Importancia
RF-15	Recolectar ejemplares	Baja
Descripción		
El contador del tiempo de la colecta podrá ser pausado y reanudado en cualquier momento.		

Tabla 20. Especificación de requisito funcional No.15.

Código	Tarea	Importancia
RF-16	Recolectar ejemplares	Alta
Descripción		
Los usuarios podrán registrar las plantas que colecten asegurándose de cubrir los siguientes datos:		
<ul style="list-style-type: none"> • Fecha • Sitio de colecta (ubicación mediante GPS) • Características del lugar de recolección • Nombre común de la planta • Hábito de la planta (rastrera, epífita, hierba, arbusto o árbol) • Diámetro del tallo a la altura del pecho • Descripción de las flores (color, tamaño, forma, ubicación, número de flores por racimo) • Descripción de las hojas (forma, presencia de peciolo, tipo de borde) • Presencia de látex y descripción del mismo • Abundancia de la planta (número de plantas por metro o hectárea cuadrada) • Colector • Número de colecta • Información adicional 		

Tabla 21. Especificación de requisito funcional No.16.

Código	Tarea	Importancia
RF-17	Recolectar ejemplares	Alta
Descripción		
Los usuarios podrán tomar fotografías de los ejemplares colectados con la cámara integrada en el dispositivo móvil.		

Tabla 22. Especificación de requisito funcional No.17.

Código	Tarea	Importancia
RF-18	Recolectar ejemplares	Alta
Descripción		
Los usuarios podrán realizar notas de campo a través de grabaciones de audio.		

Tabla 23. Especificación de requisito funcional No.18.

Código	Tarea	Importancia
RF-19	Recolectar ejemplares	Alta
Descripción		
Mientras una colecta esté en proceso, la información de las plantas registradas por un usuario podrá ser consultadas únicamente por él mismo.		

Tabla 24. Especificación de requisito funcional No.19.

Código	Tarea	Importancia
RF-20	Recolectar ejemplares	Alta
Descripción		
Los usuarios podrán editar la información de las plantas que hayan registrado.		

Tabla 25. Especificación de requisito funcional No.20.

Código	Tarea	Importancia
RF-21	Recolectar ejemplares	Alta
Descripción		
Los usuarios podrán eliminar la información de las plantas que hayan registrado.		

Tabla 26. Especificación de requisito funcional No.21.

Código	Tarea	Importancia
RF-22	Procesar información	Alta
Descripción		
La información generada durante las colectas se almacenará de forma local en el teléfono celular.		

Tabla 27. Especificación de requisito funcional No.22.

Código	Tarea	Importancia
RF-23	Procesar información	Alta
Descripción		
Los usuarios podrán editar la información de las colectas finalizadas que ellos hayan realizado.		

Tabla 28. Especificación de requisito funcional No.23.

Código	Tarea	Importancia
RF-24	Procesar información	Alta
Descripción		
Los usuarios podrán eliminar la información de las colectas finalizadas que ellos hayan realizado.		

Tabla 29. Especificación de requisito funcional No.24.

Código	Tarea	Importancia
RF-25	Procesar información	Alta
Descripción		
Los usuarios podrán compartir por internet la información generada en colectas finalizadas.		

Tabla 30. Especificación de requisito funcional No.25.

Código	Tarea	Importancia
RF-26	Procesar información	Alta
Descripción		
Los usuarios podrán editar la información de las colectas que hayan compartido por internet.		

Tabla 31. Especificación de requisito funcional No.26.

Código	Tarea	Importancia
RF-27	Procesar información	Alta
Descripción		
Los usuarios podrán eliminar la información de las colectas que hayan compartido por internet.		

Tabla 32. Especificación de requisito funcional No.27.

Código	Tarea	Importancia
RF-28	Procesar información	Baja
Descripción		
La información de las colectas compartidas podrá ser consultada por todos los usuarios de la aplicación.		

Tabla 33. Especificación de requisito funcional No.28.

Código	Tarea	Importancia
RF-29	Procesar información	Alta
Descripción		
Los usuarios podrán reproducir los audios que hayan grabado durante la colecta.		

Tabla 34. Especificación de requisito funcional No.29.

Código	Tarea	Importancia
RF-30	Procesar información	Alta
Descripción		
Los usuarios podrán complementar la información de las colectas finalizadas con datos de fuentes externas como cámaras profesionales y/o GPS manuales.		

Tabla 35. Especificación de requisito funcional No.30.

Código	Tarea	Importancia
RNF-1	Todas	Alta
Descripción		
La aplicación móvil deberá ejecutarse en sistema operativo Android.		

Tabla 36. Especificación de requisito no funcional No.1.

Código	Tarea	Importancia
RNF-2	Todas	Alta
Descripción		
La aplicación móvil estará dirigida a teléfonos inteligentes.		

Tabla 37. Especificación de requisito no funcional No.2.

Código	Tarea	Importancia
RNF-3	Todas	Alta
Descripción		
La aplicación móvil contará con una base de datos remota para compartir la información de las colectas.		

Tabla 38. Especificación de requisito no funcional No.3.

Código	Tarea	Importancia
RNF-4	Todas	Baja
Descripción		
La interfaz gráfica de la aplicación móvil deberá reflejar la imagen institucional de la Universidad de la Cañada.		

Tabla 39. Especificación de requisito no funcional No.4.

Código	Tarea	Importancia
RNF-5	Todas	Alta
Descripción		
La aplicación móvil deberá ser fácil de usar.		

Tabla 40. Especificación de requisito no funcional No.5.

3.4.2 Cambios en los requisitos de software

Las observaciones realizadas en el segundo estudio contextual y los cambios consecuentes en el análisis de tareas, así como en las tareas cubiertas por la aplicación móvil, generaron un impacto en los requisitos funcionales y no funcionales, por lo que se llevó a cabo una revisión de los requisitos de software especificados previamente, los cuales habían sido obtenidos después del primer estudio que se llevó a cabo en la Universidad de la Cañada.

Por esta razón, se identificaron como afectados los siguientes requisitos debido a los cambios hechos en el análisis previo (véase Tabla 41):

Código	Descripción
RF-1	Cualquier usuario podrá iniciar la planeación de una colecta en la que deberá indicar la siguiente información: <ul style="list-style-type: none"> • Responsable de colecta • Objetivo • Tipo de colecta • Lugar • Inicio y fin de recorrido • Fecha Opcionalmente, se podrán agregar indicaciones adicionales para la colecta como: <ul style="list-style-type: none"> • Especies de interés • Número de ejemplares requerido • Otros
RF-3	Los usuarios que planeen una colecta podrán agregar archivos o enlaces de apoyo para la identificación de plantas durante la colecta.
RF-9	Durante una colecta de plantas, se deberá mostrar el mapa del lugar de colecta indicando el recorrido planeado.
RF-13	El material de apoyo proporcionado en la planeación podrá ser consultado durante la colecta.
RF-14	La aplicación deberá contar la duración de la colecta, por lo que el usuario deberá indicar cuando se inicie y se finalice la actividad.
RF-15	El contador del tiempo de la colecta podrá ser pausado y reanudado en cualquier momento.

Tabla 41. Requisitos de software afectados en el segundo estudio.

El primer requisito funcional, RF-1, tendrá una modificación en la información que se deberá ingresar para crear la planeación de una colecta. El cambio en la descripción del requisito consiste en la eliminación del campo “Inicio y fin de recorrido” debido a que el camino a recorrer durante la colecta es establecido por el guía y no suele participar en la planeación. Es así que, la especificación del requisito modificado es la siguiente (véase Tabla 42):

Código	Tarea	Importancia
RF-1	Planear colecta	Alta
Descripción		
Cualquier usuario podrá iniciar la planeación de una colecta en la que deberá indicar la siguiente información:		
<ul style="list-style-type: none"> • Responsable de colecta • Objetivo • Tipo de colecta • Lugar • Fecha 		
Opcionalmente, se podrán agregar indicaciones adicionales para la colecta como:		
<ul style="list-style-type: none"> • Especies de interés • Número de ejemplares requerido • Otros 		

Tabla 42. Especificación de requisito funcional No.1 modificada.

Así mismo, el requisito RF-3 se modificará para que los archivos o enlaces de apoyo, puedan ser utilizados durante el procesamiento de información para verificar la información de campo. Quedando especificado de la siguiente manera (véase Tabla 43):

Código	Tarea	Importancia
RF-3	Planear colecta	Baja
Descripción		
Los usuarios que planeen una colecta podrán agregar archivos o enlaces de apoyo para verificar la información de campo.		

Tabla 43. Especificación de requisito funcional No.3 modificada.

Por otra parte, el requisito RF-9 será eliminado debido a su relación con la modificación del requisito RF-1. Así mismo, el requisito RF-13 se eliminará como consecuencia de la modificación ya mencionada, en las subtarefas cubiertas por la aplicación. Finalmente, los requisitos RF-14 y RF-15 también se eliminarán ya que resultaron carentes de importancia.

Debido a la eliminación de cuatro requisitos funcionales, y con la finalidad de evitar futuras confusiones, se actualizaron los códigos de los requisitos. En la Tabla 44 se muestran únicamente los requisitos que sufrieron un cambio en su código por lo que, aquellos códigos que no aparecen en la primera columna permanecieron iguales o fueron eliminados.

Código anterior	Código actualizado	Código anterior	Código actualizado	Código anterior	Código actualizado
RF-10	RF-9	RF-20	RF-16	RF-27	RF-23
RF-11	RF-10	RF-21	RF-17	RF-28	RF-24
RF-12	RF-11	RF-22	RF-18	RF-29	RF-25
RF-16	RF-12	RF-23	RF-19	RF-30	RF-26
RF-17	RF-13	RF-24	RF-20		
RF-18	RF-14	RF-25	RF-21		
RF-19	RF-15	RF-26	RF-22		

Tabla 44. Códigos de requisitos funcionales actualizados.

Por último, el cambio en la subtarea de captura de información por el etiquetado hace necesario agregar requisitos funcionales para que se pueda llevar a cabo tal actividad correctamente. En las siguientes tablas (véase Tabla 45 y Tabla 46) se muestran los nuevos requisitos que serán incluidos en la especificación.

Código	Tarea	Importancia
RF-27	Procesar información	Alta
Descripción		
Los usuarios podrán elaborar las etiquetas de herbario de las plantas que colecten asegurándose de cubrir los siguientes datos:		
<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común • Nombre científico • Familia botánica • Descripción de la planta • Sitio de colecta • Información etnobotánica • Uso medicinal • Modo de empleo • Fecha de colecta • Colector (es) • Número de colecta 		

Tabla 45. Especificación del nuevo requisito funcional No.27.

Código	Tarea	Importancia
RF-28	Procesar información	Baja
Descripción		
Los usuarios podrán imprimir las etiquetas de herbario elaboradas por ellos.		

Tabla 46. Especificación del nuevo requisito funcional No.28.

4 DISEÑO

Una vez que se obtuvo la especificación de requisitos, la siguiente fase de la metodología DCU es el Diseño. En esta etapa, la investigación se enfocó en el diseño del software considerando en todo momento los requisitos funcionales y no funcionales.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La aplicación apoyará a los estudiantes a realizar colectas de plantas correctamente, durante las tres etapas del proceso, independientemente de la experiencia previa con la que cuenten en dicha actividad. Así, de acuerdo con el análisis presentado en el capítulo anterior, se contará con dos tipos de usuarios, los profesores-investigadores quienes utilizarán el software en la etapa de planeación y, los estudiantes que usarán la aplicación en las dos etapas siguientes.

De igual manera, el diseño de la aplicación se centrará en los grupos de estudiantes, así como profesores-investigadores de Ingeniería en Farmacobiología y carreras relacionadas pertenecientes a la Universidad de la Cañada (UNCA), que tengan la necesidad de llevar a cabo colectas de plantas en sus proyectos académicos y cuyo material a recolectar sea de interés para formar parte del herbario institucional “Kixonga Naxo”.

Así, en términos generales, el software permitirá planear colectas, registrar plantas y procesar la información generada para que, en el futuro, ésta funcione como base del herbario digital institucional. Sin embargo, durante el desarrollo del Análisis se detectó que el beneficio que representa el uso de una aplicación móvil durante el registro de plantas no se ve reflejado en las etapas de planeación y procesamiento de información debido a que son actividades que no se realizan en el campo, por lo que se vuelve necesario añadir la utilización de una aplicación multiplataforma como las aplicaciones web, de tal forma que los usuarios puedan trabajar de manera satisfactoria según el entorno en el que se encuentren, evitando así afectar su efectividad y eficiencia durante la primera y la última etapa del proceso de conformación de un herbario.

4.1.1 Funcionamiento

El funcionamiento del sistema conformado por la aplicación móvil y el complemento web será descrito a continuación utilizando escenarios de uso del sistema en cada una de las tres etapas del proceso de colecta de plantas.

4.1.1.1 *Planear colecta*

El primer escenario de uso es cuando el profesor-investigador de la Universidad de la Cañada programe con un grupo de estudiantes una salida a campo para colectar plantas. Para esto, el usuario deberá generar un formato de planeación desde el complemento web, el cual podrá ser consultado por todos los estudiantes (véase Figura 22).

Una vez que el profesor-investigador finalice la planeación, los estudiantes deberán consultar el formato de planeación e indicar que serán participantes de la colecta utilizando la aplicación móvil (véase Figura 23).

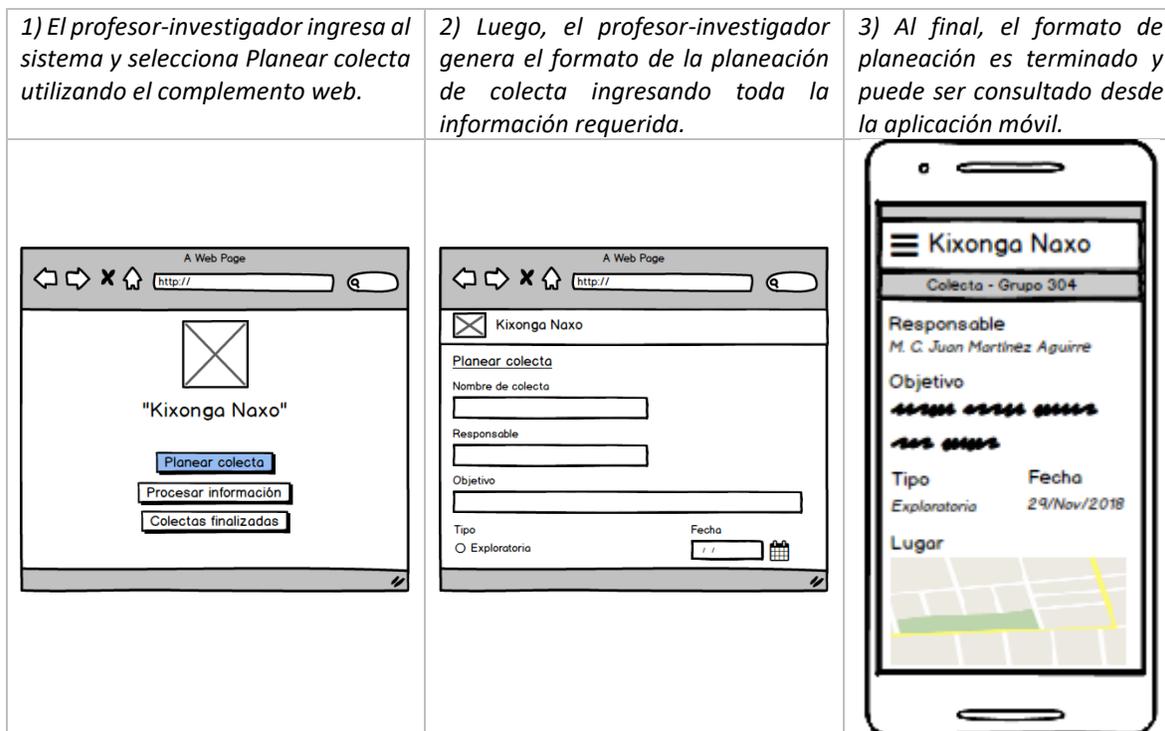


Figura 22. Generación del formato de planeación de colecta.



Figura 23. Registro de estudiantes en la colecta.

Por último, la aplicación notificará a todos los estudiantes que participarán en una colecta que la actividad está próxima a realizarse y les mostrará una lista de verificación con el material de campo a utilizar (véase Figura 24).

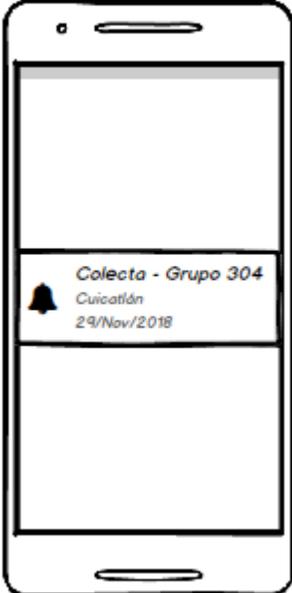
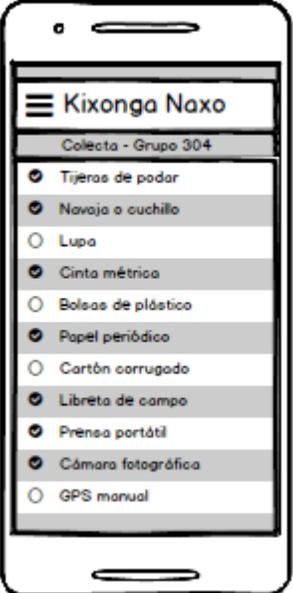
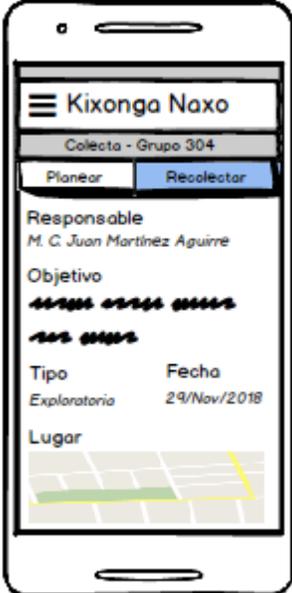
<p>1) El estudiante recibe la notificación de la aplicación avisándole que la colecta está próxima a realizarse.</p>	<p>2) Entonces, el estudiante ingresa a la aplicación y verifica que cuenta con todo el material solicitado por el profesor-investigador.</p>	<p>3) Finalmente, en la aplicación móvil se habilita la función para recolectar plantas.</p>
		

Figura 24. Confirmación de los participantes en la colecta.

4.1.1.2 Recolectar ejemplares

Después de que se finalice la planeación, el siguiente escenario se presentará durante la salida a campo para recolectar ejemplares, en el que la función del registro de plantas únicamente estará disponible en la aplicación móvil. Para esto, se mostrará un panel en el que los usuarios podrán ver el mapa del sitio de colecta y en caso de que haya información disponible, también se mostrarán los puntos en los que se han hallado plantas de colectas anteriores. Además, en el panel se mostrará la opción de registrar plantas, así como la lista de los ejemplares recolectados (véase Figura 25).

El registro de las plantas se realizará basado en la etiqueta de colecta utilizada en la Universidad de la Cañada. Además, se podrán incluir fotografías de los ejemplares y grabaciones de voz para realizar las notas de campo, así como una lista de verificación con la información requerida en la etiqueta de colecta para evitar omitir datos importantes en las grabaciones (véase Figura 26).



Figura 25. Panel de recolecta de ejemplares.

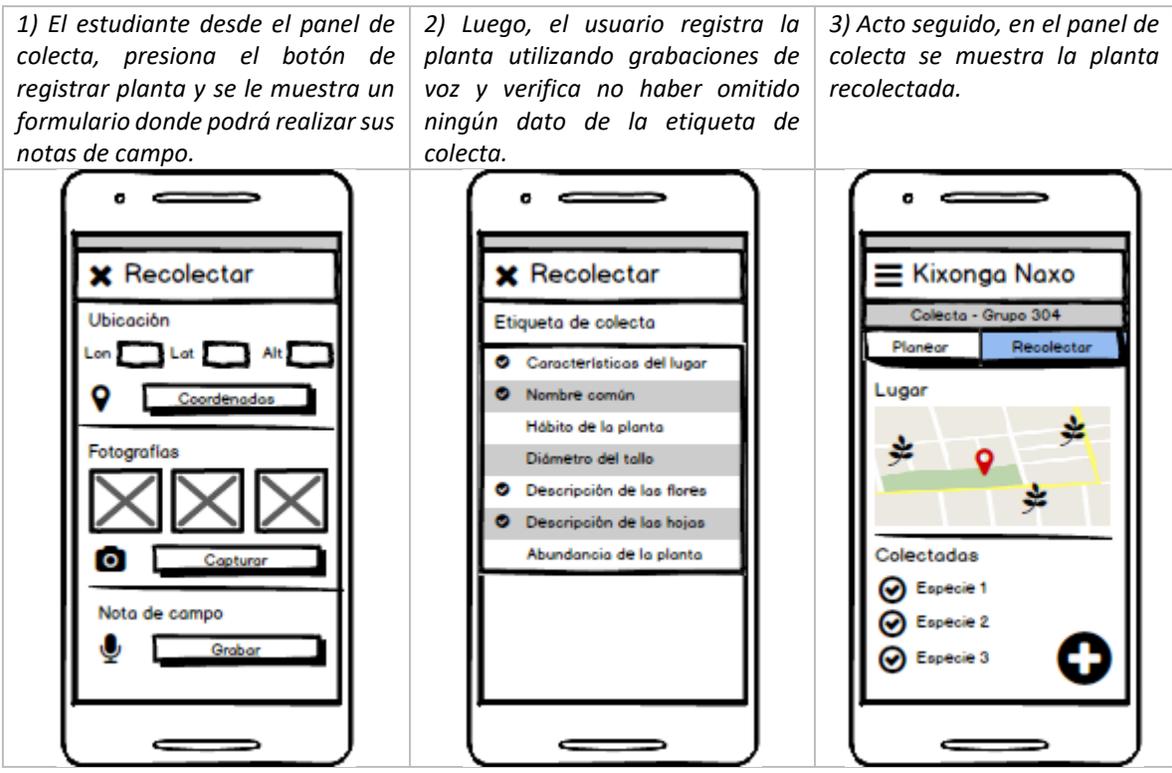


Figura 26. Recolecta de ejemplares con la aplicación.

4.1.1.3 Procesar información

En la última etapa, el escenario se presenta al finalizar la actividad de recolección, en donde los usuarios podrán verificar desde el complemento web que la información registrada en sus notas de campo está completa y es correcta de acuerdo con lo especificado en la etiqueta de colecta, por lo que tendrán la posibilidad de editar los datos de las plantas colectadas (véase Figura 27).

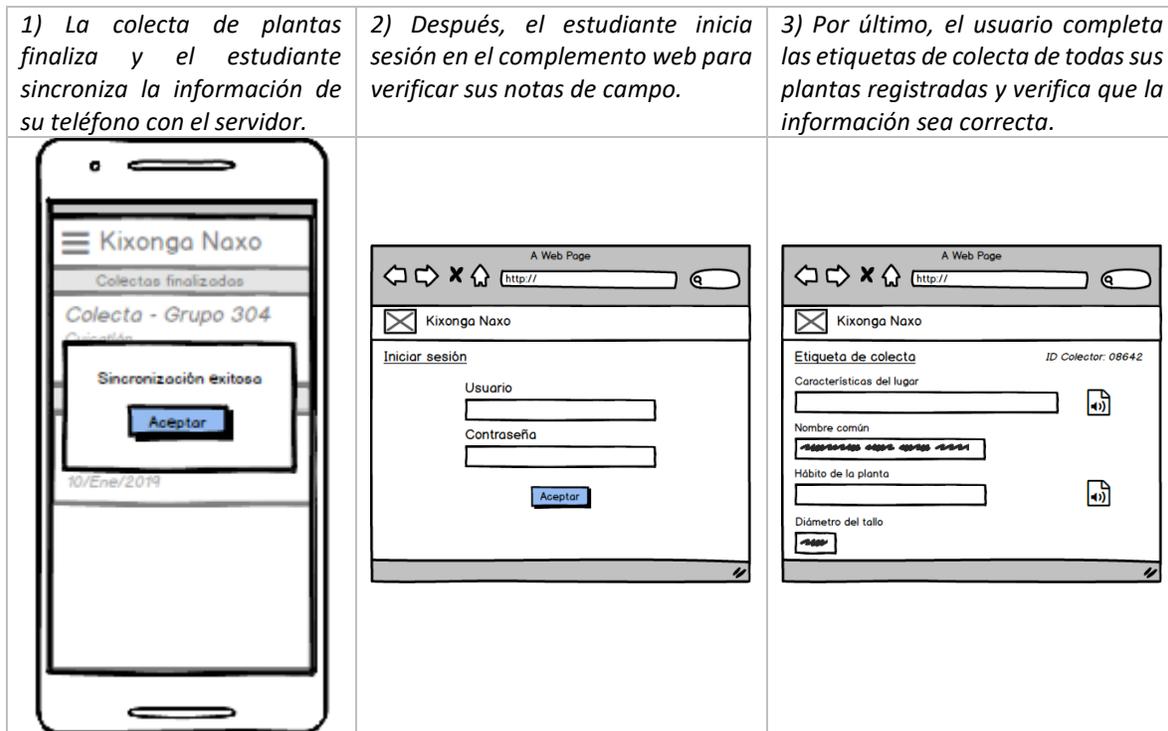


Figura 27. Verificación de las notas de campo.

Finalmente, luego de verificar la información de las notas de campo, los usuarios tendrán la posibilidad de elaborar las etiquetas de herbario consultando el material de apoyo proporcionado en la planeación. Además, dichas etiquetas podrán ser impresas para utilizarlas en el montaje del material (véase Figura 28).

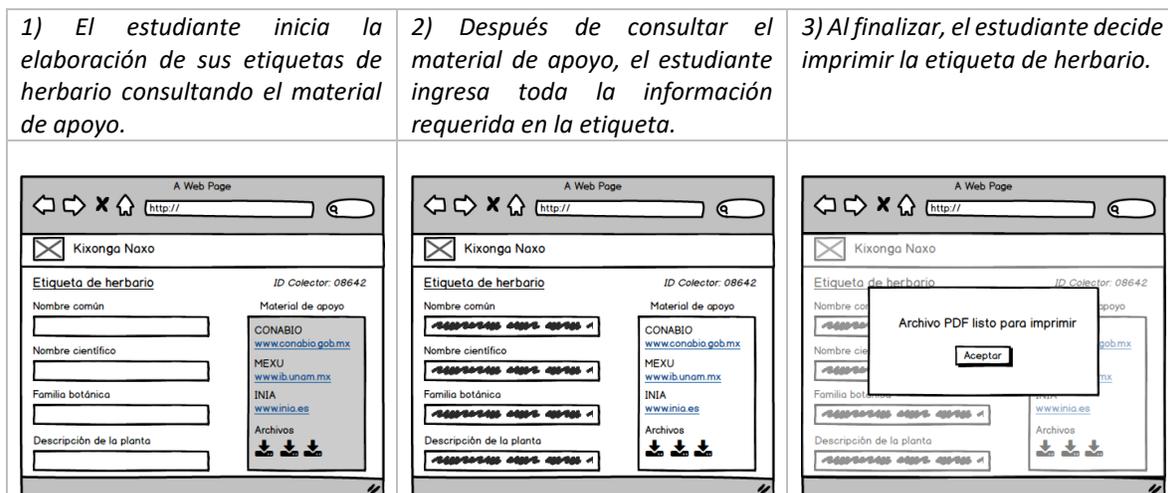


Figura 28. Elaboración de etiquetas de herbario.

4.2 ARQUITECTURA FÍSICA

La arquitectura física del sistema estará conformada por cuatro componentes: base de datos, servidor, aplicación o complemento web y aplicación móvil. La estructura presentada en la Figura 29, permitirá que se concentre toda la información generada durante las colectas en un solo servidor que pueda ser reutilizado posteriormente en el desarrollo del herbario digital de la Universidad de la Cañada.

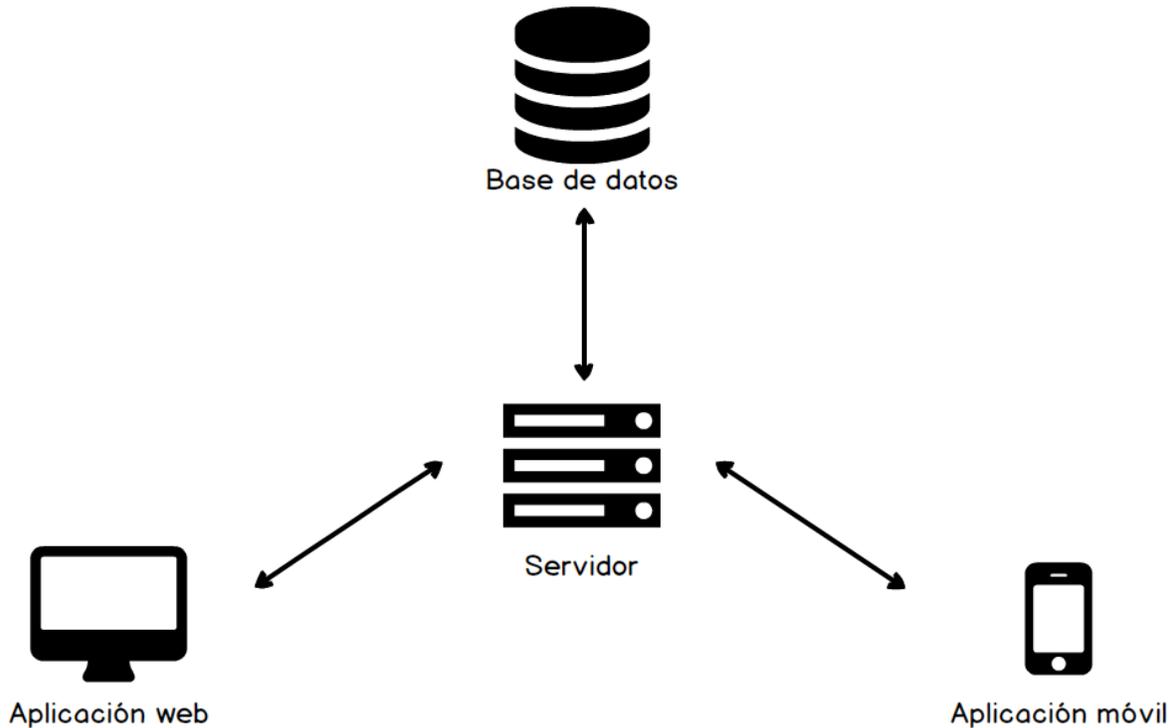


Figura 29. Arquitectura física del sistema para la conformación de un herbario.

4.2.1 Base de datos

Para la base de datos, considerando que el sistema deberá permitir el intercambio de información entre las aplicaciones web y móvil, así como con el herbario digital que se implemente en la Universidad de la Cañada, el sistema para la conformación del herbario digital contará con una base de datos NoSQL basada en documentos debido a que “se adaptan perfectamente a muchas aplicaciones modernas, como dispositivos móviles, web y juegos, que requieren bases de datos flexibles, escalables, de alto rendimiento y altamente funcionales para proporcionar excelentes experiencias de usuario” (Amazon Web Services, s.f.). Por lo tanto, luego de conocer las características del sistema, utilizar este tipo de base de datos no relacionales se considera apropiado para su implementación (Assay, 2016; Fotache y Cogean, 2013).

De esta forma, la base de datos contará con tres documentos en formato JSON, estructurados de tal forma que cumplan con los requisitos especificados en el capítulo anterior. Dichos documentos representarán a las siguientes entidades:

- Usuario
- Colecta
- Etiqueta

4.2.1.1 Usuario

El documento Usuario almacenará la información básica de los estudiantes y profesores que se registren en el sistema, así como de cada una de las colectas en las que participen (véase Figura 30).

```
{
  "id" : "number",
  "nombre" : "string",
  "correo" : "string",
  "contrasena" : "string"
}
```

Figura 30. Estructura del documento "Usuario".

4.2.1.2 Colecta

Este documento concentra toda la información relacionada correspondiente al formato de planeación, incluyendo a los usuarios participantes (véase Figura 31).

```
{
  "id" : "number",
  "id_usuario" : "string",
  "titulo" : "string",
  "responsable" : "string",
  "objetivo" : "string",
  "tipo" : "string",
  "fecha" : "string",
  "lugar" : "string",
  "especies" : "string",
  "material_campo" : ["string"],
  "info_consulta" : ["string"],
  "info_adicional" : "string",
  "participantes" : [{"id_usuario": "string", "nombre_usuario": "string"}],
  "publico" : "boolean"
}
```

Figura 31. Estructura del documento "Colecta".

4.2.1.3 Etiqueta

Por último, el documento Etiqueta almacenará la información de dos etiquetas, la de colecta y la de herbario. De esta forma, los campos de esta entidad se basarán en las etiquetas diseñadas por el Herbario Institucional "Kixonga Naxo". Además, dicho documento incluirá las referencias a las fotografías y grabaciones de voz que se generen como notas de campo durante la colecta al utilizar la aplicación móvil (véase Figura 32).

```

{
  "id" : "number",
  "id_colecta" : "string",
  "colector" : {"id_usuario": "string", "nombre_usuario": "string"},
  "fecha_colecta" : "string",
  "fotografias" : ["string"],
  "lugar" : "string",
  "ubicacion" : {
    "longitud" : "number",
    "latitud" : "number",
  },
  "caracteristicas_lugar" : "string",
  "nombre_comun" : "string",
  "nombre_cientifico" : "string",
  "habito" : "string",
  "dap" : "number",
  "abundancia" : "number",
  "descripcion_planta" : "string",
  "descripcion_flores" : "string",
  "descripcion_hojas" : "string",
  "descripcion_latex" : "string",
  "familia_botanica" : "string",
  "info_etnobotanica" : "string",
  "uso_medical" : "string",
  "modo_empleo" : "string",
  "numero_colecta" : "number",
  "audios" : ["string"]
}

```

Figura 32. Estructura del documento "Etiqueta".

4.2.2 Servidor

El servidor del sistema seguirá un modelo *BAAS (Backend As A Service)* el cual proporciona a los desarrolladores web y móvil una forma de conectar las aplicaciones al *backend* a través del procesamiento y almacenamiento en la nube (Lane, 2015). Utilizar este modelo, además de aportar numerosos beneficios (Cloudflare, s.f.) que facilitan el desarrollo de las aplicaciones, permitirá que la implementación del sistema en la siguiente etapa de la metodología Diseño Centrado en el Usuario, continúe enfocada en la usabilidad de la aplicación, lo cual es uno de los objetivos primordiales del presente proyecto. La Figura 33 muestra los servicios básicos que puede proveer un servidor bajo el modelo *BAAS*.

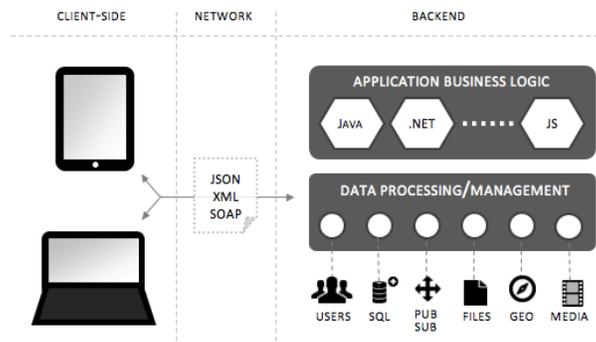


Figura 33. Servicios básicos del Backend As A Service. (Backendless, 2019).

4.2.3 Aplicación web y móvil

Para el diseño de las interfaces gráficas de usuario de la aplicación web y móvil, se construyó un prototipo de baja fidelidad a partir de la información anterior y asegurándose de cubrir cada uno de los requisitos especificados. En la Figura 34 y la Figura 35 se muestran algunas de las interfaces del prototipo desarrollado utilizando el software Axure 8.

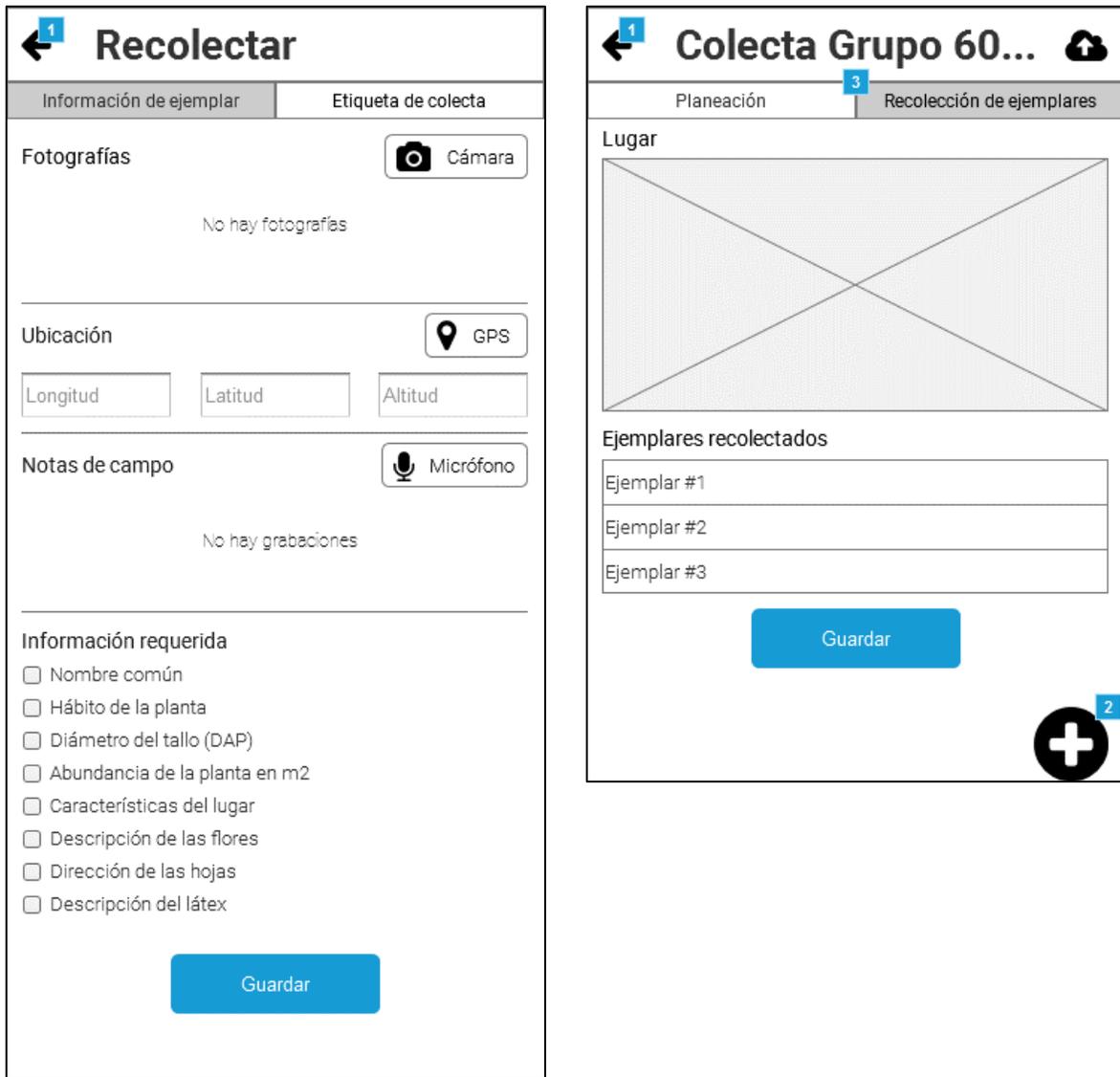


Figura 34. Interfaces del prototipo de la aplicación web.

Kixonga Naxo

Mis planeaciones Mis etiquetas Cerrar sesión

Etiquetado

Verificar información de las etiquetas de colecta

Inicio > Mis etiquetas > Etiquetado

Ejemplares recolectados

- Planta 1
- Planta 2
- Planta 3
- Planta 4
- Planta 5
- Planta 6
- Planta 7
- Planta 8
- Planta 9
- Planta 10

Colecta Grupo 504 - Farmacobiología

San Martín Toxpalan
22/Noviembre/2018

Planta 1

Fotografías

Ubicación

Longitud Latitud Altitud

Características del lugar

Nombre común

Nombre científico

Información de consulta

Herbario Nacional de México (MEXU)
www.ib.unam.mx/botanica/herbario/

Herbario Virtual CONABIO
www.conabio.gob.mx/otros/cgi-bin/herbario.cgi

Plantas de la Reserva de la Biosfera Tehuacán - Cuicatlán Vol. 1

Notas de campo

Audio - Nombre archivo 1

Audio - Nombre archivo 2

Audio - Nombre archivo 3

Audio - Nombre archivo 4

Kixonga Naxo

Iniciar sesión Registrarse

Consulta

Información de colecta

Inicio > Mis etiquetas > Consulta

Información de colecta

Formato de planeación

- Etiquetas de herbario
- Colector 1
- Colector 2
- Colector 3
- Colector 4
- Colector 5

Colecta Grupo 504 - Farmacobiología

Formato de planeación

Responsable	M. C. Juan Alberto Pérez Martínez
Objetivo	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Phasellus sed luctus urna. Mauris eget lectus ac justo aliquam mollis in vitae nunc. Sed ut molestie tortor, vitae tempus diam.
Tipo	Exploratoria
Fecha	22/Noviembre/2018
Lugar	San Martín Toxpalan
Especies de interés	No disponible
Material de campo	Tijeras de podar Navaja o cuchillo Lupa Cinta métrica Bolsas de plástico de diferentes tamaños Papel periódico Cartón corrugado Libreta de campo Etiquetas de colecta de campo Prensa portátil Cámara fotográfica GPS manual
Información de consulta	No disponible
Información adicional	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Phasellus sed luctus urna. Mauris eget lectus ac justo aliquam mollis in vitae nunc. Sed ut molestie tortor, vitae tempus diam.

Colectores

5 participantes

Siguiente

Figura 35. Interfaces del prototipo de la aplicación web.

5 IMPLEMENTACIÓN

Como tercera fase de la metodología, se definieron las tecnologías a utilizar para desarrollar el sistema, así como las características de las plataformas en las que se llevó a cabo su implementación. Además, se buscó adoptar buenas prácticas de programación a través del uso de estándares de codificación.

5.1 TECNOLOGÍAS

De acuerdo con la arquitectura del sistema elaborado en la etapa anterior, las tecnologías que se eligieron para la implementación del sistema son las que se muestran en la Tabla 47.

Componente del sistema	Tecnología
Base de datos	<i>Firebase</i>
Servidor	<i>Firebase</i>
Aplicación web	<i>HTML, CSS, Javascript y Material Components</i>
Aplicación móvil	<i>Android SDK y Material Components</i>

Tabla 47. Tecnologías utilizadas en la implementación del sistema.

Para la base de datos y el servidor, se utilizará la misma tecnología debido a que como se mencionó durante el diseño del sistema, el *backend* seguirá el modelo *BAAS*, el cual en el caso de *Firebase* ofrece como uno de sus servicios la gestión de base de datos.

Así mismo, además de utilizar tecnologías estandarizadas como *HTML*, *CSS* y *Javascript*, un factor importante en la elección de las otras tecnologías fue que todas ellas son desarrolladas y soportadas por la misma organización, Google, lo cual facilita su integración para la implementación del sistema, ofreciendo un mejor rendimiento y por lo tanto una mejor experiencia para el usuario (Firebase, 2019; Material Design, 2019; W3C, 2019).

Firebase

Firebase al ser una plataforma desarrollada por Google que ofrece *backend* como servicio, pone a disposición de los desarrolladores una serie de herramientas que se integran fácilmente con aplicaciones implementadas en múltiples plataformas tales como *iOS*, *Android*, *Web*, *Unity*, entre otras (BBVA Open4U, 2019; Firebase, 2019).

De acuerdo con la página oficial de *Firebase*, las principales herramientas que se ofrecen a los desarrolladores son las presentadas en la Tabla 48:

Herramienta	Descripción
Cloud Firestore	Almacena y sincroniza los datos de tu app a escala global.
Kit de AA	Aprendizaje automático para desarrolladores de apps para dispositivos móviles.
Cloud Functions	Ejecuta código de <i>backend</i> para dispositivos móviles sin administrar servidores.
Authentication	Autentica usuarios de forma simple y segura.
Hosting	Entrega recursos de aplicaciones web con velocidad y seguridad.
Cloud Storage	Almacena y envía archivos a la escala de Google.
Realtime Database	Almacena y sincroniza datos de app en milisegundos.

Tabla 48. Principales herramientas ofrecidas por Firebase. (Firebase, 2019).

Es así que, los servicios o herramientas que serán utilizados en la implementación de las aplicaciones web y móvil son los siguientes:

- *Cloud Firestore*
- *Cloud Functions*
- *Authentication*
- *Hosting*
- *Cloud Storage*

5.2 REQUISITOS DEL SISTEMA

Los requisitos que se enlistan a continuación fueron definidos con base en las características de las plataformas y dispositivos utilizadas durante su desarrollo, las cuales en el caso de la aplicación móvil corresponden a un teléfono móvil Huawei ALE-L23, por lo que la siguiente lista de requisitos se debe tomar únicamente como recomendación para garantizar su correcto funcionamiento. De esta forma, es posible que sistemas con características diferentes a las mencionadas puedan ejecutar las aplicaciones correctamente.

Aplicación web

- Google Chrome versión 71
- Mozilla Firefox versión 64

Aplicación móvil

- Sistema operativo Android 5.0.1 Lollipop
- Procesador Octa-Core 1.2 GHz
- 2 GB de memoria RAM
- 4 GB de espacio libre en memoria interna o externa
- Cámara integrada de 13 Mpx
- Localización GPS
- Conexión Wifi o 2G/3G/4G

5.3 ESTÁNDARES DE CODIFICACIÓN

Los estándares de codificación o estilos de programación aportan diferentes beneficios a un proyecto de desarrollo de software debido a que su adopción “facilita la lectura y entendimiento del código y también garantiza que las revisiones al código, el mantenimiento, el reuso y el proceso de depuración sea más fácil” (André y López, 2006). De esta forma, durante el proceso de desarrollo se reducen los errores de programación y además se aumenta la calidad del software (Vera, E. D. D., Vera, V. B. D., Ramírez, A. A., y Barrios, J. A. M., 2016).

Así, se decidió utilizar para las aplicaciones web y móvil, los estándares de codificación definidos por Google, conocidos como *Google Style Guides* en donde se ofrecen una variedad de guías. En la Tabla se muestran los enlaces externos de los estándares utilizados durante la implementación del sistema.

Lenguaje	Enlace
HTML y CSS	https://google.github.io/styleguide/htmlcssguide.html
Javascript	https://google.github.io/styleguide/jsguide.html
Java	https://google.github.io/styleguide/javaguide.html
XML	https://google.github.io/styleguide/xmlstyle.html

Tabla 49. Estándares de codificación utilizados en la implementación.

5.4 APLICACIÓN WEB

El desarrollo de la aplicación web se llevó a cabo utilizando el editor de código Visual Studio Code, y el código fuente está disponible para su descarga desde el siguiente repositorio de GitHub <https://github.com/IrvingMg/KixongaNaxo-WebApp>. En el Anexo C, se puede consultar más información sobre cómo configurar la aplicación web para ejecutarla correctamente.

Algunas imágenes de la aplicación web en funcionamiento se pueden ver a continuación (véase de la Figura 36 a la Figura 38).

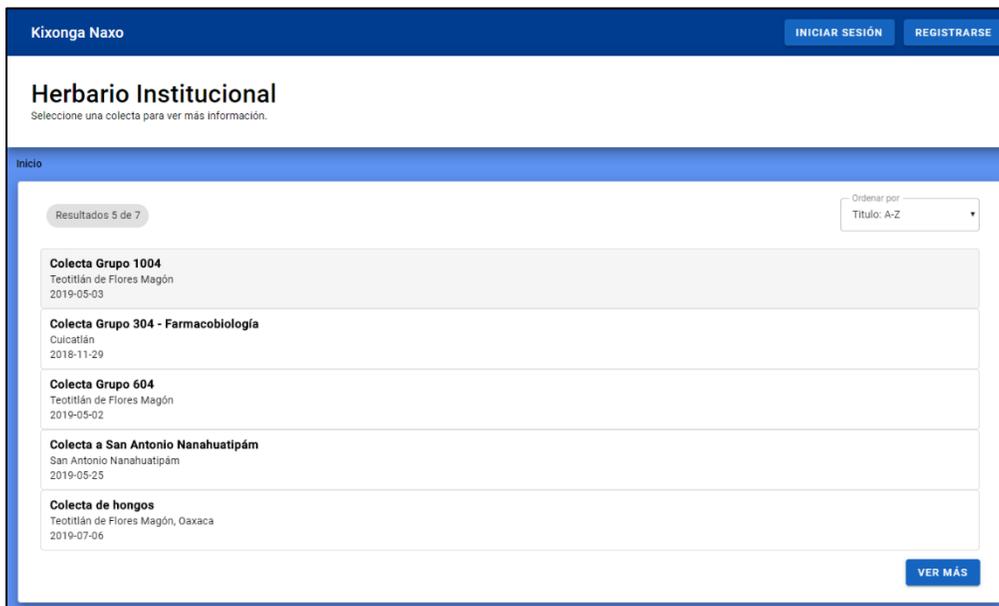


Figura 36. Página de inicio de la aplicación web.

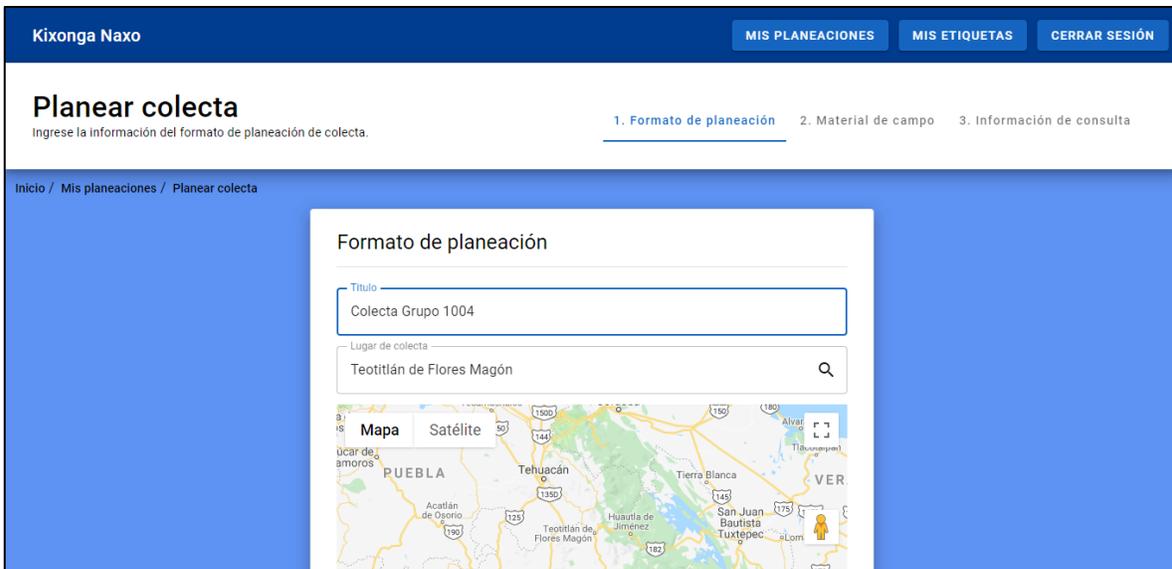


Figura 37. Página para la planeación de colectas.

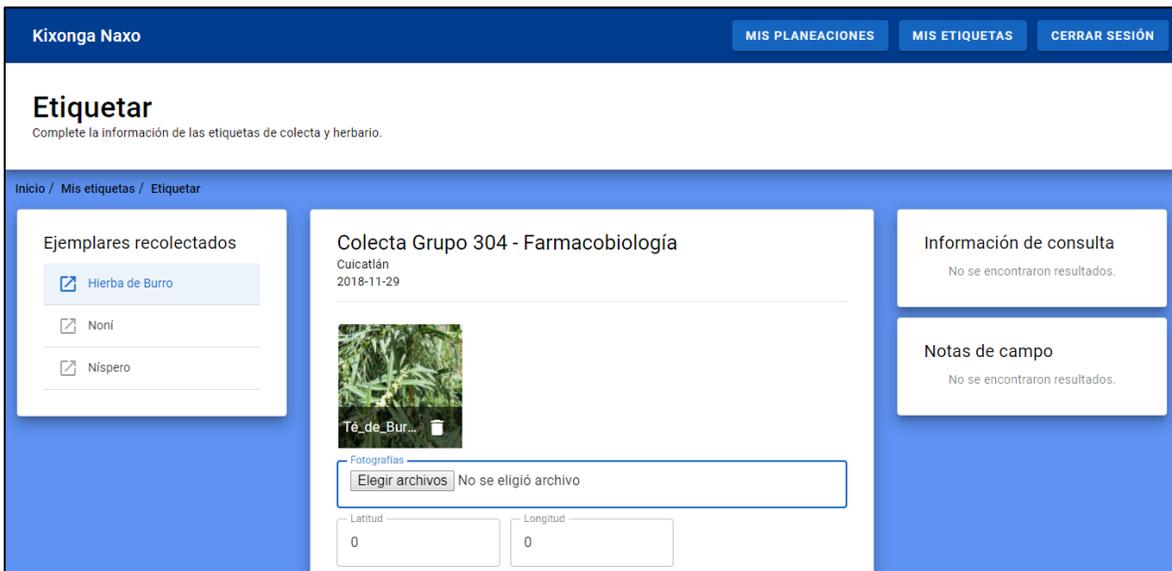


Figura 38. Página para la elaboración de etiquetas de herbario.

5.5 APLICACIÓN MÓVIL

Al ser una aplicación nativa para Android, la implementación de la aplicación se realizó utilizando el entorno de desarrollo integrado oficial de la plataforma, Android Studio, y de igual manera, el código fuente se encuentra disponible para su descarga desde el siguiente repositorio de GitHub <https://github.com/IrvingMg/KixongaNaxo-MobileApp>. En el Anexo C, se puede consultar más información sobre cómo configurar la aplicación móvil para ejecutarla correctamente.

En la Figura 39 se muestran algunas capturas de pantalla de la aplicación móvil en funcionamiento.

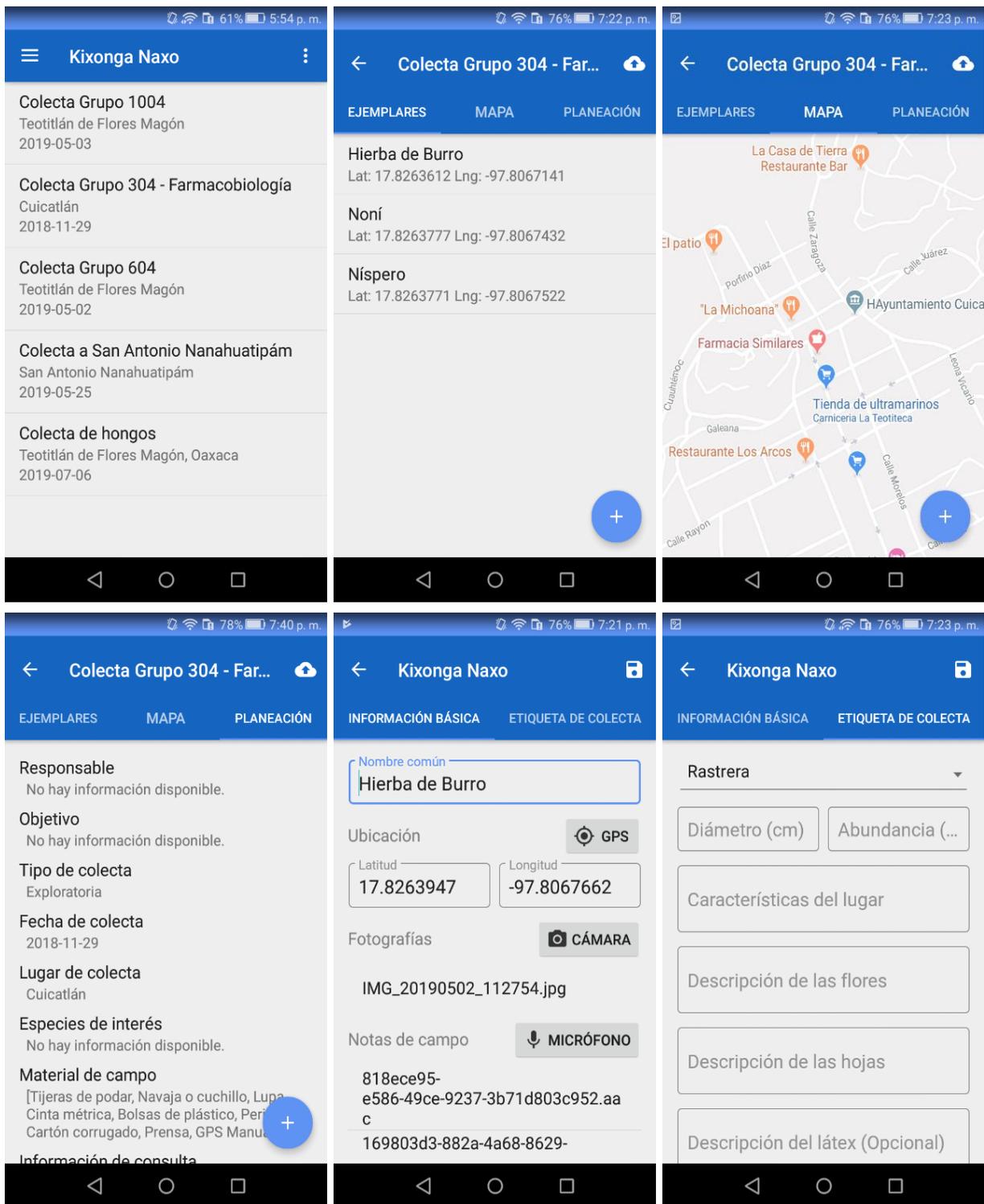


Figura 39. Capturas de pantalla de la aplicación móvil para la recolección de plantas.

6 EVALUACIÓN

Finalmente, como última etapa de la metodología desarrollada, se utilizaron algunas técnicas para evaluar la funcionalidad y la usabilidad de las aplicaciones implementadas. De esta forma, se pretende validar el cumplimiento de los requisitos funcionales y no funcionales especificados en la fase de Análisis.

6.1 FUNCIONALIDAD

El primer aspecto que se consideró evaluar en ambas aplicaciones, web y móvil, fue la funcionalidad del software. Dicha evaluación se llevó a cabo durante la implementación de las aplicaciones a través de pruebas funcionales ejecutadas de forma manual. Para esto, se diseñaron casos de pruebas basados en cada uno de los requisitos funcionales especificados en la fase de Análisis con la finalidad de corroborar el cumplimiento y el correcto funcionamiento de los fragmentos de código relacionados a dichos requisitos.

En las siguientes tablas se muestran algunos de los casos de pruebas ejecutados tanto en la aplicación web (véase de la Tabla 50 a la Tabla 52) así como en la aplicación móvil (véase de la Tabla 53 a la Tabla 55). En el Anexo D se pueden consultar los casos de prueba restantes, con los cuales se corroboró el cumplimiento y el correcto funcionamiento de los 28 requisitos funcionales especificados del sistema.

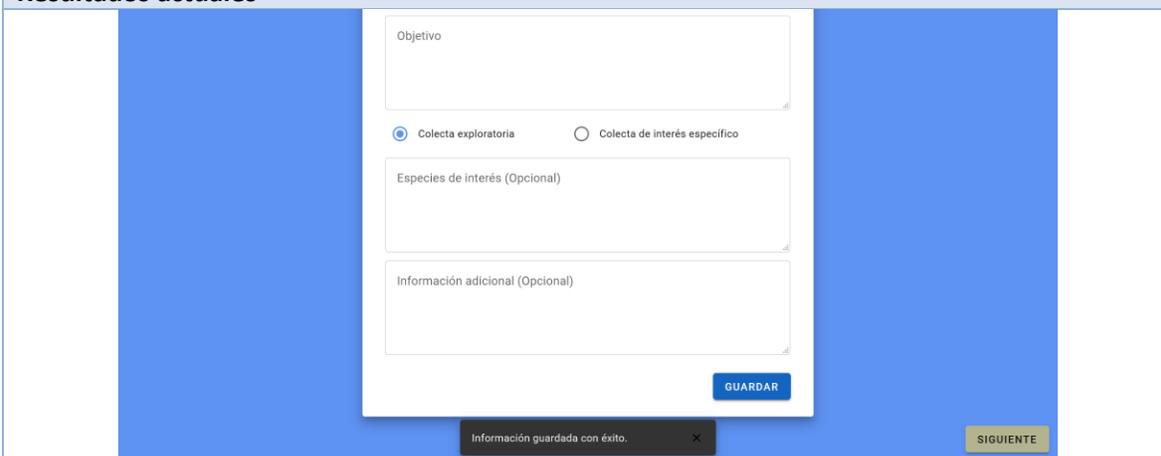
ID de Prueba	TAW-1
Requisitos relacionados	RF-1
Objetivo	Generar el formato de planeación de una colecta.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> Registrarse en el sistema y/o iniciar sesión.
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> Ir a la sección “Mis planeaciones”. Presionar el botón “Planear colecta”. Ingresar la información solicitada en el formulario. Presionar el botón “Guardar”.
Resultados esperados	El sistema deberá mostrar un mensaje de guardado exitoso y dicha información deberá aparecer en la sección de “Mis planeaciones”.
Resultados actuales	 <p>The screenshot shows a web form for planning a collection. It includes a text input for 'Objetivo', two radio buttons for 'Colecta exploratoria' (selected) and 'Colecta de interés específico', and two optional text inputs for 'Especies de interés (Opcional)' and 'Información adicional (Opcional)'. A blue 'GUARDAR' button is at the bottom right. A dark notification bar at the bottom center displays 'Información guardada con éxito.' with a close icon. A yellow 'SIGUIENTE' button is at the bottom right.</p>
Prueba exitosa	Sí

Tabla 50. Caso de prueba para la aplicación web No.1.

ID de Prueba	TAW-4
Requisitos relacionados	RF-4, RF-24
Objetivo	Consultar información de colectas planeadas y realizadas.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • Contar con al menos una planeación de colecta pública elaborada por cualquier usuario.
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ir a la sección "Inicio". 2. Seleccionar una colecta.
Resultados esperados	El sistema deberá mostrar la información detallada de la colecta seleccionada, como el formato de planeación y etiquetas generadas.
Resultados actuales	
	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 51. Caso de prueba para la aplicación web No.4.

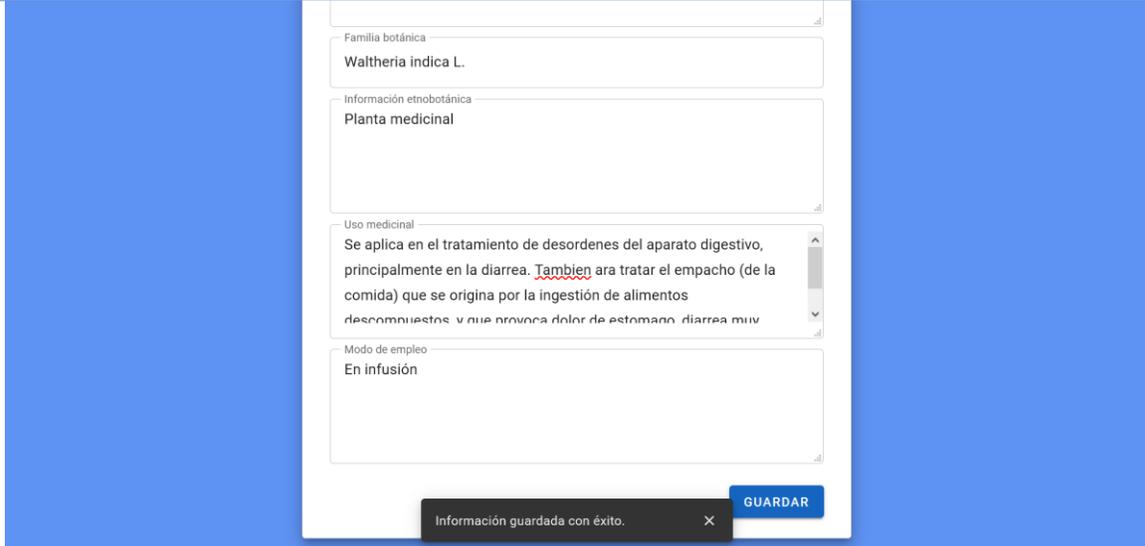
ID de Prueba	TAW-8
Requisitos relacionados	RF-26, RF-27
Objetivo	Complementar la información de una etiqueta de colecta y herbario.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • Registrarse en el sistema y/o iniciar sesión. • Participar en al menos una colecta de plantas utilizando la aplicación móvil. • Registrar al menos una planta durante la colecta.
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ir a la sección “Mis etiquetas”. 2. Seleccionar una colecta. 3. Seleccionar un ejemplar recolectado. 4. Subir fotografías al servidor. 5. Ingresar la información solicitada en el formulario. 6. Presionar el botón “Guardar”.
Resultados esperados	El sistema deberá mostrar un mensaje de guardado exitoso.
Resultados actuales	
	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 52. Caso de prueba para la aplicación web No.8.

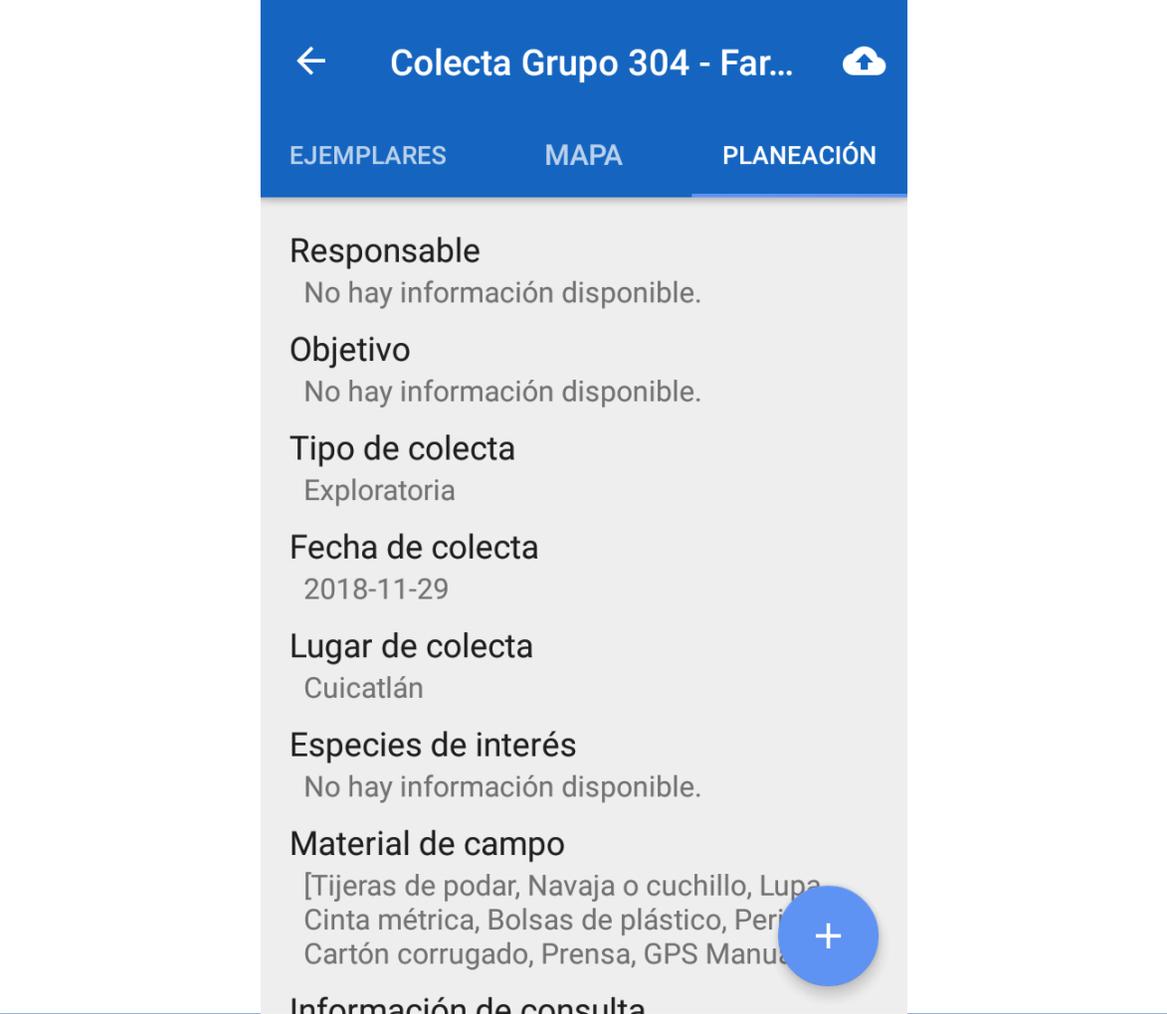
ID de Prueba	TAM-5
Requisitos relacionados	RF-11
Objetivo	Consultar el formato de planeación de una colecta sin conexión a internet.
Precondiciones	Ninguna.
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar una colecta. 2. Ir a la pestaña "Planeación".
Resultados esperados	La aplicación deberá mostrar la información de la planeación de alguna colecta.
Resultados actuales	
	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 53. Caso de prueba para la aplicación móvil No.5.

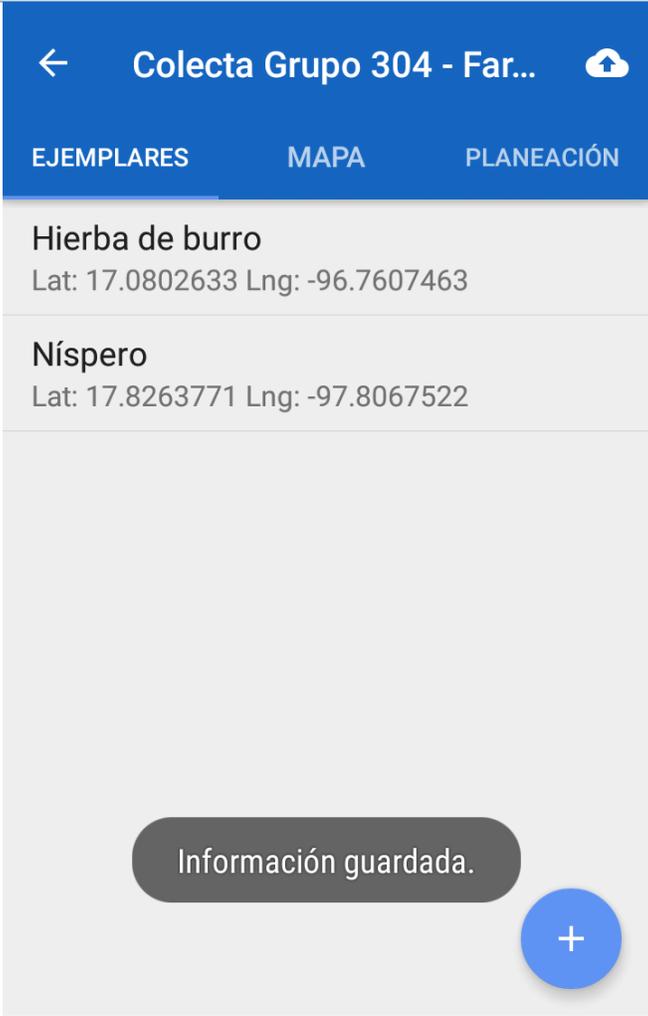
ID de Prueba	TAM-6
Requisitos relacionados	RF-12, RF-18
Objetivo	Registrar la información de una planta sin conexión a internet.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • Registrarse como participante en una colecta (Caso de prueba TAM-1).
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar una colecta. 2. Presionar el botón para registrar ejemplares. 3. Ingresar la información solicitada en el formulario. 4. Presionar el botón para guardar.
Resultados esperados	La aplicación deberá mostrar un mensaje de guardado exitoso.
Resultados actuales	
	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 54. Caso de prueba para la aplicación móvil No.6.

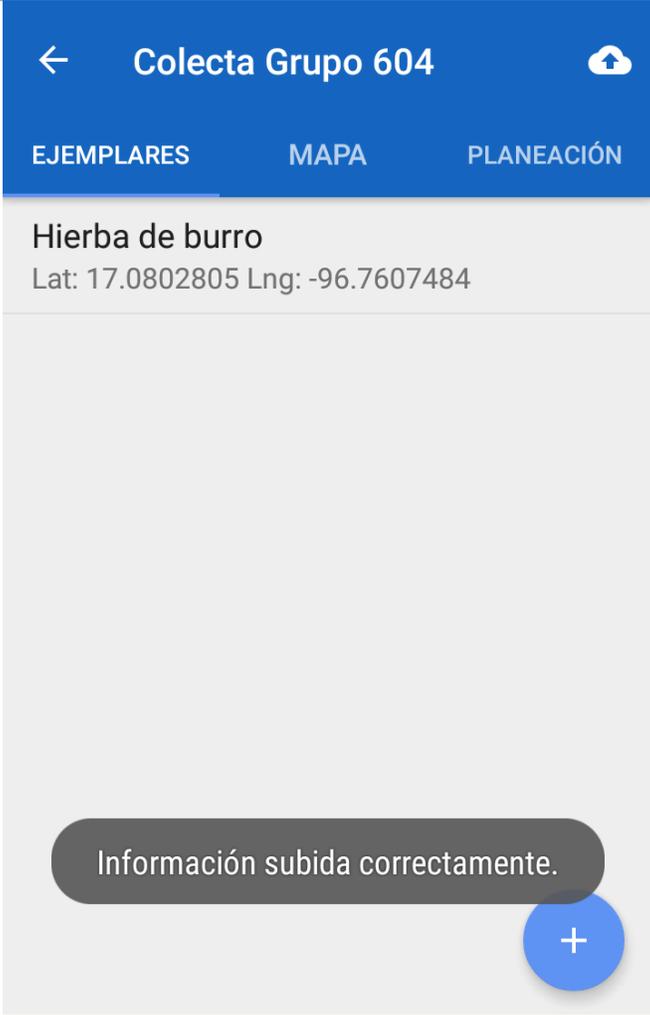
ID de Prueba	TAM-11
Requisitos relacionados	RF-21
Objetivo	Subir la información generada durante la colecta, como etiquetas de colecta, fotografías y audios.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar al menos un ejemplar (Caso de prueba TAM-6). • Tomar fotografías del ejemplar (Caso de prueba TAM-7). • Grabar notas de campo (Caso de prueba TAM-8). • Contar con conexión a internet.
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar una colecta. 2. Presionar el botón para subir información al servidor.
Resultados esperados	La aplicación deberá mostrar un mensaje de guardado exitoso.
Resultados actuales	 <p>The screenshot shows the mobile application interface for 'Colecta Grupo 604'. At the top, there is a blue header with a back arrow, the title 'Colecta Grupo 604', and a home icon. Below the header are three tabs: 'EJEMPLARES', 'MAPA', and 'PLANEACIÓN'. The main content area displays 'Hierba de burro' and its coordinates 'Lat: 17.0802805 Lng: -96.7607484'. At the bottom, a dark grey toast message reads 'Información subida correctamente.' and a blue circular button with a white plus sign is visible.</p>
Prueba exitosa	Sí

Tabla 55. Caso de prueba para la aplicación móvil No.11.

6.2 USABILIDAD

Por otro lado, para evaluar la usabilidad del sistema, se utilizaron dos técnicas complementarias (Grau, 2000; Nielsen, 1995) en diferentes etapas del proceso de desarrollo del proyecto, la evaluación heurística se ejecutó al finalizar la etapa de diseño y, las pruebas de usabilidad con usuarios se realizaron una vez terminada la fase de Implementación.

Además, ambas técnicas de evaluación se utilizaron en las dos aplicaciones desarrolladas en sus diferentes versiones, por lo tanto, se ejecutaron un total de 4 evaluaciones de usabilidad.

6.2.1 Evaluación heurística

6.2.1.1 Descripción de la evaluación

Para el diseño de la evaluación heurística, se utilizaron como base las 10 heurísticas de usabilidad propuestas por Nielsen (1994a), las subheurísticas de Pierotti (González, Pascual y Lorés, 2001) y las subheurísticas para interfaces móviles propuestas por Gómez, Caballero y Sevillano (2014). De esta forma, se permitió utilizar un instrumento de evaluación diferente, con mayor precisión y, adaptado para cada uno de los prototipos de aplicación (Nielsen, 1994b), presentados en la etapa de Diseño, de acuerdo con la plataforma en la que serían implementadas.

En la Tabla 56 se muestran los aspectos generales evaluados en ambos prototipos, correspondientes a las 10 heurísticas de Nielsen (1994a), así como el número de subheurísticas utilizadas para evaluar los aspectos específicos de las interfaces. Para ver la lista completa de heurísticas y subheurísticas utilizadas en ambas evaluaciones véase el Anexo E.

Heurística de Nielsen	Subheurísticas para Web	Subheurísticas para móvil
Visibilidad del estado del sistema	11	16
Relación entre el sistema y el mundo real	7	8
Control y libertad del usuario	8	8
Consistencia y estándares	10	11
Prevención de errores	4	8
Reconocimiento en lugar de recordar	11	13
Flexibilidad y eficiencia de uso	3	5
Estética y diseño minimalista	6	7
Ayuda a los usuarios para reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores	5	5
Ayuda y documentación	1	2
Total	66	83

Tabla 56. Número de subheurísticas utilizadas en cada evaluación.

Por otra parte, para el desarrollo de la evaluación heurística se contó con la participación de dos expertos en usabilidad, quienes fueron los responsables de determinar qué problemas presentaban las aplicaciones y cuál es su gravedad, basados en los aspectos generales y específicos que se les solicitó evaluar. Además, para determinar la gravedad de los problemas de usabilidad que pudieran presentar las interfaces de los prototipos, se utilizó la siguiente escala de evaluación de 5 niveles (véase Tabla 57) propuesta por Nielsen (1994c):

Descripción	Puntuación
No es un problema de usabilidad.	0
Problema estético. No es necesario arreglarlo, al menos que haya tiempo adicional disponible en el proyecto.	1
Problema menor de usabilidad. Arreglarlo debe tener baja prioridad.	2
Problema mayor de usabilidad. Es importante arreglarlo, por lo que debe tener alta prioridad.	3
Problema grave de usabilidad. Es obligatorio arreglarlo, antes de que el producto sea lanzado.	4

Tabla 57. Escala de puntuación para la gravedad de problemas de usabilidad.

6.2.1.2 Resultados

Luego de evaluar cada uno de los prototipos de la aplicación, se analizaron los resultados para identificar aquellos aspectos específicos de las interfaces que presentan problemas graves de usabilidad de acuerdo con la experiencia de los evaluadores. Así, con las puntuaciones asignadas por los expertos, se calculó el promedio (Nielsen, 1994c) de la gravedad de los problemas de usabilidad en cada una de las subheurísticas evaluadas.

En este sentido, en las siguientes tablas y figuras, se señalan los resultados obtenidos en la evaluación, clasificadas según las 10 heurísticas de Nielsen (1994a).

Visibilidad del estado del sistema

Respecto a la primera heurística a evaluar, los expertos en usabilidad asignaron las puntuaciones que se muestran en la Tabla 58 para el prototipo de la aplicación web y, para la versión móvil puntuaron tal como se señala en la Tabla 59.

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Experto #1	1	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0
Experto #2	3	3	4	0	4	0	0	3	3	4	0
Promedio	2	2	2	1	2	0	0	2	2	3	0

Tabla 58. Puntuaciones de la 1ra heurística de Nielsen en el prototipo web.

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Experto #1	0	2	0	0	1	0	0	2	2	0	0	0	1	0	2	3
Experto #2	3	4	0	0	4	0	0	2	0	3	4	0	4	3	0	0
Promedio	2	3	0	0	3	0	0	2	1	2	2	0	3	2	1	2

Tabla 59. Puntuaciones de la 1ra heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

De modo que, una vez promediadas las puntuaciones de los expertos en usabilidad se obtiene que, de las 11 subheurísticas a evaluar en el prototipo de la aplicación web, el 73% fue identificada como un problema de usabilidad. Sin embargo, ninguno de ellos es grave y, solamente el 9% es un problema mayor. Asimismo, la mayoría de los problemas encontrados relacionados a la “Visibilidad del estado del sistema” se consideran problemas menores (véase Figura 40).

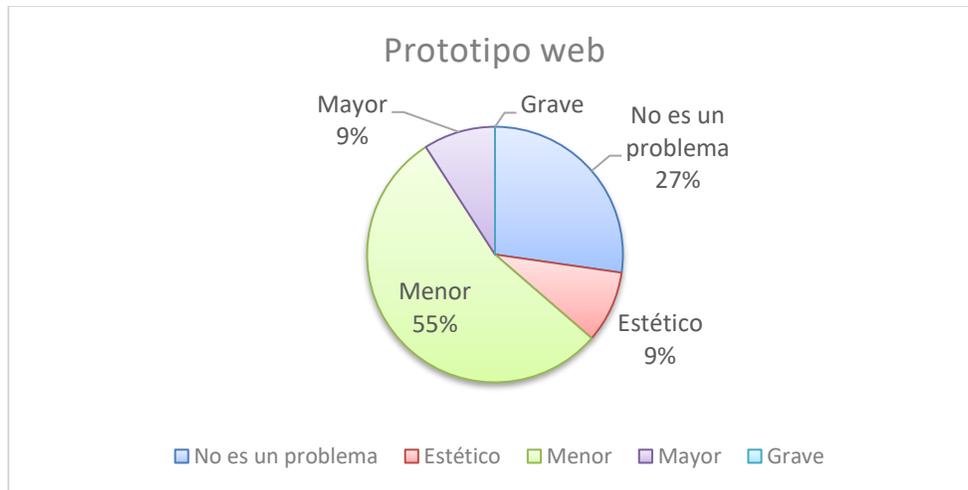


Figura 40. Evaluación de la 1ra heurística de Nielsen en el prototipo web.

En la misma forma, de las 16 subheurísticas evaluadas en el prototipo móvil, el 69% se identificó como problema de usabilidad. En donde, nuevamente ninguno de ellos es grave y el 19% se identificó como problema mayor. Además, al igual que en el caso anterior, la mayor cantidad de problemas identificados se consideran menores (véase Figura 41).



Figura 41. Evaluación de la 1ra heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

Relación entre el sistema y el mundo real

En cuanto a la segunda heurística de Nielsen, los evaluadores asignaron las puntuaciones que se muestran en la Tabla 60 para el prototipo web, y las puntuaciones de la Tabla 61 para el prototipo móvil.

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4	5	6	7
Experto #1	1	2	1	0	0	1	0
Experto #2	3	0	0	4	0	0	0
Promedio	2	1	1	2	0	1	0

Tabla 60. Puntuaciones de la 2da heurística de Nielsen en el prototipo web.

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4	5	6	7	8
Experto #1	1	0	0	0	1	0	0	0
Experto #2	3	4	0	3	0	0	0	0
Promedio	2	2	0	2	1	0	0	0

Tabla 61. Puntuaciones de la 2da heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

De ello resulta que, de las 7 subheurísticas utilizadas para evaluar el prototipo web, el 72% se considera problema de usabilidad. No obstante, ninguno de ellos es grave o mayor y, la mayoría de los problemas identificados es estético (véase Figura 42).

De igual manera, para el prototipo móvil se evaluaron un total de 8 subheurísticas, de las cuales el 50% fueron identificadas como problemas de usabilidad. De ese porcentaje, el 38% corresponde a problemas menores y el 12% a estéticos, por lo que no se hallaron problemas mayores ni graves (véase Figura 43).



Figura 42. Evaluación de la 2da heurística de Nielsen en el prototipo web.



Figura 43. Evaluación de la 2da heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

Control y libertad del usuario

Para la tercera heurística, los evaluadores expertos otorgaron las siguientes puntuaciones a los prototipos web y móvil (véase Tabla 62 y 63).

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4	5	6	7	8
Experto #1	1	4	0	0	0	2	0	0
Experto #2	4	4	4	4	0	0	0	0
Promedio	3	4	2	2	0	1	0	0

Tabla 62. Puntuaciones de la 3ra heurística de Nielsen en el prototipo web.

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4	5	6	7	8
Experto #1	0	1	3	0	2	0	0	0
Experto #2	3	4	4	3	0	0	0	4
Promedio	2	3	4	2	1	0	0	2

Tabla 63. Puntuaciones de la 3ra heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

Así, de acuerdo con tales puntuaciones se obtiene que, de las 8 subheurísticas evaluadas para el prototipo web, el 63% fueron identificadas como problemas de usabilidad. Sin embargo, en esta heurística, se presenta un 13% de problemas graves, y un porcentaje igual de problemas mayores, mientras que la mayoría de los problemas de usabilidad fueron identificados como menores (véase Figura 44).



Figura 44. Evaluación de la 3ra heurística de Nielsen en el prototipo web.

Adicionalmente, del mismo número de subheurísticas evaluadas que en el caso anterior, en el prototipo móvil se identificó un 75% de problemas de usabilidad, de los cuales la mayoría fueron menores, pero un 13% fue de problemas graves, al igual que de problemas mayores (véase Figura 45).

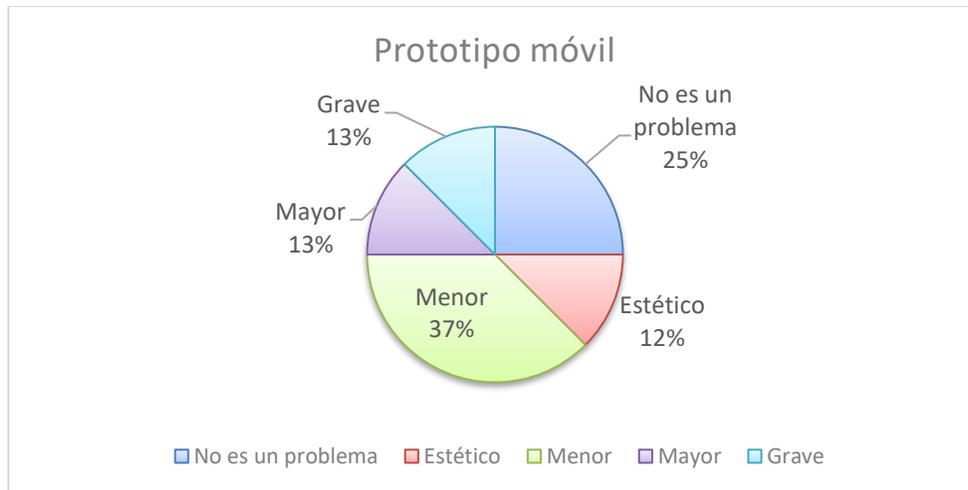


Figura 45. Evaluación de la 3ra heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

Asimismo, en la Tabla 64 se indican las subheurísticas de “Control y libertad de usuario” identificadas con problemas graves de usabilidad, así como las observaciones realizadas por los expertos.

Subheurística	Prototipo	Observaciones
¿Se les pide a los usuarios que confirmen las acciones que tienen consecuencias drásticas y negativas?	Web	Experto 1: “Cuando me salí (no recuerdo cuál opción era) no me pidió confirmar ... eso sí es un problema”. Experto 2: “No”.
¿Existe una función de "deshacer" para una sola acción, una entrada de datos y un grupo completo de acciones?	Móvil	Experto 1: “No tiene (no la vi)”. Experto 2: “No”.

Tabla 64. Problemas graves de usabilidad identificados en la 3ra heurística de Nielsen.

Consistencia y estándares

Por lo que respecta a la cuarta heurística de Nielsen, en la Tabla 65 se pueden ver las puntuaciones asignadas a cada subheurística del prototipo web, y en la Tabla 66 las asignadas al prototipo móvil de la aplicación.

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Experto #1	0	2	0	0	0	2	0	1	0	0
Experto #2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0

Tabla 65. Puntuaciones de la 4ta heurística de Nielsen en el prototipo web.

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Experto #1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Experto #2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0
Promedio	0	3	0	0	1	0	0	0	0	2	0

Tabla 66. Puntuaciones de la 4ta heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

De ahí que, en el prototipo de la aplicación web, de 10 subheurísticas evaluadas, únicamente el 30% se consideraron problemas de usabilidad y, todos ellos relacionados a la estética (véase Figura 46).

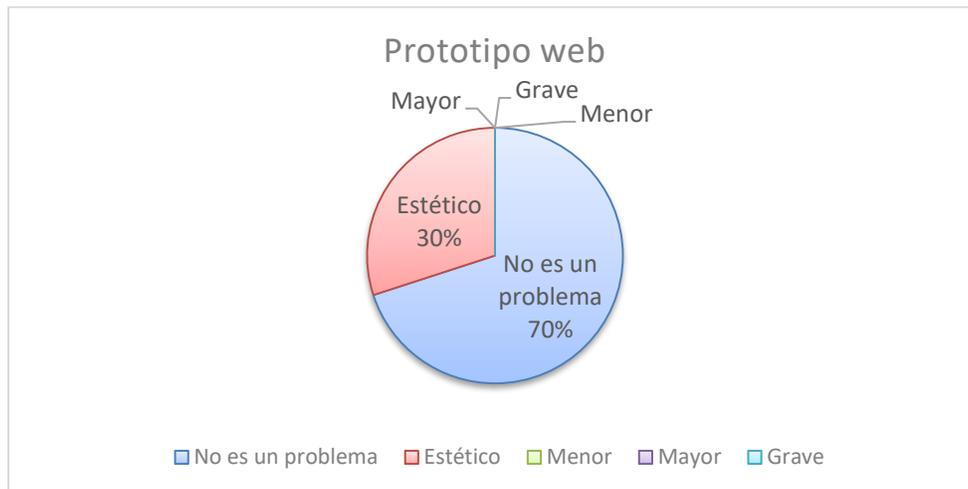


Figura 46. Evaluación de la 4ta heurística de Nielsen en el prototipo web.

Igualmente, de las 11 subheurísticas evaluadas en el prototipo móvil, el 27% fue identificado como problema de usabilidad mayor, menor y estético. Por el contrario, ninguno de los problemas hallados se identificó como grave (véase Figura 47).



Figura 47. Evaluación de la 4ta heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

Prevención de errores

En cuanto a la quinta heurística de Nielsen, los expertos en usabilidad evaluaron con las siguientes puntuaciones las subheurísticas de los prototipos web y móvil (véase Tabla 67 y Tabla 68).

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4
Experto #1	2	0	3	3
Experto #2	0	3	2	0
Promedio	1	2	3	2

Tabla 67. Puntuaciones de la 5ta heurística de Nielsen en el prototipo web.

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4	5	6	7	8
Experto #1	2	0	3	3	0	0	0	2
Experto #2	0	4	2	3	0	0	0	0
Promedio	1	2	3	3	0	0	0	1

Tabla 68. Puntuaciones de la 5ta heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

Por lo anterior, se obtuvo que, en el prototipo de la aplicación web, las 4 subheurísticas evaluadas presentaron problemas de usabilidad. Sin embargo, ninguna de ellas fue grave ya que el 25% fueron problemas menores y, el resto fueron identificados como problemas menores y estéticos (véase Figura 48).

Así mismo, de las 8 subheurísticas evaluadas en el prototipo móvil, 63% se identificaron como problemas de usabilidad, de los cuales 25% son mayores y otro porcentaje igual, son estéticos mientras que el 13% restante corresponde a problemas de usabilidad menores (véase Figura 49).

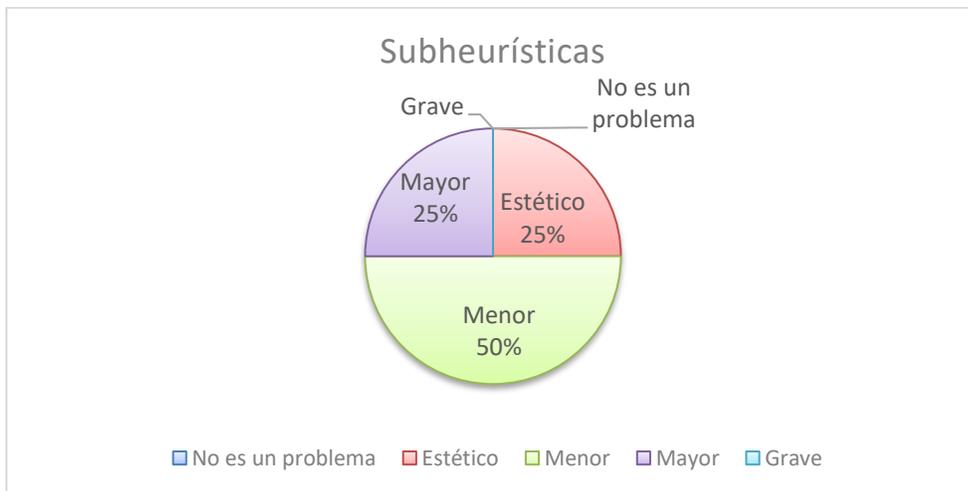


Figura 48. Evaluación de la 5ta heurística de Nielsen en el prototipo web.

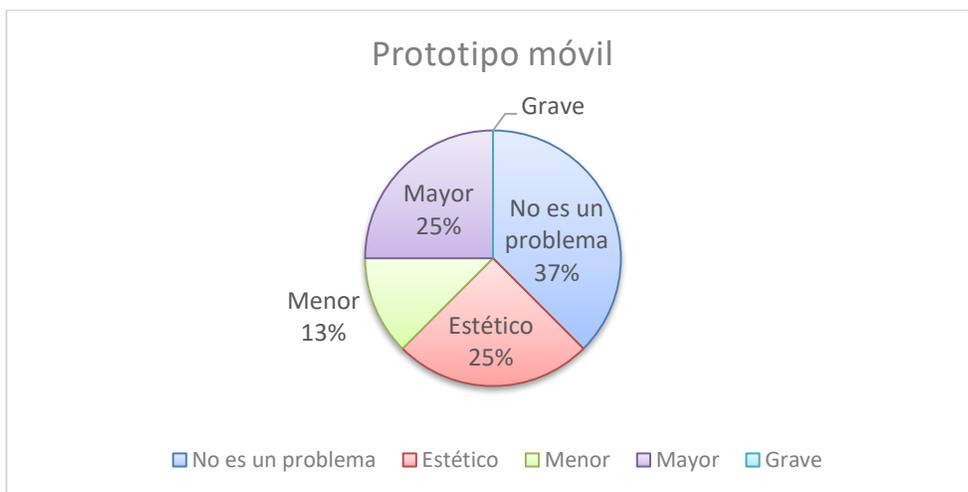


Figura 49. Evaluación de la 5ta heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

Reconocimiento en lugar de recordar

Respecto a la sexta heurística, los evaluadores asignaron las puntuaciones de la Tabla 69 al prototipo web, y para la versión móvil asignaron las puntuaciones de la Tabla 70.

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Experto #1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Experto #2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	0	0	1	1	0						

Tabla 69. Puntuaciones de la 6ta heurística de Nielsen en el prototipo web.

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Experto #1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Experto #2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	2	0											

Tabla 70. Puntuaciones de la 6ta heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

En el caso de la heurística “Reconocimiento en lugar de recordar”, los problemas de usabilidad hallados fueron mínimos, con un 18% de problemas estéticos en el prototipo de la aplicación web y, un 8% de problemas menores en la versión móvil. En ambos casos, el resto de las subheurísticas no se consideraron problemas de usabilidad, tal como se observa en la Figura 50 y Figura 51.

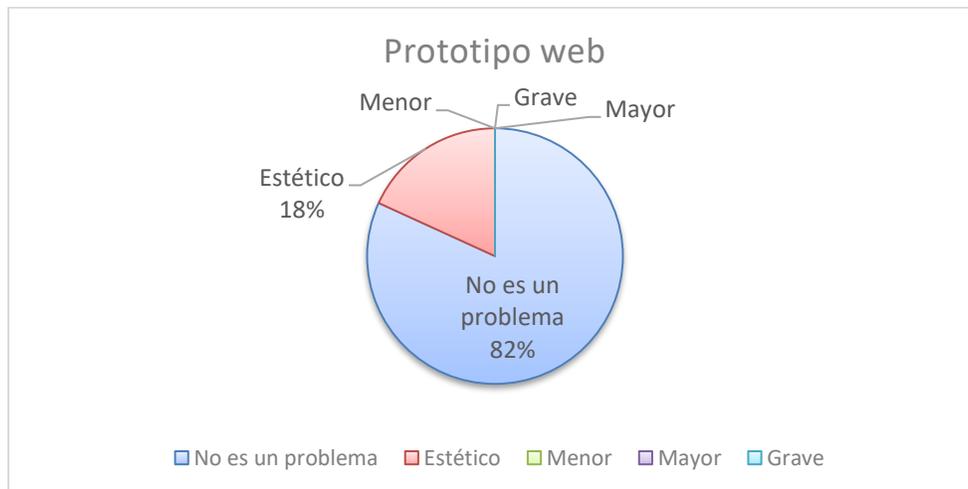


Figura 50. Evaluación de la 6ta heurística de Nielsen en el prototipo web.

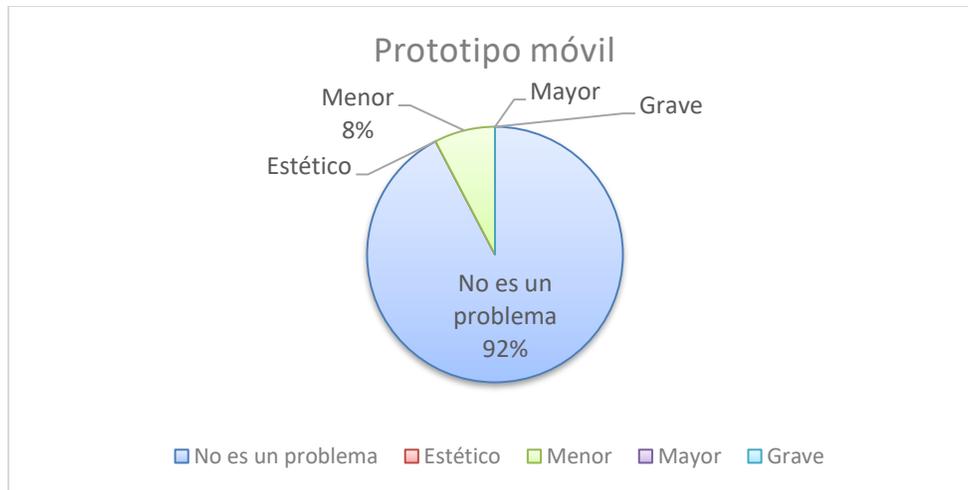


Figura 51. Evaluación de la 6ta heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

Flexibilidad y eficiencia de uso

Para la séptima heurística de Nielsen, las puntuaciones de los evaluadores al prototipo web (véase Tabla 71) y al prototipo de la aplicación móvil (véase Tabla 72) son las siguientes:

Evaluador / Subheurística	1	2	3
Experto #1	0	0	0
Experto #2	4	2	2
Promedio	2	1	1

Tabla 71. Puntuaciones de la 7ma heurística de Nielsen en el prototipo web.

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4	5
Experto #1	0	0	0	2	2
Experto #2	0	0	0	0	0
Promedio	0	0	0	1	1

Tabla 72. Puntuaciones de la 7ma heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

En consecuencia, se obtuvo que en el prototipo web el 100% de las subheurísticas evaluadas presentaron problemas de usabilidad estéticos y menores, pero ninguno de ellos se identificó como problema grave o mayor (véase Figura 52).

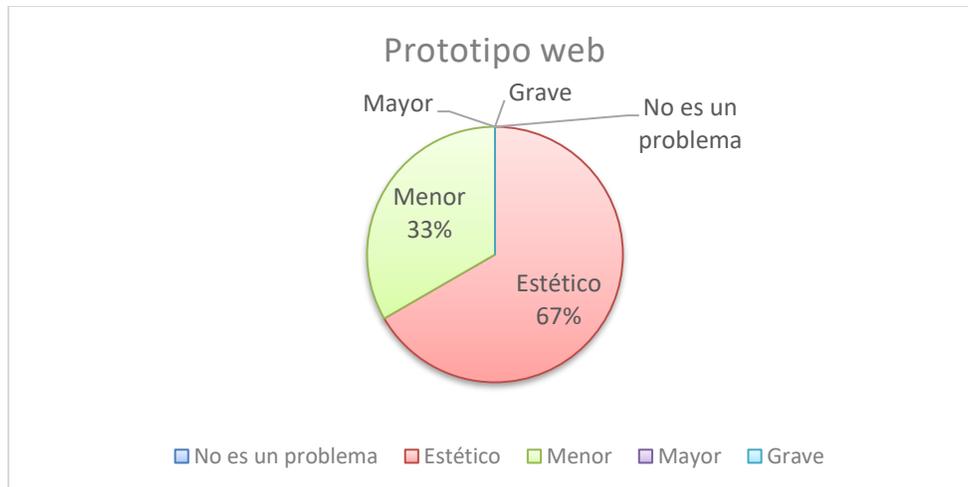


Figura 52. Evaluación de la 7ma heurística de Nielsen en el prototipo web.

Adicionalmente, en el prototipo móvil se identificó un 40% de problemas de usabilidad, todos relacionados a la estética (véase Figura 53).

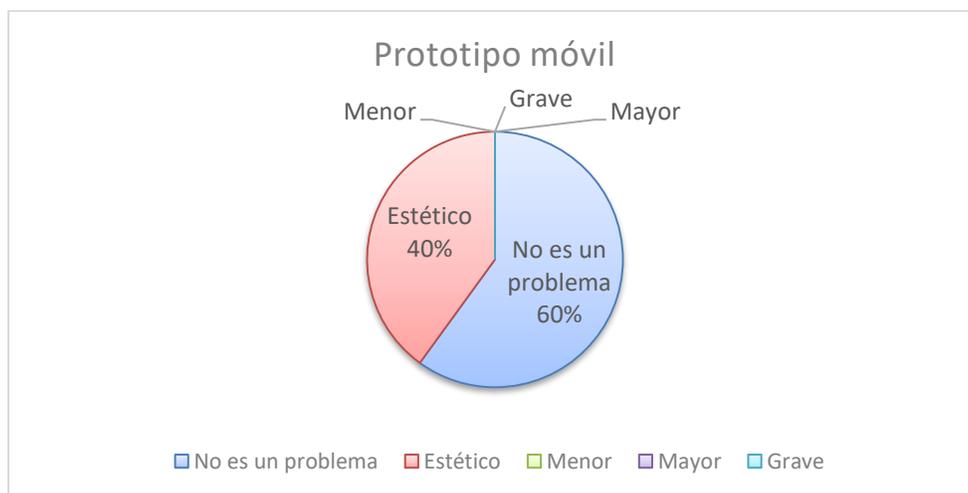


Figura 53. Evaluación de la 7ma heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

Estética y diseño minimalista

Por lo que respecta a la octava heurística, los evaluadores puntuaron el prototipo de la aplicación web como se muestra en la Tabla 73 y, al prototipo móvil de la forma indicada en la Tabla 74.

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4	5	6
Experto #1	0	1	1	0	0	0
Experto #2	0	0	0	0	4	0
Promedio	0	1	1	0	2	0

Tabla 73. Puntuaciones de la 8va heurística de Nielsen en el prototipo web.

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4	5	6	7
Experto #1	0	0	0	0	0	0	0
Experto #2	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	0						

Tabla 74. Puntuaciones de la 8va heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

En este sentido, de las 6 subheurísticas evaluadas en el prototipo web, el 50% presentó problemas de usabilidad principalmente de estética con un 33% y no se hallaron problemas mayores ni graves (véase Figura 54).



Figura 54. Evaluación de la 8va heurística de Nielsen en el prototipo web.

Además, en el prototipo móvil, de acuerdo con los expertos en usabilidad, no se identificó ningún problema de este tipo (véase Figura 55) basándose en las 7 subheurísticas relacionadas a la “Estética y diseño minimalista” que fueron incluidas en la evaluación heurística.



Figura 55. Evaluación de la 8va heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

Ayuda a los usuarios para reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores

En cuanto a la penúltima heurística, la Tabla 75 y la Tabla 76, muestran los puntajes obtenidos en la evaluación heurística de los prototipos web y móvil respectivamente.

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4	5
Experto #1	0	0	0	2	2
Experto #2	0	4	3	4	4
Promedio	0	2	2	3	3

Tabla 75. Puntuaciones de la 9na heurística de Nielsen en el prototipo web.

Evaluador / Subheurística	1	2	3	4	5
Experto #1	0	0	3	2	3
Experto #2	0	4	0	0	4
Promedio	0	2	2	1	4

Tabla 76. Puntuaciones de la 9na heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

Así, de las 5 subheurísticas que se evaluaron para ambos prototipos de las aplicaciones web y móvil, en el primer caso, el 80% presentaron problemas de usabilidad de los cuales el 40% son mayores, y otro 40% son problemas menores, tal como se muestra en la Figura 56.

De igual manera, en el prototipo móvil, se halló un 80% de problemas de usabilidad, sin embargo, en este caso, un 20% fue de problemas considerados graves, mientras que la mayoría de los problemas restantes se identificó como problema menor (véase Figura 57).

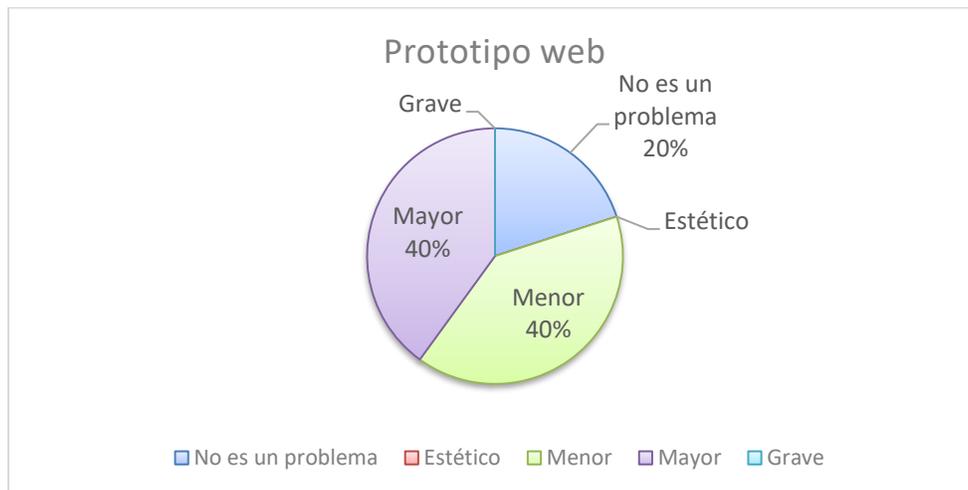


Figura 56. Evaluación de la 9na heurística de Nielsen en el prototipo web.



Figura 57. Evaluación de la 9na heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

Dado que se presentaron problemas graves de usabilidad en la novena heurística, en la Tabla 77 se detalla la subheurística utilizada para identificar el problema y las observaciones realizadas por los expertos.

Subheurística	Prototipo	Observaciones
¿Los mensajes de error indican qué acción debe realizar el usuario para corregir el error correspondiente?	Móvil	Experto 1: "No". Experto 2: "No".

Tabla 77. Problemas graves de usabilidad identificados en la 9na heurística de Nielsen.

Ayuda y documentación

Por último, la evaluación de la décima heurística de Nielsen arrojó los siguientes puntajes para el prototipo web (véase Tabla 78) y para el prototipo móvil (véase Tabla 79).

Evaluador / Subheurística	1
Experto #1	0
Experto #2	4
Promedio	2

Tabla 78. Puntuaciones de la 10ma heurística de Nielsen en el prototipo web.

Evaluador / Subheurística	1	2
Experto #1	0	0
Experto #2	3	0
Promedio	2	0

Tabla 79. Puntuaciones de la 10ma heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

De esta manera, los evaluadores identificaron problemas en ambos prototipos, sin embargo, como se puede observar en la Figura 58 y Figura 59, todos fueron problemas de usabilidad menores.

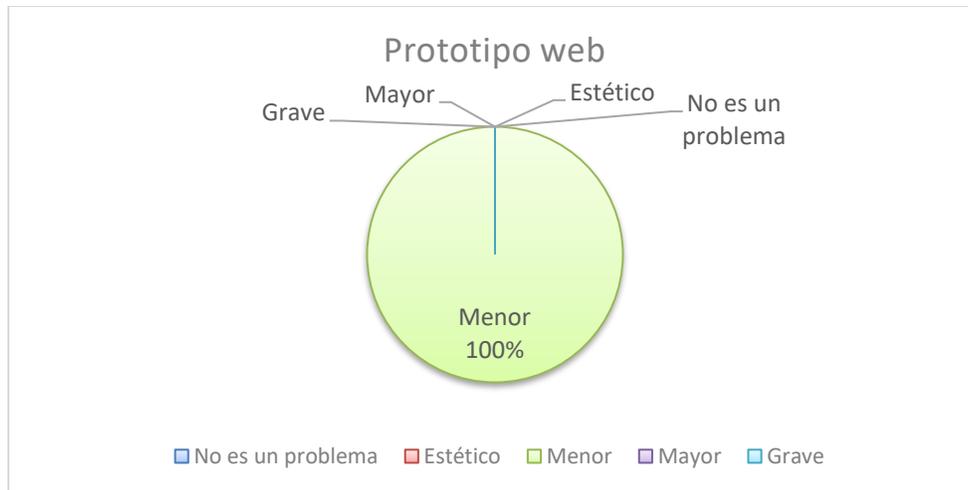


Figura 58. Evaluación de la 10ma heurística de Nielsen en el prototipo web.



Figura 59. Evaluación de la 10ma heurística de Nielsen en el prototipo móvil.

Así, una vez obtenidos los resultados de la evaluación heurística, estos fueron interpretados tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

1. El número de participantes como evaluadores expertos fue inferior a lo recomendado por Nielsen (1994c) debido a causas ajenas a la realización del presente proyecto, por lo tanto, la calidad de la puntuación media calculada en cada subheurística podría verse afectada por este suceso.
2. Debido a que los prototipos utilizados en la evaluación heurística fueron de baja fidelidad y se desarrollaron durante una fase temprana del proceso de Diseño Centrado en el Usuario, es posible que una cantidad considerable de los problemas hallados en las interfaces, sean falsos problemas de usabilidad (Lauesen y Pave, 2005).

Finalmente, con la información anterior, fue posible identificar aquellos aspectos de las interfaces de usuario que representaban áreas de oportunidad para mejorar la usabilidad de las aplicaciones. De esta manera, una vez que se conocieron los problemas que se presentaron en cada una de las

heurísticas, se buscaron soluciones para corregir los problemas hallados por los expertos. Lo anterior, se realizó durante la fase de implementación de las aplicaciones con la finalidad de reducir el número de problemas de usabilidad que se pudieran presentar en las pruebas con usuarios.

6.2.2 Pruebas de usabilidad con usuarios

Luego de implementar las aplicaciones web y móvil, como última actividad de la fase de Evaluación de la metodología de Diseño Centrado en el Usuario, se llevaron a cabo diferentes sesiones de pruebas de usabilidad con usuarios en la Universidad de la Cañada.

6.2.2.1 Descripción de las pruebas

Objetivo

Como objetivo de la actividad, se consideró la evaluación de las aplicaciones web y móvil implementadas, las cuales brindan apoyo en la recolección de plantas para la conformación de un herbario digital, para determinar el grado de usabilidad que tienen las mismas utilizando métricas que permitieran evaluar los tres atributos que componen la usabilidad de acuerdo con la definición proporcionada en la ISO 9241-11 (1998): efectividad, eficiencia y satisfacción.

Así mismo, con la realización de las pruebas de usabilidad se esperaba recabar información suficiente para analizar y, con base en los resultados, obtener una conclusión que permita determinar la validez de la hipótesis planteada al inicio del proyecto, la cual consiste en comprobar que el uso de las aplicaciones desarrolladas permitirá realizar las tareas del proceso de colecta de plantas ayudara a que éstas se lleven a cabo con eficiencia, efectividad y satisfacción en las pruebas de usabilidad.

Participantes

Para la selección de los participantes de las pruebas de usabilidad, se identificaron tres tipos de usuarios, basados en el análisis realizado durante la primera fase de la metodología de Diseño Centrado en el Usuario. En dicho análisis de usuarios, éstos fueron clasificados de acuerdo con su rol durante la colecta, el cual podía ser de experto o colector. Los expertos suelen ser los profesores-investigadores de la Universidad de la Cañada (UNCA) adscritos a la carrera de Ingeniería en Farmacobiología o carreras relacionadas, mientras que los colectores pueden ser identificados como los estudiantes de alguna de dichas carreras en la misma universidad.

Sin embargo, para las pruebas de usabilidad, los colectores fueron categorizados como estudiantes con alta experiencia en colectas y estudiantes con baja experiencia. De esta manera, los tres perfiles de participantes identificados para las pruebas fueron los siguientes:

1. Profesores-Investigadores de la Universidad de la Cañada adscritos a la carrera de Ingeniería en Farmacobiología o carreras relacionadas, con experiencia en la planeación de colectas de plantas.
2. Estudiantes de la carrera de Ingeniería en Farmacobiología o carreras relacionadas en la Universidad de la Cañada, con alta experiencia en la recolección de plantas para el herbario institucional. Se identifica como colector con alta experiencia, a aquel estudiante que ha participado en más de dos colectas.
3. Estudiantes de la carrera de Ingeniería en Farmacobiología o carreras relacionadas en la Universidad de la Cañada, con baja experiencia en la recolección de plantas para el herbario

institucional. Se identifica como colector con baja experiencia, a aquel estudiante que ha participado en máximos dos colectas.

Por otra parte, debido a la relación entre las funcionalidades de la aplicación web y móvil con los perfiles de usuario descritos, se estimó contar con al menos 5 participantes (Nielsen, 2000) que cumplieran las características de cada perfil para llevar a cabo la ejecución de las pruebas de usabilidad.

Desarrollo

En cuanto al desarrollo de las pruebas de usabilidad, estas se llevaron a cabo los días 2 y 3 de mayo de 2019, en el municipio de Teotitlán de Flores Magón. Además, con la finalidad de observar a los usuarios con las aplicaciones en contextos de uso cercanos a los reales, las pruebas se ejecutaron en dos lugares distintos, laboratorio y campo. Para las primeras, se adaptó una oficina del Instituto de Tecnología de los Alimentos dentro de la Universidad de la Cañada como laboratorio de usabilidad (véase Figura 60) mientras que las pruebas en campo se realizaron en un sitio ubicado en los límites del municipio de Teotitlán con el estado de Puebla (véase Figura 61).

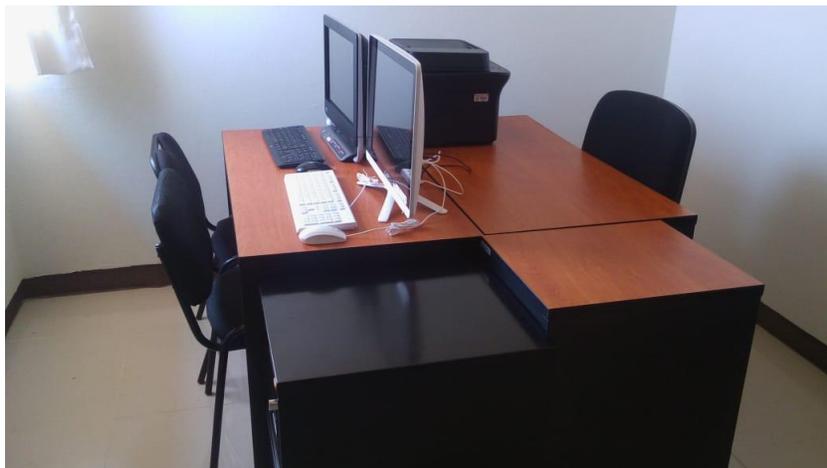


Figura 60. Espacio adecuado como laboratorio de usabilidad en la Universidad de la Cañada.



Figura 61. Sitio de colecta para las pruebas de usabilidad en campo.

De igual manera, se definió una serie de tareas y escenarios para evaluar distintas funcionalidades de ambas aplicaciones. Estas tareas, se basaron en la información obtenida durante el análisis que se realizó en la primera etapa del Diseño Centrado en el Usuario, en el cual se identificaron tres actividades generales en el proceso de conformación de un herbario: planeación de colectas, recolección de ejemplares y procesamiento de información. Así pues, las tareas y los respectivos escenarios utilizados en las pruebas de usabilidad con usuarios se describen a continuación:

Tarea 1 – Registrarse en el sistema

“Dado que es la primera vez que usará el sistema, la primera tarea que debe realizar consiste en ingresar a la aplicación (web o móvil) y crear una cuenta para que pueda acceder a todas las funciones”.

Tarea 2 – Planear colecta

“Imagine que usted será la persona encargada de programar una salida a campo para realizar una colecta. Por lo tanto, para que todos los participantes tengan la información de la actividad, deberá crear un formato de planeación, indicar la lista de materiales a utilizar en la colecta y además incluir material de consulta (o apoyo) para que, más adelante, los colectores puedan elaborar sus etiquetas de herbario correctamente”.

Tarea 3 – Registrarse como participante de colecta

“Como parte de un proyecto de clase, su profesor ha programado una salida a campo para realizar una colecta. Por lo que se le pide que ingrese a la aplicación y confirme su participación como colector en la actividad programada por su profesor de clase”.

Tarea 4 – Recolectar ejemplar

“Imagine que ha iniciado la colecta y luego de buscar por un tiempo, encuentra algunas plantas que son de su interés. Por lo tanto, debe registrar la información de dichos ejemplares, asegurándose de cubrir toda la información requerida en las etiquetas de colecta y realizando notas de campo”.

Tarea 5 – Subir información a la aplicación web

“Luego de haber finalizado una colecta, suponga que desea empezar a verificar que la información que registró es correcta para elaborar sus etiquetas de herbario. Sin embargo, antes deberá subir la información que juntó en la colecta a la aplicación web”.

Tarea 6 – Etiquetar

“Mientras los ejemplares que ha recolectado están en proceso de secado, usted deberá iniciar con la elaboración de sus etiquetas de herbario apoyándose tanto de sus notas de campo como de la información de consulta proporcionada por su profesor”.

Tarea 7 – Consultar etiquetas de herbario

“La última tarea consiste en consultar las etiquetas de herbario elaboradas por otros colectores, de la misma colecta o de alguna otra”.

Una vez definidas las tareas, se seleccionaron aquellas que serían evaluadas en cada sesión de prueba de acuerdo con el perfil del usuario participante y el lugar de la evaluación. De esta manera, se lograron evaluar todas las características de interés en ambas aplicaciones simulando de forma

cercana al flujo real del proceso de colecta. En la Tabla 80 se pueden ver las tareas evaluadas según el lugar y el perfil del usuario participante.

Lugar	Perfil de usuario	Tareas	Plataforma
Laboratorio	Profesor-Investigador	Tarea 1	Web
		Tarea 2	Web
		Tarea 7	Web
	Estudiantes con alta experiencia	Tarea 4	Móvil
		Tarea 5	Móvil
Campo	Estudiantes con baja experiencia	Tarea 1	Web
		Tarea 3	Móvil
		Tarea 4	Móvil
		Tarea 5	Móvil
		Tarea 6	Web

Tabla 80. Tareas a realizar por cada tipo de usuario y lugar.

Así, aunque inicialmente se consideró realizar sesiones individuales para las pruebas ejecutadas en laboratorio, debido a las limitantes de tiempo presentadas por parte de los estudiantes participantes, las pruebas de usabilidad que involucraron su participación se llevaron a cabo en forma colectiva. Por lo anterior, se realizó un total de 7 sesiones de pruebas: 4 individuales con los profesores-investigadores, 2 pruebas de usabilidad colaborativas en laboratorio con 2 y 3 participantes respectivamente y por último, una prueba colaborativa en campo con 5 participantes (véase Figura 62).

Asimismo, las sesiones de pruebas tuvieron una duración de entre 20 y 50 minutos cada una, las cuales estuvieron a cargo de un facilitador, quien fue el responsable de guiar a los participantes durante toda la actividad indicando las tareas a realizar. Además, dichas sesiones fueron grabadas en audio y video para su posterior análisis (véase Figura 63).



Figura 62. Estudiantes durante la prueba de usabilidad en campo.



Figura 63. Profesor-investigador de la Universidad de la Cañada durante la prueba de usabilidad.

Al final, con el propósito de recabar información que permitiera medir la satisfacción de los usuarios, a cada uno de los participantes se les solicitó contestar el cuestionario estandarizado *System Usability Scale (SUS)* el cual está conformado por 10 preguntas que permite a los usuarios evaluar de forma subjetiva la usabilidad de los sistemas utilizados, arrojando resultados confiables (Jordan, Thomas, McClelland y Weerdmeester, 2014). De este modo, los participantes con un perfil de usuario cuyas tareas implicaban el uso tanto de la aplicación web como de la aplicación móvil, contestaron un cuestionario por cada aplicación utilizada.

6.2.2.2 Resultados

Después de esto, se concentró y analizó la información obtenida en las pruebas para poder determinar el grado de usabilidad de ambas aplicaciones con base en los tres atributos que la componen. Igualmente, vale decir que inicialmente los resultados se presentan de acuerdo con los perfiles de los usuarios participantes, con la finalidad de identificar la posible influencia de distintos factores en los datos recabados, tales como la experiencia de los usuarios en la recolección de plantas, lugar de las pruebas de usabilidad y, plataforma de la aplicación utilizada.

Sin embargo, para presentar el resultado final obtenido de cada atributo de la usabilidad, se promediaron las cantidades obtenidas en cada tarea o usuario para obtener un único valor. Lo anterior, se realizó debido a que se considera de gran relevancia aspirar a lograr “interfaces transparentes” en el diseño de las aplicaciones (Bardzell y Bardzell, 2015; Chaney, Ruggil y McAllister, 2009; Reyes y Bouhaï, 2017) que permitan a los usuarios enfocarse en la ejecución de sus tareas sin importar si se está llevando a cabo desde la web o un dispositivo móvil, por lo tanto, se requiere de un análisis independiente de la plataforma en la que es ejecutada la aplicación.

Efectividad

El primer componente de la usabilidad en ser analizado fue la efectividad. Para esto, se utilizó la tasa de éxito como métrica debido a que es considerada como “la métrica fundamental de la usabilidad” (Sauro y Lewis, 2016).

En este sentido, para calcular la tasa de éxito, se registraron las tareas completadas correctamente por los participantes, considerándolas exitosas aun cuando estas fueran concluidas con errores durante la ejecución o con ayuda del facilitador.

En primer lugar, se muestran las tareas ejecutadas por los cuatro usuarios participantes con el perfil de Profesor-Investigador en la aplicación web y la efectividad de cada tarea (véase Tabla 81). Las tareas concluidas exitosamente se registraron con el valor 1 mientras que, en el caso contrario, se asignó el valor 0.

Usuario / Tarea	Tarea 1	Tarea 2	Tarea 7
Usuario #1	1	1	1
Usuario #2	1	1	1
Usuario #3	1	1	1
Usuario #4	1	1	0
Efectividad	100%	100%	75%

Tabla 81. Efectividad por tarea de los Profesores-Investigadores.

Posteriormente, en la Tabla 82 se puede observar la tasa de éxito de las tareas obtenida por los usuarios con el perfil de Estudiante con alta experiencia en la aplicación móvil.

Usuario / Tarea	Tarea 4	Tarea 5
Usuario #5	1	1
Usuario #6	1	1
Usuario #7	1	1
Usuario #8	1	1
Usuario #9	1	1
Efectividad	100%	100%

Tabla 82. Efectividad por tarea de los Estudiantes con alta experiencia.

Finalmente, los participantes con el perfil de Estudiantes con baja experiencia ejecutaron tareas tanto en la aplicación web como en la aplicación móvil obteniendo la tasa de éxito que se muestra en la Tabla 83.

Usuario / Tarea	Tarea 1	Tarea 3	Tarea 4	Tarea 5	Tarea 6
Usuario #10	1	1	1	1	0
Usuario #11	0	1	1	1	0
Usuario #12	1	1	1	1	1
Usuario #13	0	1	1	1	1
Usuario #14	0	1	0	1	1
Efectividad	40%	100%	80%	100%	60%

Tabla 83. Efectividad por tarea de los Estudiantes con baja experiencia.

Así, al promediar los porcentajes de las tareas evaluadas con diferentes perfiles de usuario, se puede obtener la efectividad general por tarea y de las aplicaciones (véase Figura 64).

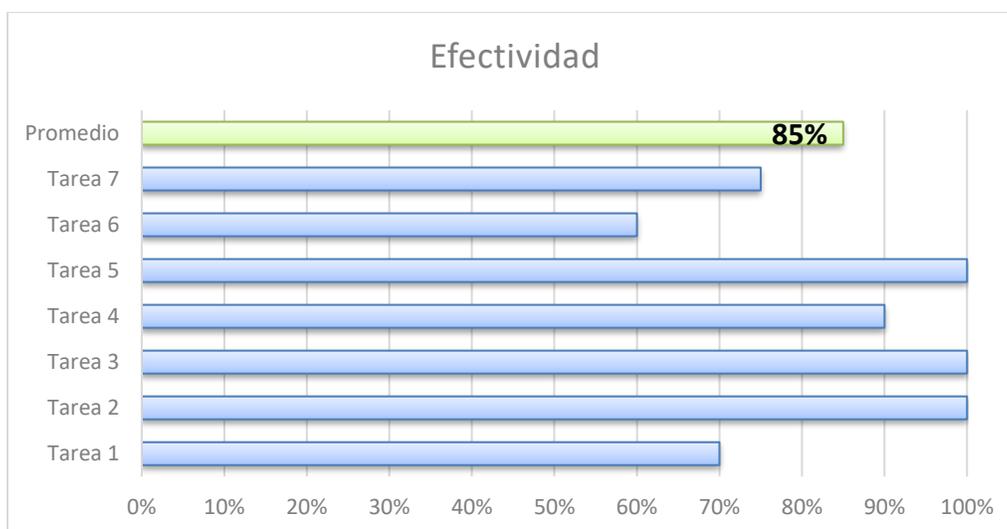


Figura 64. Efectividad general de las aplicaciones web y móvil.

Por consiguiente, se puede considerar que el 85% de efectividad obtenido en las pruebas de usabilidad con las aplicaciones es positivo, debido que tal resultado es superior al 78% establecido por Sauro (2011) para determinar si el uso de un sistema ha alcanzado un buen porcentaje de efectividad. No obstante, en el análisis individual por tareas, se puede observar que es posible incrementar la efectividad de los usuarios con las aplicaciones al enfocarse en las tareas 1, 6 y 7, las cuales arrojaron los porcentajes más bajos, causados principalmente por problemas presentados en la aplicación móvil.

Eficiencia

Por otra parte, para calcular la eficiencia de las aplicaciones web y móvil, durante las pruebas de usabilidad se registró el tiempo que le tomó a cada usuario realizar las tareas indicadas y, a partir de tal información se llevó a cabo el cálculo de la eficiencia basado en el tiempo y efectividad, utilizando la fórmula de eficiencia relativa general presentada en el Capítulo 2.

De esta manera, en la Tabla 84 se presenta el tiempo en segundos de los profesores-Investigadores ejecutando cada una de las tareas, así como su eficiencia.

Usuario / Tarea	Tarea 1	Tarea 2	Tarea 7
Usuario #1	228	551	35
Usuario #2	33	360	16
Usuario #3	30	421	74
Usuario #4	21	673	116
Eficiencia	100%	100%	51%

Tabla 84. Eficiencia por tarea de los Profesores-Investigadores.

Igualmente, para los usuarios con el perfil de estudiantes con alta experiencia se registró el tiempo de ejecución de las tareas, sin embargo, debido a que las pruebas de usabilidad con los estudiantes expertos se realizaron de forma colaborativa y en campo durante la simulación de una colecta de plantas, únicamente se registraron los segundos que le tomó a todos los participantes terminar las tareas correspondientes. Por tal motivo, como se puede ver en la Tabla 85, los cinco usuarios participantes tienen el mismo tiempo registrado en ambas tareas.

Usuario / Tarea	Tarea 4	Tarea 5
Usuario #5	150	30
Usuario #6	150	30
Usuario #7	150	30
Usuario #8	150	30
Usuario #9	150	30
Eficiencia	100%	100%

Tabla 85. Eficiencia por tarea de los Estudiantes con alta experiencia.

Por último, en la Tabla 86 se muestran los tiempos registrados por los usuarios con poca experiencia en las colectas de plantas.

Usuario / Tarea	Tarea 1	Tarea 3	Tarea 4	Tarea 5	Tarea 6
Usuario #10	240	20	152	5	177
Usuario #11	240	33	298	9	177
Usuario #12	266	11	511	9	160
Usuario #13	232	14	465	11	133
Usuario #14	291	35	462	87	201
Eficiencia	39%	100%	75%	100%	58%

Tabla 86. Eficiencia por tarea de los Estudiantes con baja experiencia.

Asimismo, tal como en el caso del cálculo de la eficiencia, para el atributo de efectividad se obtuvieron los promedios de las tareas evaluadas en sesiones con distintos perfiles de usuario y luego, se calculó la eficiencia general de los usuarios con las aplicaciones.

En este sentido, como se puede ver en la Figura 65, los datos son consistentes con los obtenidos en el cálculo de la eficiencia, al mostrar que las tareas 1, 6 y 7 fueron las que tomaron una mayor cantidad de tiempo y, aun así, en algunos casos no fueron concluidas por los participantes. Sin embargo, en general, el resultado de la eficiencia de los usuarios al hacer uso de ambas aplicaciones es positivo al obtener un promedio de 80%.

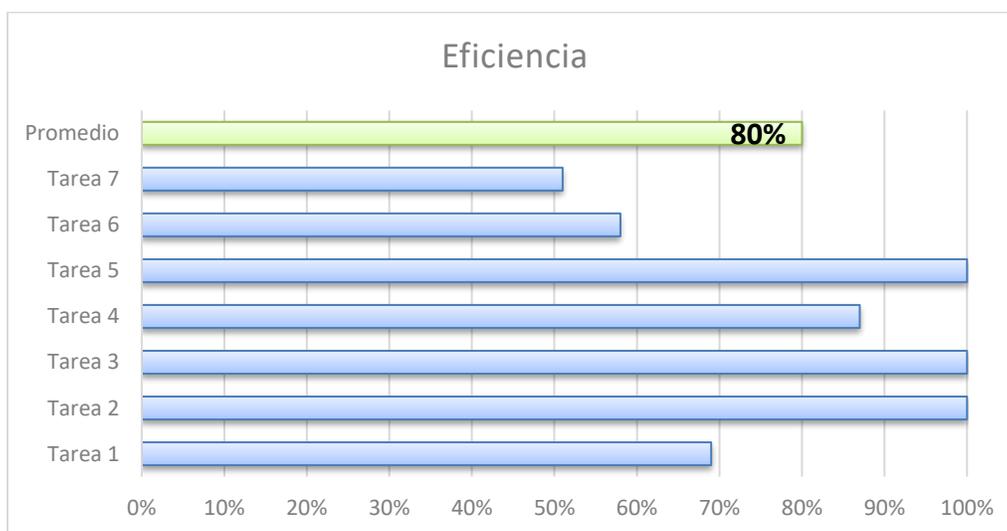


Figura 65. Eficiencia general de las aplicaciones web y móvil.

Satisfacción del usuario

Finalmente, para la medición de la satisfacción de los usuarios, se utilizó el cuestionario *System Usability Scale (SUS)* el cual consiste en 10 preguntas que son contestadas a través de una escala estilo Likert de 5 puntos y en donde cada nivel de la escala corresponde al grado de concordancia con la pregunta planteada permitiendo así, generar un único valor que indica la usabilidad del sistema (Jordan, Thomas, McClelland y Weerdmeester, 2014). Una réplica del cuestionario *SUS* se puede ver en el Anexo F.

Con relación a los resultados obtenidos, en la Tabla 87 se muestran las puntuaciones finales de los cuestionarios *SUS*, basadas en las respuestas de los usuarios participantes. Asimismo, como se mencionó anteriormente, la evaluación de la satisfacción de los participantes con el uso de la aplicación web o móvil se llevó a cabo dependiendo de las tareas ejecutadas en las pruebas de usabilidad. Por lo tanto, los cuestionarios de la plataforma web y móvil no fueron contestados por todos los usuarios participantes.

Usuario / Plataforma	Web	Móvil
Usuario #1	82.5	-
Usuario #2	90	-
Usuario #3	97.5	-
Usuario #4	77.5	-
Usuario #5	-	82.5
Usuario #6	-	55
Usuario #7	-	72.5
Usuario #8	-	85
Usuario #9	-	70
Usuario #10	72.5	85
Usuario #11	72.5	57.5
Usuario #12	72.5	75
Usuario #13	85	90
Usuario #14	77.5	60
Promedio	80.8	73.2

Tabla 87. Puntuaciones del cuestionario *SUS*.

Además, en el caso de la satisfacción del usuario, dado que esta fue medida de acuerdo con la plataforma utilizada en las pruebas de usabilidad y no por tareas individuales, para su cálculo se promediaron las puntuaciones obtenidas en ambas aplicaciones para obtener la satisfacción general del usuario (véase Figura 66).

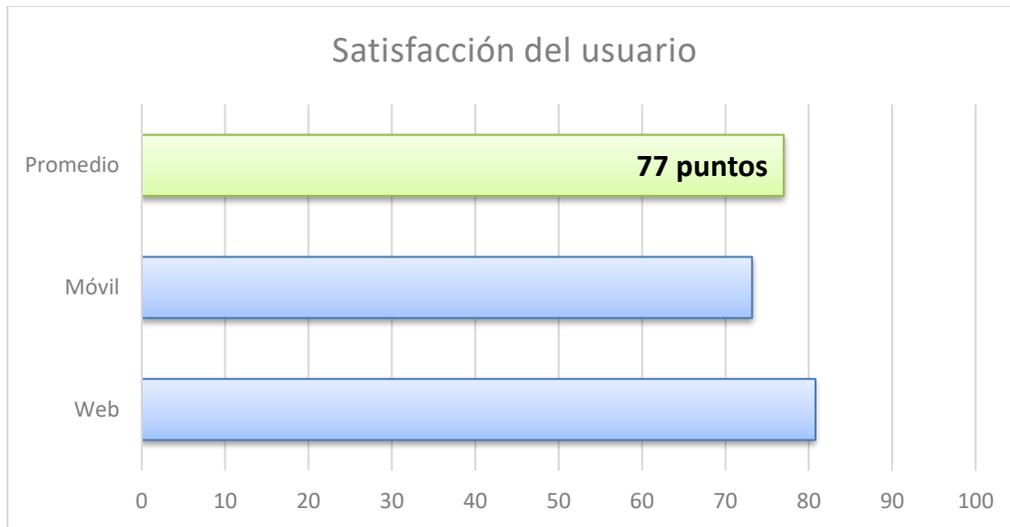


Figura 66. Satisfacción del usuario basada en la puntuación del cuestionario SUS.

De esta manera, los 77 puntos obtenidos (de 100 posibles) que fueron obtenidos al promediar los resultados del cuestionario *System Usability Scale*, al igual que en los dos atributos de la usabilidad analizados previamente, representan un resultado positivo de las pruebas de usabilidad debido a que un puntaje *SUS* igual o superior a 70, se considera aceptable para definir como “buena” la satisfacción del usuario con un sistema (Bangor, Kortum y Miller, 2009).

7 CONCLUSIONES

En la presente investigación, a lo largo de seis capítulos se ha descrito el desarrollo y evolución de la propuesta de solución a la problemática planteada en la introducción del proyecto. La cual tiene como objetivo la implementación de una aplicación móvil que permita recabar datos botánicos durante las colectas de plantas, realizadas por profesores y estudiantes en la Universidad de la Cañada (UNCA), para que más adelante, dicha información sea integrada al herbario digital que desarrollará la misma institución. Para esto, se trazó una serie de metas y objetivos específicos los cuales se fueron cumpliendo de forma sistemática debido a que se siguió la metodología de trabajo conocida como Diseño Centrado en el Usuario (DCU). De esta manera, la revisión de la literatura y el seguimiento del DCU permitió entender el contexto y las necesidades de los potenciales usuarios de la aplicación móvil. Asimismo, el análisis realizado con la información obtenida en las primeras etapas de la investigación causó una evolución natural de la propuesta de solución inicial, dando como resultado el diseño e implementación de una aplicación adicional para plataformas web. En consecuencia, con el desarrollo de las dos aplicaciones se logró cumplir con el objetivo general del proyecto.

Por otro lado, en la última etapa de la metodología de Diseño Centrado en el Usuario, se consiguió la comprobación y aceptación de la hipótesis de investigación a través de las pruebas de usabilidad realizadas en las instalaciones de la UNCA, debido a que en dicha evaluación se obtuvieron resultados positivos que demuestran la efectividad, eficiencia y satisfacción de los usuarios con las aplicaciones web y móvil al realizar las diferentes tareas que implica la recolección de plantas.

Así, una vez concluida la primera iteración de la metodología DCU, de acuerdo con los resultados obtenidos durante las evaluaciones, las aplicaciones desarrolladas se pueden considerar funcionales y usables para llevar a cabo colectas de plantas que formen parte de las actividades académicas de la Universidad de la Cañada sin impactar negativamente la manera en la que se realizan las tareas.

7.1 APORTES

Con relación a los aportes realizados con la presente investigación, durante el desarrollo del proyecto se identificaron distintos aspectos que se consideran importantes destacar, de los cuales se presentan a continuación los principales:

- El uso de las aplicaciones web y móvil desarrolladas para la recolección de plantas en la región Cañada del estado de Oaxaca, representa un método innovador en la ejecución de dicha actividad y en la forma en que se conforman los herbarios digitales.
- El empleo de una metodología enfocada en el contexto y las necesidades de los usuarios, como el DCU, en proyectos de desarrollo de software, posibilita alcanzar niveles positivos de efectividad, eficiencia y satisfacción al utilizar un sistema incluso cuando los usuarios forman parte de un sector académico-laboral no tecnológico.
- La botánica y ramas derivadas de dicha ciencia representan un área de oportunidad para ampliar las investigaciones de Interacción Humano-Computadora hacia diferentes ámbitos en los cuales se requiere la inclusión de tecnologías de la información y comunicación para llevar a cabo actividades básicas.

7.2 TRABAJO A FUTURO

En cuanto al trabajo a futuro, aunque el software desarrollado sea funcional y usable, esto no lo excluye de la posibilidad de implementar mejoras en él, por lo que se han liberado las aplicaciones compiladas con su respectivo código fuente. En este sentido, se hacen las siguientes recomendaciones sobre los aspectos del software a los que se debería prestar atención:

- Los porcentajes de efectividad, eficiencia y satisfacción de los usuarios podrían ser incrementados con una segunda iteración del Diseño Centrado en el Usuario enfocándose en los problemas estéticos y menores de usabilidad identificados en las evaluaciones heurísticas, así como los escenarios planteados durante las pruebas de usabilidad.
- El continuo desarrollo de las plataformas web y móvil, generan la necesidad de implementar actualizaciones para las aplicaciones con la finalidad de garantizar su correcto funcionamiento independientemente de la versión utilizada de *Firebase*, el navegador web o el sistema operativo Android.
- Dependiendo de los requisitos funcionales y no funcionales que se planteen para el desarrollo del herbario digital, la información recabada desde las aplicaciones web y móvil podría requerir de cambios estructurales, sin embargo, se espera que la flexibilidad que ofrece la plataforma *Firebase*, permita la interoperabilidad buscada.

Finalmente, dado que las aplicaciones desarrolladas en esta investigación forman parte de un proyecto más grande cuyo objetivo es conformar el herbario digital de la Universidad de la Cañada, se considera que la colaboración de la comunidad universitaria a través de la asignación de recursos materiales y humanos resulta indispensable para lograr el éxito de las aplicaciones presentadas y del proyecto en general.

BIBLIOGRAFÍA

Abran, A., Khelifi, A., Suryan, W., y Seffah, A. (2003). *Usability meanings and interpretations in ISO standards*. Software quality journal, 11(4), 325-338.

Albert, W., y Tullis, T. (2013). *Measuring the user experience: collecting, analyzing, and presenting usability metrics*. Newnes.

Amazon Web Services. (Sin fecha). *¿Qué es NoSQL?* Recuperado el 11 de enero de 2019, de <https://aws.amazon.com/es/nosql>

André A. M., y López T. Y. (2006). Creando un profesional con disciplina en el proceso de desarrollo de software. Ingeniería Industrial, 27(1). *Reglas de calidad para la codificación estandarizada en Lenguaje C: una propuesta para la enseñanza a nivel superior*. Proyectos institucionales y de vinculación, 3(6), 155-175.

Android Developers. (2018a). *Aspectos fundamentales de la aplicación*. Recuperado el 11 de noviembre de 2018, de <https://developer.android.com/guide/components/fundamentals?hl=es-419>

Android Developers. (2018b). *Arquitectura de la plataforma*. Recuperado el 11 de noviembre de 2018, de <https://developer.android.com/guide/platform/?hl=es-419>

Android Developers. (2018b). *Arquitectura de la plataforma*. [Figura]. Recuperado el 11 de noviembre de 2018, de <https://developer.android.com/guide/platform/?hl=es-419>

Appsee. (Sin fecha). *The Playbook of User-Centered App-Making*. Recuperado el 6 de noviembre de 2018, de <https://www.appsee.com/ebooks/the-playbook-of-user-centered-app-making>

Assay, M. (2016). *Why NoSQL Trumps Relational Databases for Mobile Applications*. Recuperado el 12 de enero de 2019, de <https://www.techopedia.com/2/29256/development/mobile-development/why-nosql-trumps-relational-databases-for-mobile-applications>

Babich, N. (2017). *Prototyping 101: The Difference between Low-Fidelity and High-Fidelity Prototypes and When to Use Each*. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de <https://theblog.adobe.com/prototyping-difference-low-fidelity-high-fidelity-prototypes-use>

Backendless. (2019). *ENTERPRISE BAAS*. [Figura]. Recuperado el 14 de enero de 2019, de <https://backendless.com/what-is-backend-as-a-service/enterprise-baas>

Baeza, Y. R., Rivera, L. C., y Velasco, M., J. (2004). *Arquitectura de la información y usabilidad en la web*. El profesional de la información, 13(3), 168-178.

Bangor, A., Kortum, P., y Miller, J. (2009). *Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale*. Journal of usability studies, 4(3), 114-123.

Bardzell, J., y Bardzell, S. (2015). *Humanistic HCI*. Synthesis Lectures on Human-Centered Informatics, 8(4), 1-185.

Baró, O. I. R., Oviedo, P. R., Echevarría, C. R., Verdecia, J., Ferro, D. J., Angulo, R., y Fuentes M. M. (2017). *Creación y manejo de herbarios*. En C. A. Mancina y D. D. Cruz (Eds), *Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas* (pp.152-167). La Habana, Cuba: Editorial AMA.

BBVA Open4U. (2019). *Firestore: cómo Google quiere mejorar las aplicaciones a través de los datos*. Recuperado el 28 de marzo de 2019, de <https://bbvaopen4u.com/es/actualidad/firebase-como-google-quiere-mejorar-las-aplicaciones-traves-de-los-datos>

Benavides, C. G. (2008). *El Enfoque del Diseño Centrado en Usuario en el Desarrollo de Sitios Web Transaccionales*. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-2000/UCH2085_01.pdf

Benbourahla, N. (2015). *Android 5: principios del desarrollo de aplicaciones Java*. Ediciones Eni.

Bermudez, T. P. (2018). *Cómo crear una página web para tu negocio*. [Figura]. Recuperado el 4 de noviembre de 2018, de <https://pedrobermudeztalavera.com/como-crear-una-pagina-web-para-tu-negocio>

Bonilla B. R., y Vela G. L. (2016). *Importancia de los herbarios en el manejo y aprovechamiento de los bosques*. *Botanical Sciences*, (34), 79-90.

Budiu, R. (2013). *Mobile: Native Apps, Web Apps, and Hybrid Apps*. Recuperado el 10 de noviembre de 2018, de <https://www.nngroup.com/articles/mobile-native-apps>

B-VegAna. (Sin fecha). *Capturas de pantalla de la aplicación ZamiaDroid desarrollado por B-VegAna* [Figura]. Recuperado el 6 de agosto de 2018, de <http://biodiver.bio.ub.es/veganaweb/main/?seccion=../zamiaDroid/content.jsp>

Campos, C. M. (2018). *SOFIAX: Software Interactivo con el Enfoque de Gamificación para Implementarse en Entornos de Aprendizaje Mixto (Tesis de maestría)*. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca, México.

Castillo, G. G. M., Guerrero, E. I. B., & Godoy, C. M. (2017). *Interacción humano computadora y minería de datos para la generación y representación de conocimiento útil*. *Ciencias de la Información*, 48(1), 3-10.

Castro, L. A., Tentori, M. E., Favela, J., Rodríguez, M. D., y Sánchez, J. A. (2015). *Interacción Humano-Computadora*. En L. A. Pineda C. (ed), *La Computación en México por especialidades académicas (pp.196-197)*. Academia Mexicana de Computación.

Chaney, J. R., Ruggill, J. E., y McAllister, K. S. (Eds.). (2009). *The computer culture reader*. Cambridge Scholars Publishing.

Chipantiza, C., Lewis, V., Mazón, O. B. E., Calva, C., & Jeurwin, J. (2015). *La usabilidad en el desarrollo de software*.

Cloudflare. (Sin fecha). *What is BaaS? | Backend-as-a-Service vs. Serverless*. Recuperado el 14 de enero de 2019, de <https://www.cloudflare.com/learning/serverless/glossary/backend-as-a-service-baas>

Cockton, G. (2012). *Usability Evaluation*. En The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed. Recuperado el 19 de octubre de 2018, de <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/usability-evaluation>

CONABIO. (2009). *Sistema de información BIÓTICA*. Recuperado el 6 de agosto de 2018, de <http://www.conabio.gob.mx/biotica5/documents/SistemaBiotica.php>

Cuello, J., y Vittone, J. (2013). *Diseñando apps para móviles*. José Vittone—Javier Cuello.

Delía, L. N., Galdamez, N., Thomas, P. J., Corbalán, L. C., y Pesado, P. M. (2014). *Análisis experimental de desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma*. En XX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (Buenos Aires, 2014).

Dix, A., Finlay, J., Abowd, G. D., y Beale R. (2004). *Human-Computer Interaction*. Reino Unido: Pearson Education.

Domingo, M. G., y Pera, E. M. (2010). *Diseño centrado en el usuario*. Recuperado el 22 de abril de 2018, de http://cv.uoc.edu/web/~emor/ipo/Modulo_DCU.pdf

Enriquez, J. G., y Casas, S. I. (2014). *Usabilidad en aplicaciones móviles*. Informes Científicos-Técnicos UNPA, 5(2), 25-47.

Escalona, M. J., y González, J. M. (2008). *Diseño Centrado en el Usuario*. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de <http://www.lsi.us.es/docencia/get.php?id=3587>

Firebase. (2019). Homepage. Recuperado el 27 de enero de 2019, de <https://firebase.google.com>

Fling, B. (2009). *Mobile design and development: Practical concepts and techniques for creating mobile sites and Web apps*. " O'Reilly Media, Inc."

Fotache, M., y Cogean, D. (2013). *NoSQL and SQL Databases for Mobile Applications. Case Study: MongoDB versus PostgreSQL*. Informática Económica, 17(2).

Frøkjær, E., Hertzum, M., y Hornbæk, K. (2000, April). *Measuring usability: are effectiveness, efficiency, and satisfaction really correlated?* In Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 345-352). ACM.

García, V. (2015). *Una utopía llamada 'Diseño Centrado en el Usuario'*. Recuperado el 22 de agosto de 2018, de <http://revista.uxnights.com/una-utopia-llamada-diseno-centrado-en-el-usuario>

Gernandt, D. S., Salazar, G., Sánchez-Cordero, V., y Giménez, O. J. (2014). *Digitalización del Herbario Nacional de México: avances y retos del futuro*. Recuperado el 22 de abril de 2018, de http://www.ru.tic.unam.mx:8080/bitstream/handle/123456789/2208/art30_2014.pdf

Glassman, E., Guo, P., Jackson, D., Karger, D., Kim, J., Miller, R., Sims, C., y Zhang, H. (2016). *Reading 7: User Centered Design*. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de <http://web.mit.edu/6.813/www/sp16/classes/07-user-centered-design>

Gómez, R., Caballero, D., y Sevillano, J. L. (2014). *Heuristic evaluation on mobile interfaces: A new checklist*. The Scientific World Journal, 2014.

González, M. P., Pascual, A., y Lorés, J. (2001). *Evaluación heurística*. Recuperado el 10 de junio de 2019, de <https://aipo.es/libro/pdf/15-Evaluacion-Heuristica.pdf>

Gracia, B. M.A., Gracia, M. J., Romero, S. M. D. (2015). *TecsMedia: Metodologías de diseño centradas en usuarios*. Recuperado el 4 de noviembre de 2018, de https://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/InvestigacionInnovacionUniversidad/Areas/Sociedad_Informacion/Documentos/Estado%20del%20arte%20Metodologias%20Diseno%20Centrado%20en%20Usuariosv2.pdf

Granollers, T. (2010). *Diseño Centrado en el Usuario (DCU): El Modelo MPlu+a*. Recuperado el 22 de agosto de 2018, de <http://ocw.udl.cat/enginyeria-i-arquitectura/interaccio-persona-ordinador/3.-dcu-mpiu-a>

Grau, X. F. (2000). *Principios Básicos de Usabilidad para Ingenieros Software*. In JISBD (pp. 39-46).

Griffiths, D., y Griffiths, D. (2017). *Head First Android Development: a brain-friendly guide*. " O'Reilly Media, Inc."

Harper, E. R., Rodden, T., Rogers, Y., Sellen, A., & Human, B. (2008). *Human-Computer Interaction in the year 2020*.

Hassan, Y., Martín, F. F. J., y Iazza, G. (2004). *Diseño web centrado en el usuario: usabilidad y arquitectura de la información*. Recuperado el 22 de abril de 2018, de http://eprints.rclis.org/8998/1/Dise%C3%B1o_Web_Centrado_en_el_Usuario_Usabilidad_y_Arquitectura_de_la_Informaci%C3%B3n.pdf

Hassan, M. Y., y Ortega, S. S. (2009). *Informe APEI sobre usabilidad (Vol. 3)*. APEI, Asociación Profesional de Especialistas en Información.

Herbario de la Universidad de Granada. (2010). *Guía de elaboración de herbarios*. Recuperado el 21 de abril de 2018, de <http://herbarium.ugr.es/pages/ayuda/guia>

Hewett, T. T., Baecker, R., Card, S., Carey, T., Gasen J., Mantei, M., Perlman, G., Strong, G., y Verplank, W. (1992). *ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction*. Recuperado el 7 de octubre de 2018, de <http://old.sigchi.org/cdg/cdg2.html>

Holzinger, A., Treitler, P., y Slany, W. (2012). *Making apps useable on multiple different mobile platforms: On interoperability for business application development on smartphones*. En International Conference on Availability, Reliability, and Security (pp. 176-189). Springer, Berlin: Heidelberg.

Huang, K. Y. (2009, October). *Challenges in human-computer interaction design for mobile devices*. En Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science (Vol. 1, pp. 236-241).

IBM. (2014). *El desarrollo de aplicaciones móviles nativas, Web o híbridas*. Recuperado el 10 de noviembre de 2018, de ftp://ftp.software.ibm.com/la/documents/gb/commons/27754_IBM_WP_Native_Web_or_hybrid_2846853.pdf

INBio, Norwegian MFA, Herbario AGUAT, Herbario HULE, Herbario PMA, Herbario EAP, Herbario CR y Herbario MHES. (2008). *Protocolo de Manejo de Colecciones de Plantas vasculares Proyecto "Desarrollando Capacidades compartiendo Tecnología para la gestión de la Biodiversidad en*

Centroamérica". Recuperado el 5 de agosto de 2018, de <https://docplayer.es/4234440-Protocolo-de-manejo-de-colecciones-de-plantas-vasculares.html>

Interaction Design Foundation. (2018a). *User Centered Design*. Recuperado el 4 de noviembre de 2018, de <https://www.interaction-design.org/literature/topics/user-centered-design>

Interaction Design Foundation. (2018b). *Usability Testing*. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de <https://www.interaction-design.org/literature/topics/usability-testing>

ISO 9241-11. (1998). *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11 Guidance on usability*.

ISO 9241-210. (2010). *Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for interactive systems*.

Jordan, P. W., Thomas, B., McClelland, I. L., y Weerdmeester, B. (Eds.). (2014). *Usability evaluation in industry*. CRC Press.

Kanji, F. (2015). *Why iteration is critical to User Centred Design*. Recuperado el 22 de agosto de 2018, de <https://www.akendi.com/blog/why-iteration-is-critical-to-user-centred-design>

Katinas, L. (2001). *El herbario. Significado, valor y uso*. ProBiota: Serie Técnica y Didáctica.

Lane, K. (2015). *Overview of the backend as a service (BaaS) space*. API Evangelist.

Lauesen, S., y Pave, M. M. (2005). *Heuristic evaluation of user interfaces versus usability testing*. User Interface Design-A Software Engineering Perspective, 443-463.

Lawton, H. S. (2008). *Simplemente pregunta: Integración de la accesibilidad en el diseño*. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de <http://uiaccess.com/justask/es/analysis.html>

Lawton, H. S., y Thorp, J. (2004). *Notes on User Centered Design Process (UCD)*. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de <https://www.w3.org/WAI/redesign/ucd>

Lazar, J., Feng, J. H., y Hochheiser, H. (2017). *Research methods in human-computer interaction*. Morgan Kaufmann.

Luna, D. (2016). *Validación del diseño centrado en el usuario en un sistema notificador de interacciones farmacológicas*. Recuperado el 4 de noviembre de 2018, de https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/298/Luna_500997_D.pdf

Manzari, L., y Trinidad, J. C. (2006). *User-centered design of a web site for library and information science students: Heuristic evaluation and usability testing*. Information technology and libraries, 25(3), 163-169.

Marcos, M. C. (2001). *HCI (human computer interaction): concepto y desarrollo*. El profesional de la información, 10(6), 4-16.

Martí, P. D. y Font X. (2012). *ZamiaDroid: Un programa para la captura y consulta de datos biológicos en el campo con dispositivos móviles*. En González, F. F. y Badía, R. P. (Eds), *Avances en el conocimiento de la vegetación (Vol. 136) (pp. 48)*. Univ de Castilla La Mancha.

Marín, C. A. (2008). *Guía para la recolecta y preparación de muestras botánicas*. Recuperado el 21 de abril de 2018, de <http://www.museocostarica.go.cr/herbario/pdf/Guia-para-recolectar.pdf>

Material Design. (2019). *Homepage*. Recuperado el 27 de enero de 2019, de <https://material.io>

Mifsud, J. (2015). *Usability Metrics—A Guide to Quantify the Usability of Any System*. Usability Geek. Recuperado el 20 de octubre de 2018, de <https://usabilitygeek.com/usability-metrics-a-guide-to-quantify-system-usability>

Mor, E. P. (2014). *Diseño centrado en el usuario*. Recuperado el 4 de julio de 2018, de http://cv.uoc.edu/web/~emor/ipo/Modulo_DCU.pdf

Moré, A. M. (2010). *MPIu+a Ágil: El modelo de proceso centrado en el usuario como metodología ágil*. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de <https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/45841/More.pdf>

Moreno, L. L. (2010). *AWA, marco metodológico específico en el dominio de la accesibilidad para el desarrollo de aplicaciones web*. Recuperado el 4 de noviembre de 2018, de <http://labda.inf.uc3m.es/awa/en/node/102>

Moreno, M. A. y Peralta, M. R. (2014). *La Interacción Humano-Computadora en México*. En J. Muñoz, J. M. González y J. A. Sánchez (Eds), *La usabilidad y experiencia del usuario* (pp. 135-155). Naucalpan, México: Pearson Educación.

Nielsen, J. (2012). *User Satisfaction vs. Performance Metrics*. Recuperado el 20 de octubre de 2018, de <https://www.nngroup.com/articles/satisfaction-vs-performance-metrics>

Nielsen, J. (2001a). *Usability Metrics*. Recuperado el 19 de octubre de 2018, de <https://www.nngroup.com/articles/usability-metrics>

Nielsen, J. (2001b). *Success Rate: The Simplest Usability Metric*. Recuperado el 20 de octubre de 2018, de <https://www.nngroup.com/articles/success-rate-the-simplest-usability-metric>

Nielsen, J. (2000). *Why You Only Need to Test with 5 Users*. Recuperado el 14 de junio de 2019, de <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users>

Nielsen, J. (1995). *Characteristics of Usability Problems Found by Heuristic Evaluation*. Recuperado el 10 de junio de 2019, de <https://www.nngroup.com/articles/usability-problems-found-by-heuristic-evaluation>

Nielsen, J. (1994a). *10 Usability Heuristics for User Interface Design*. Recuperado el 10 de junio de 2019, de <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics>

Nielsen, J. (1994b). *How to Conduct a Heuristic Evaluation*. Recuperado el 10 de junio de 2019, de <https://www.nngroup.com/articles/how-to-conduct-a-heuristic-evaluation>

Nielsen, J. (1994c). *Severity Ratings for Usability Problems*. Recuperado el 10 de junio de 2019, de <https://www.nngroup.com/articles/how-to-rate-the-severity-of-usability-problems>

Norman, D. y Draper, S. (1986). *User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction*. New Jersey, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Peralta de Andrés, J. (2014). *Taller "Llévate las plantas en tu móvil"*. Recuperado el 6 de agosto de 2018, de http://www.unavarra.es/herbario/docs/Taller_plantas_en_tu_movil.pdf
- Pilomia, J. (2011). *User Experience in Mobile Application Development: Developer and End-user Perceptions (Master's thesis)*.
- Priego, L. E. V. (2015). *Realidad virtual como instrumento de inmersión en videojuegos de acción (Tesis de maestría)*. Ciencias de la Computación. Departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla.
- Quesenbery, W. (2001). *Being User-Centered When Implementing a UCD Process*. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de <https://www.wq usability.com/articles/ucd-on-ucd.html>
- Reyes, E., y Bouhäï, N. (Eds.). (2017). *Designing Interactive Hypermedia Systems*. John Wiley & Sons.
- Rouke, P. (2017). *What Is User Centred Design?* Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de <https://www.prwd.co.uk/blog/user-centred-design-process-overview>
- Rubin, J., y Chisnell, D. (2008). *Handbook of usability testing: how to plan, design and conduct effective tests*. John Wiley & Sons.
- Rzedowski, J. (2016). *El herbario como instrumento de trabajo, su manejo y operación*. Botanical Sciences, (34), 65-74.
- Saltiveri, T. G., Vidal, J. L., y Delgado, J. J. C. (2011). *Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario*. Editorial UOC.
- Sánchez, J. (2011). *En busca del Diseño Centrado en el Usuario (DCU): definiciones, técnicas y una propuesta*. No Solo Usabilidad, (10).
- Sandor, A., y Holden, K. L. (2009). *Usability: Human Research Program-Space Human Factors and Habitability*.
- Sauro, J., y Lewis, J. R. (2016). *Quantifying the user experience: Practical statistics for user research*. Morgan Kaufmann.
- Sauro, J. (2011). *What is a good task-completion rate?* Recuperado el 19 de junio de 2019, de <https://measuringu.com/task-completion>
- Schleicher, R., Westermann, T., y Reichmuth, R. (2014). *Mobile human-computer interaction*. In Quality of experience (pp. 339-349). Springer, Cham.
- Sroczyński, Z. (2014). *Designing human-computer interaction for mobile devices with the FMX application platform*. Theoretical and Applied Informatics, 26.
- Servicio Nacional de Inspección de Semillas. (2015). *La importancia de los herbarios y las colecciones de trabajo para especies ornamentales*. Recuperado el 21 de abril de 2018, de <http://snics.sagarpa.gob.mx/prensa/boletines/Paginas/2014-B056.aspx>
- Sousa, M. (2016). *El herbario como base de estudios taxonómicos, florísticos y evolutivos*. Botanical Sciences, (34), 111-117.

Suárez, M. T., Aguilar, J. J., y Neira, C. (2017). *Los métodos más característicos del diseño centrado en el usuario-DCU-, adaptados para el desarrollo de productos materiales*. *Iconofacto*, 12(19), 215-236.

TechSmit. (s.f.). *Usability Testing Basics*. Recuperado el 20 de octubre de 2018, de <http://webservices.itcs.umich.edu/drupal/wwwsig/sites/webservices.itcs.umich.edu.drupal.wwwsig/files/Usability-Testing-Basics.pdf>

Tomayess, I., y Pedro, I. (2015). *Sustainable Design: HCI, Usability and Environmental Concerns*. Recuperado el 7 de octubre de 2018, de <https://books.google.com.mx/books?id=JYnDCgAAQBAJ>

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. (Sin fecha). *Recolecta de plantas y herborización*. Recuperado el 5 de agosto de 2018, de <http://www.uacj.mx/ICB/UEB/Documents/Publicaciones/9%20Herborizacion.pdf>

Universidad de la Cañada. (Sin fecha). *Historia*. Recuperado el 24 de septiembre del 2018, de <http://www.unca.edu.mx/nuestrauniversidad.html#historia>

Universidad de la Cañada. (Sin fecha). Acceso principal a la UNCA. [Figura]. Recuperado el 24 de septiembre del 2018, de <http://www.unca.edu.mx/rv/entrada1.jpg>

Universidad de la Cañada. (Sin fecha). Vista panorámica de la UNCA. [Figura]. Recuperado el 24 de septiembre del 2018, de <http://www.unca.edu.mx/rv/universidad33.jpg>

Usability.gov. (Sin fecha). *User-Centered Design Basics*. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de <https://www.usability.gov/what-and-why/user-centered-design.html>

UsabilityNet. (2006). *Overview of the user centred design process*. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de http://www.usabilitynet.org/management/b_overview.htm

User Experience Professionals' Association. (2012a). *Summative Evaluation | Usability Body of Knowledge*. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de <https://www.usabilitybok.org/Summative-evaluation>

User Experience Professionals' Association. (2012b). *Methods | Usability Body of Knowledge*. Recuperado el 21 de octubre de 2018, de <http://usabilitybok.org/methods>

Vanegas, C. A. (2012). *Desarrollo de aplicaciones sobre Android*. *Revista vínculos*, 9(2), 129-145.

Vera, E. D. D., Vera, V. B. D., Ramírez, A. A., y Barrios, J. A. M. (2016). *Reglas de calidad para la codificación estandarizada en Lenguaje C: una propuesta para la enseñanza a nivel superior*. Recuperado el 27 de enero de 2019, de <http://eprints.uanl.mx/9199/1/Reglas.pdf>

Vílchez, R. C., y Nakamura, S. D. (2008). *Usabilidad de un sistema de recuperación de información a texto completo: el caso del portal Cybertesis Perú*. *ACIMED*, 17(3) Recuperado el 18 de octubre de 2018, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352008000300003

Vique, R. R. (2012). *Métodos para el desarrollo de aplicaciones móviles*. Recuperado el 10 de noviembre de 2018, de [https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_\(Modulo_4\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_(Modulo_4).pdf)

Yeeply. (2013). *Usabilidad en aplicaciones móviles: ¿Qué es y por qué es necesaria?* Recuperado el 22 de abril de 2018, de <https://www.yeeply.com/blog/usabilidad-aplicaciones-moviles>

W3C. (2019). *Standards*. Recuperado el 27 de enero de 2019, de <https://www.w3.org/standards>

ANEXO A. ENTREVISTA CON EXPERTOS

Las preguntas que se muestran a continuación corresponden a las utilizadas en las entrevistas realizadas a los expertos de la Universidad de la Cañada durante la fase de Análisis.

- ¿Qué información es la que se espera obtener después de realizar una colecta?
- ¿Cómo se define qué especies se van a colectar?
- ¿Con qué información de las especies se cuenta antes de una colecta?
- ¿Cómo se elige a las personas que llevan a cabo la recolección?
- ¿Qué condiciones o requisitos deben cumplir las personas recolectoras?
- ¿Se cuenta con un supervisor o encargado de revisar el material recabado?
- ¿En qué lugares se llevan a cabo las colectas?
- ¿Cómo se eligen los lugares en donde se realizan las colectas?
- ¿Los lugares en donde se realizan las colectas cuentan con señal de teléfono?
- ¿Cuáles son las principales limitantes o dificultades que se presentan en la planeación de una colecta?
- ¿Existe un documento en el cual se especifiquen todos los aspectos de la planeación?
- ¿Cuánto dura una colecta?
- ¿Qué herramientas se necesitan para una colecta?
- ¿Cuántas especies se colectan en una salida a campo?
- ¿Cuántos ejemplares por especie se colectan?
- ¿Cómo se tiene la certeza de que el ejemplar recolectado es el de la especie buscada?
- ¿Cómo se identifica un buen ejemplar de uno malo para recolectar?
- ¿Cuáles son las principales limitantes o dificultades que se presentan durante la colecta?
- ¿Qué información se recaba de los ejemplares en las colectas?
- ¿La elaboración de las notas de campo dependen totalmente del conocimiento del recolector?
- ¿Qué ocurre cuando no se logran identificar todas las características de una especie?
- ¿Qué información se recaba del entorno?
- ¿En dónde se concentra la información recabada en el campo? ¿Se digitaliza?
- ¿Qué actividad es la más tardada durante la colecta?
- ¿Cuáles son las consecuencias de realizar una mala colecta?
- ¿Qué criterios se utilizan para determinar si una colecta fue exitosa?
- ¿Considera que se puede estudiar de igual forma una especie en forma digital que física?
¿Por qué?
- ¿Qué desventajas o dificultades cree que se podrían presentar al colectar los ejemplares de forma digital?

ANEXO B. BOCETO DE APLICACIÓN MÓVIL

En la Figura 67 se muestran todas las pantallas que conforman el boceto de la aplicación móvil presentado a los expertos durante el análisis de tareas.



Figura 67. Boceto de la aplicación móvil para la identificación de tareas.

ANEXO C. CONFIGURACIÓN DE LA APLICACIÓN WEB Y MÓVIL CON FIREBASE

En el presente Anexo, se describen los pasos necesarios para configurar y ejecutar las aplicaciones web y móvil utilizando la plataforma Firebase en un entorno de desarrollo local.

1. Descargar aplicaciones web y móvil al directorio local.
 - a. Enlace para descargar la aplicación web: <https://github.com/IrvingMg/Kixonga-Naxo-WebApp>
 - b. Enlace para descargar la aplicación móvil: <https://github.com/IrvingMg/Kixonga-Naxo-MobileApp>
2. Iniciar sesión en Google.
3. Ingresar al sitio web de Firebase y seleccionar “Ir a la consola”.
4. Seleccionar la opción de “Agregar Proyecto”, ingresar el nombre del proyecto, marcar casillas de términos y condiciones, y presionar “Crear proyecto” (véase Figura 68).

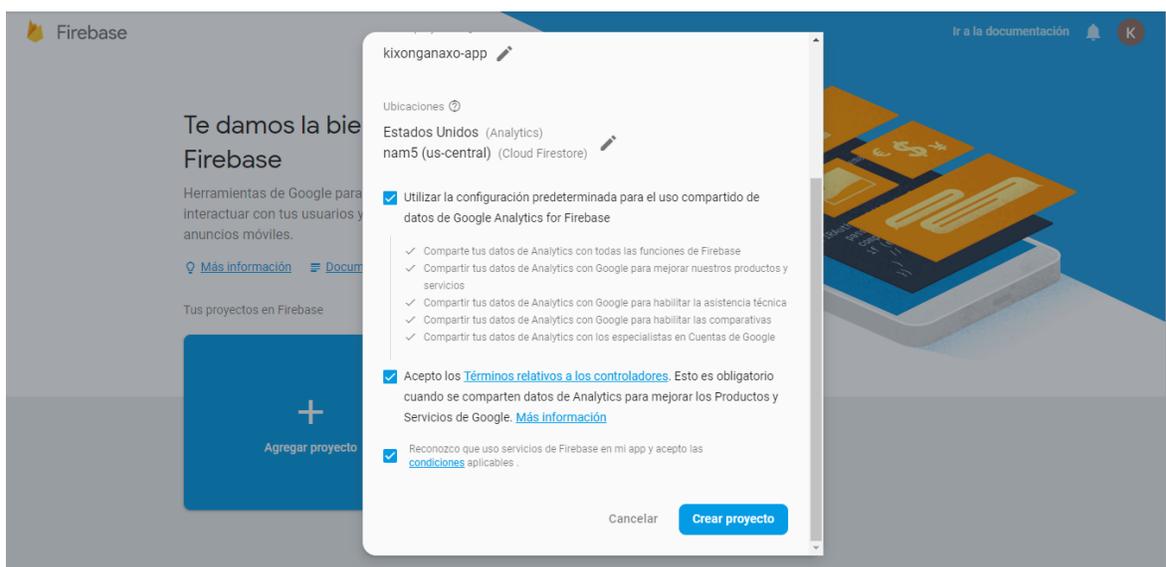
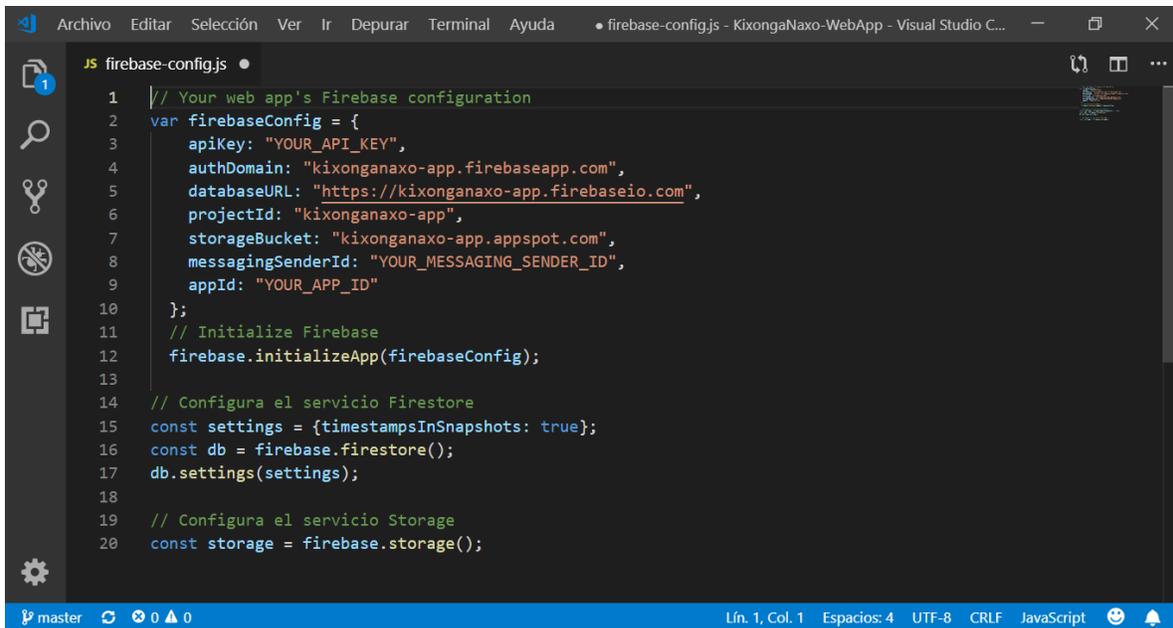


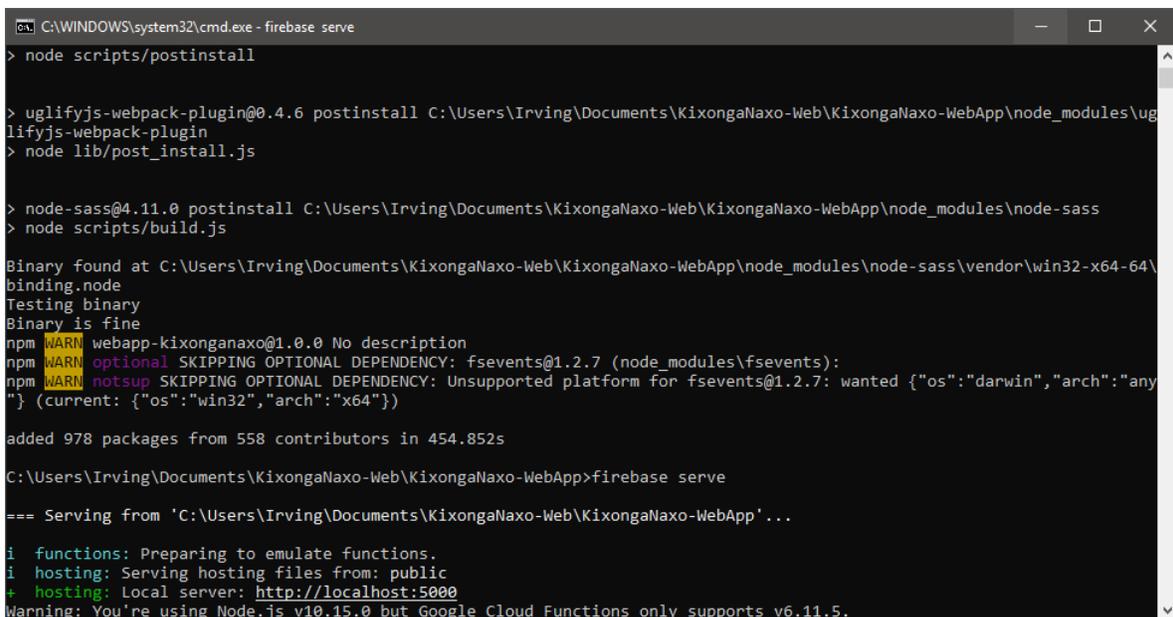
Figura 68. Interfaz para iniciar proyecto con Firebase.

5. Al iniciar la consola de Firebase, seleccionar la opción de agregar una aplicación web.
6. Ingresar un sobrenombre para la aplicación y presionar “Registrar App”.
7. Abrir la aplicación web descargada, ubicarse en la ruta “.../public/resources/scripts” y crear un archivo llamado “firebase-config.js”.
8. En el archivo “firebase-config.js” copiar el contenido del script de configuración e inicialización proporcionado por Firebase y copiar la secuencia de comandos que se muestra en la Figura 69 para configurar el servicio de Firestore y Storage.
9. Utilizando la consola de comando, ubicarse en la raíz del proyecto web e instalar las dependencias del proyecto ejecutando el comando “npm install”.
10. Por último, ejecutar el comando “firebase serve” y la aplicación web iniciará en el entorno de desarrollo local (véase Figura 70).



```
1 // Your web app's Firebase configuration
2 var firebaseConfig = {
3   apiKey: "YOUR_API_KEY",
4   authDomain: "kixonganaxo-app.firebaseio.com",
5   databaseURL: "https://kixonganaxo-app.firebaseio.com",
6   projectId: "kixonganaxo-app",
7   storageBucket: "kixonganaxo-app.appspot.com",
8   messagingSenderId: "YOUR_MESSAGING_SENDER_ID",
9   appId: "YOUR_APP_ID"
10 };
11 // Initialize Firebase
12 firebase.initializeApp(firebaseConfig);
13
14 // Configura el servicio Firestore
15 const settings = {timestampsInSnapshots: true};
16 const db = firebase.firestore();
17 db.settings(settings);
18
19 // Configura el servicio Storage
20 const storage = firebase.storage();
```

Figura 69. Archivo de configuración de Firebase para la aplicación web.



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - firebase serve
> node scripts/postinstall
> uglifyjs-webpack-plugin@0.4.6 postinstall C:\Users\Irving\Documents\KixongaNaxo-Web\KixongaNaxo-WebApp\node_modules\uglifyjs-webpack-plugin
> node lib/post_install.js
> node-sass@4.11.0 postinstall C:\Users\Irving\Documents\KixongaNaxo-Web\KixongaNaxo-WebApp\node_modules\node-sass
> node scripts/build.js
Binary found at C:\Users\Irving\Documents\KixongaNaxo-Web\KixongaNaxo-WebApp\node_modules\node-sass\vendor\win32-x64-64\binding.node
Testing binary
Binary is fine
npm WARN webapp-kixonganaxo@1.0.0 No description
npm WARN optional SKIPPING OPTIONAL DEPENDENCY: fsevents@1.2.7 (node_modules\fsevents):
npm WARN notsup SKIPPING OPTIONAL DEPENDENCY: Unsupported platform for fsevents@1.2.7: wanted {"os":"darwin","arch":"any"} (current: {"os":"win32","arch":"x64"})
added 978 packages from 558 contributors in 454.852s
C:\Users\Irving\Documents\KixongaNaxo-Web\KixongaNaxo-WebApp>firebase serve
=== Serving from 'C:\Users\Irving\Documents\KixongaNaxo-Web\KixongaNaxo-WebApp'...
i functions: Preparing to emulate functions.
i hosting: Serving hosting files from: public
+ hosting: Local server: http://localhost:5000
Warning: You're using Node.js v10.15.0 but Google Cloud Functions only supports v6.11.5.
```

Figura 70. Ejecución de la aplicación web con Firebase en el entorno local de desarrollo.

11. Para ejecutar la aplicación móvil, ir a la consola de Firebase y seleccionar la opción de agregar app para Android.
12. Ingresar el nombre del paquete de Android “com.example.kixonganaxo” y presionar “Registrar App”.
13. Abrir el proyecto con Android Studio y seguir las instrucciones proporcionadas por Firebase.
14. Luego de seguir las instrucciones de firebase se mostrará una pantalla como la de la Figura 71 y, ambas aplicaciones, tanto web como móvil estarán funcionando con Firebase.

15. Para ver más información sobre Firebase, se puede consultar la documentación oficial de la plataforma desde el siguiente enlace: <https://firebase.google.com/docs>

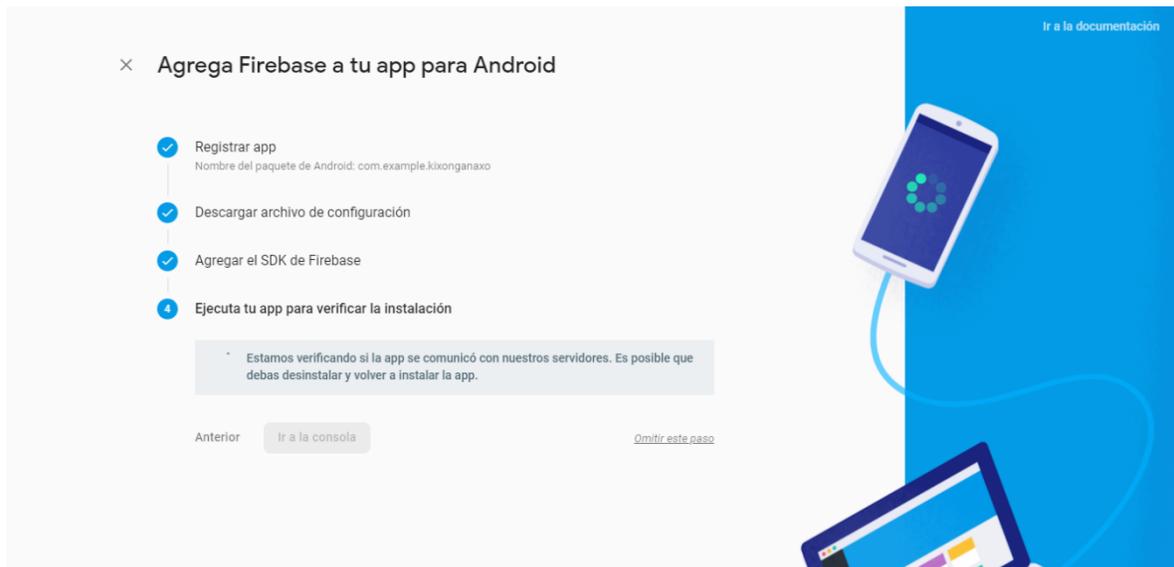


Figura 71. Interfaz de registro de la aplicación móvil en Firebase.

ANEXO D. CASOS DE PRUEBA PARA LA APLICACIÓN WEB Y MÓVIL

Las tablas que se presentan a continuación como parte del Anexo D, indican los casos de prueba restantes ejecutados para evaluar la correcta funcionalidad de las aplicaciones web y móvil.

APLICACIÓN WEB

En las siguientes tablas (véase de la Tabla 88 a la Tabla 93) se indican los casos de prueba relacionados a los requisitos funcionales que cubren aspectos de la aplicación web.

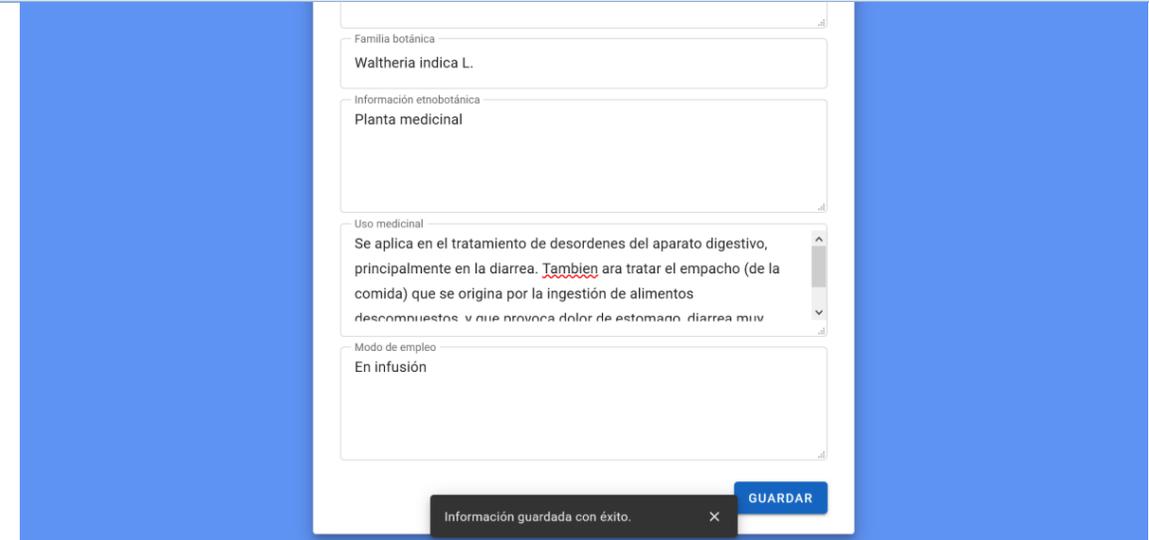
ID de Prueba	TAW-2
Requisitos relacionados	RF-2
Objetivo	Editar la lista de material de campo precargada en el sistema.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciar la planeación de una colecta (Caso de prueba TAW-1).
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eliminar dos elementos de la lista de material precargada. 2. Agregar un nuevo elemento a la lista. 3. Presionar el botón “Guardar”.
Resultados esperados	El sistema deberá mostrar un mensaje de guardado exitoso.
Resultados actuales	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 88. Caso de prueba para la aplicación web No.2.

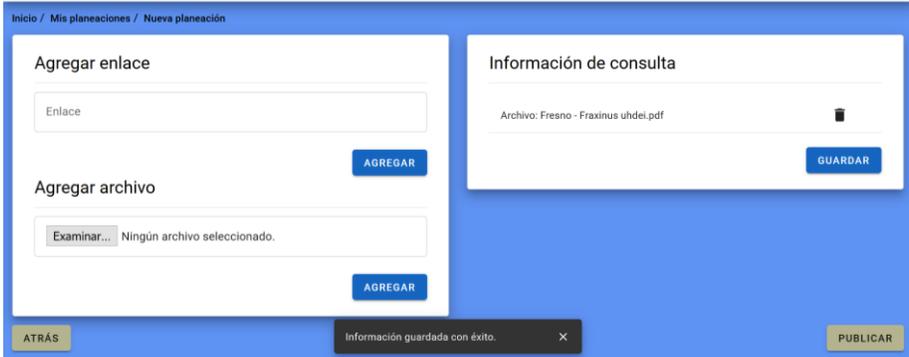
ID de Prueba	TAW-3
Requisitos relacionados	RF-3
Objetivo	Subir al servidor del sistema, archivos que sirvan como información de consulta para los colectores.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciar la planeación de una colecta (Caso de prueba TAW-1 y TAW-2).
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agregar un archivo a la Información de consulta. 2. Presionar el botón “Guardar”.
Resultados esperados	El sistema deberá mostrar un mensaje de guardado exitoso.
Resultados actuales	
	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 89. Caso de prueba para la aplicación web No.3.

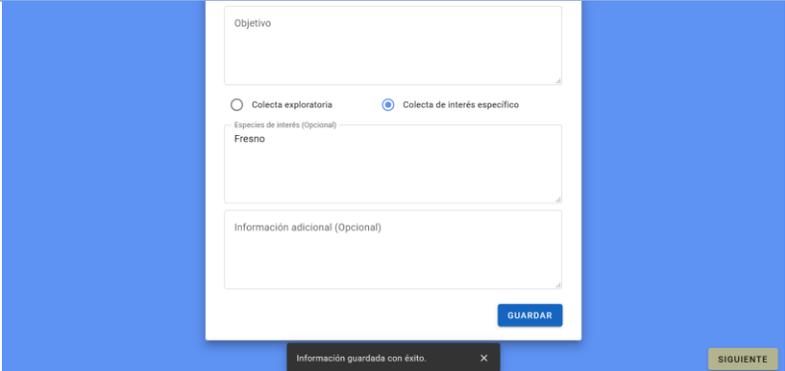
ID de Prueba	TAW-5
Requisitos relacionados	RF-6, RF-22
Objetivo	Editar información de la planeación de una colecta.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • Registrarse en el sistema y/o iniciar sesión. • Contar con al menos una planeación de colecta.
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ir a la sección “Mis planeaciones”. 2. Seleccionar una colecta. 3. Modificar el título de la planeación. 4. Presionar el botón “Guardar”.
Resultados esperados	El sistema deberá mostrar un mensaje de guardado exitoso.
Resultados actuales	
	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 90. Caso de prueba para la aplicación web No.5.

ID de Prueba	TAW-6
Requisitos relacionados	RF-7, RF-23
Objetivo	Eliminar una planeación de colecta.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • Registrarse en el sistema y/o iniciar sesión. • Contar con al menos una planeación de colecta.
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ir a la sección “Mis planeaciones”. 2. Presionar el botón “Eliminar” de alguna colecta. 3. Confirmar la eliminación de la planeación presionando el botón “Aceptar” en el cuadro de diálogo.
Resultados esperados	El sistema deberá mostrar un mensaje de operación exitosa.
Resultados actuales	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 91. Caso de prueba para la aplicación web No.6.

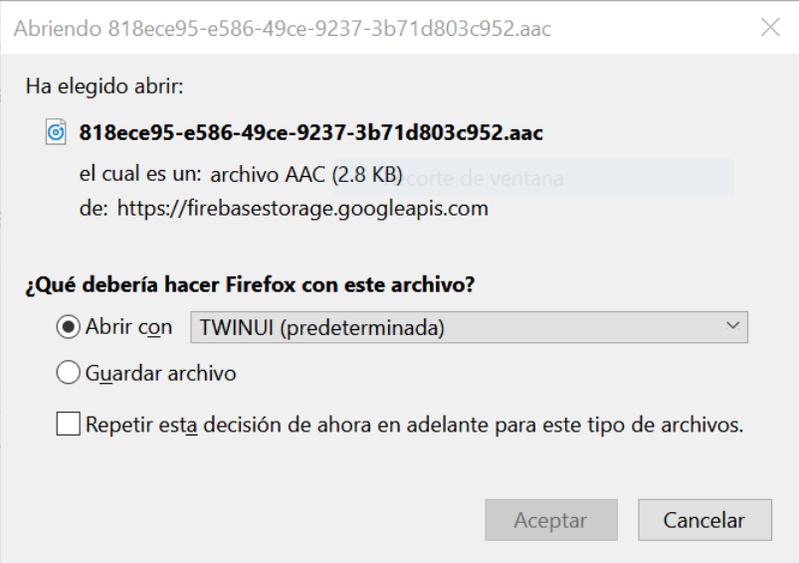
ID de Prueba	TAW-7
Requisitos relacionados	RF-25
Objetivo	Reproducir las notas de campo guardadas por un colector.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • Registrarse en el sistema y/o iniciar sesión. • Participar en al menos una colecta de plantas utilizando la aplicación móvil. • Registrar al menos una planta durante la colecta, utilizando la grabación de audio como notas de campo.
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ir a la sección “Mis etiquetas”. 2. Seleccionar una colecta. 3. Seleccionar un ejemplar recolectado. 4. Presionar el botón para descargar una nota de campo.
Resultados esperados	El sistema deberá descargar un archivo de audio en formato “.aac”.
Resultados actuales	
	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 92. Caso de prueba para la aplicación web No.7.

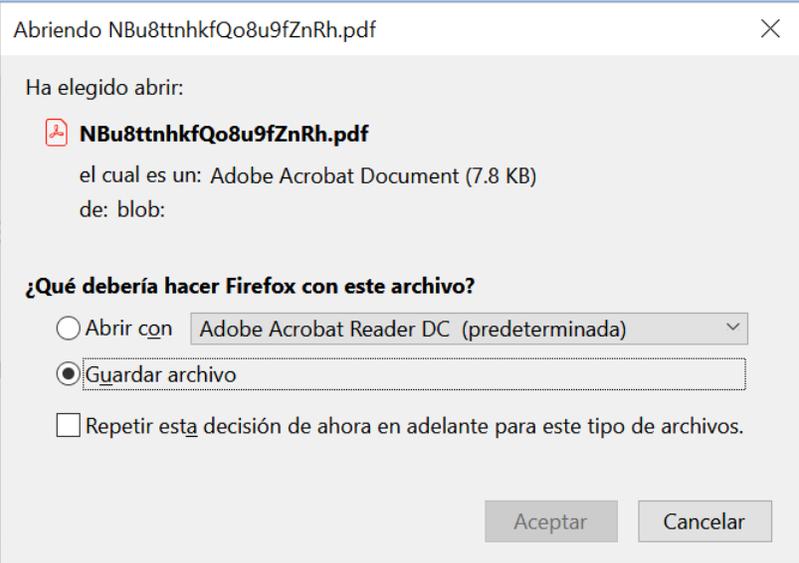
ID de Prueba	TAW-9
Requisitos relacionados	RF-28
Objetivo	Descargar una etiqueta de herbario para imprimir.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> Elaborar al menos una etiqueta de herbario (Caso de prueba TAW-8).
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> Ir a la sección "Inicio". Seleccionar una colecta. Ir a la subsección "Etiquetas". Seleccionar el nombre de un colector. Presionar el botón para descargar etiqueta.
Resultados esperados	El sistema deberá descargar un archivo de texto en formato ".pdf".
Resultados actuales	
	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 93. Caso de prueba para la aplicación web No.9.

APLICACIÓN MÓVIL

Para la evaluación de la funcionalidad de la aplicación móvil, se diseñaron los siguientes casos de prueba (véase de la Tabla 94 a la Tabla 101).

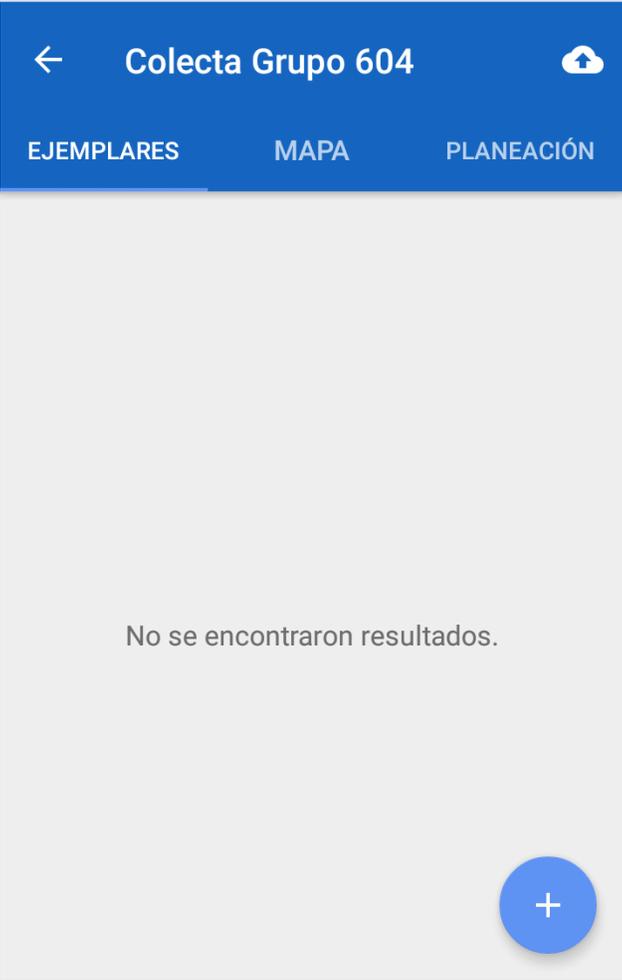
ID de Prueba	TAM-1
Requisitos relacionados	RF-5
Objetivo	Registrar a un usuario como participante de alguna colecta.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • Registrarse en el sistema y/o iniciar sesión. • Contar con al menos una planeación de colecta pública elaborada por cualquier usuario.
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar una colecta. 2. Presionar el botón para registrar participante. 3. Confirmar la participación del usuario presionando “Aceptar” en el cuadro de diálogo.
Resultados esperados	La aplicación cambiará el botón para registrar participante por el botón para subir información al servidor.
Resultados actuales	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 94. Caso de prueba para la aplicación móvil No.1.

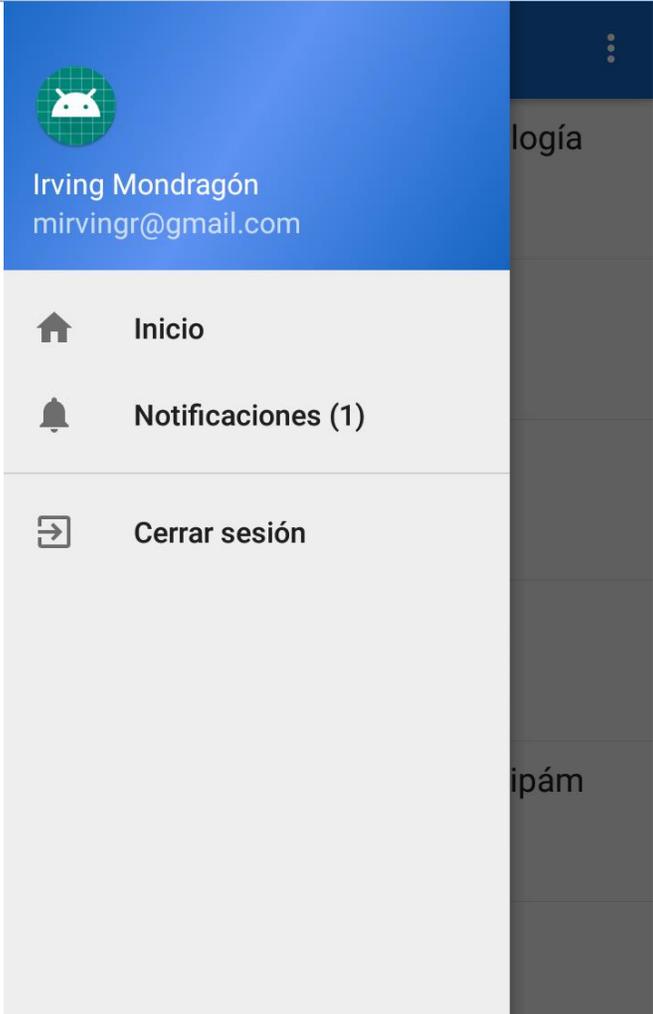
ID de Prueba	TAM-2
Requisitos relacionados	RF-8
Objetivo	Notificar a un usuario que alguna colecta en la que se registró está próxima a realizarse.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • Registrarse como participante en una colecta (Caso de prueba TAM-1).
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar una colecta. 2. Presionar el botón para habilitar notificaciones. 3. Configurar la notificación. 4. Presionar el botón “Aceptar”.
Resultados esperados	El menú principal de la aplicación indicará que existe una notificación.
Resultados actuales	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 95. Caso de prueba para la aplicación móvil No.2.

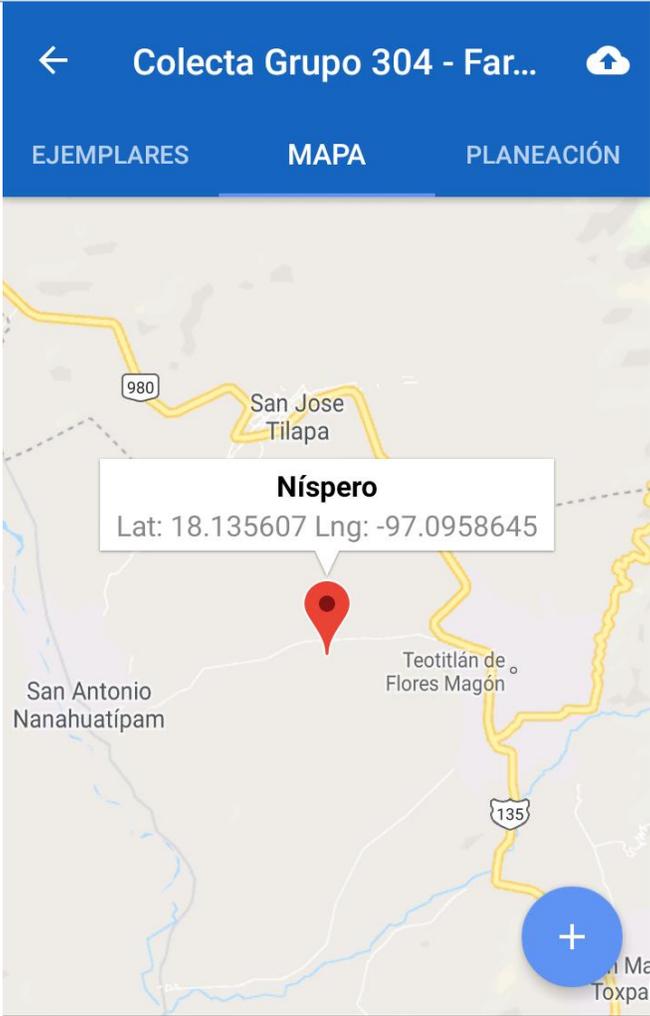
ID de Prueba	TAM-3
Requisitos relacionados	RF-9, RF-15
Objetivo	Mostrar el historial de ejemplares registrados en un sitio de colecta.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> Registrar al menos una planta en el lugar de colecta.
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> Seleccionar una colecta. Ir a la pestaña "Mapa".
Resultados esperados	La aplicación indicará a través de marcadores en el mapa interactivo, los puntos con nombre y coordenadas en donde fueron registrados los ejemplares colectados anteriormente.
Resultados actuales	
	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 96. Caso de prueba para la aplicación móvil No.3.

ID de Prueba	TAM-4
Requisitos relacionados	RF-10
Objetivo	Obtener la ubicación exacta de un punto con el GPS incluido en el dispositivo móvil.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • Registrarse como participante en una colecta (Caso de prueba TAM-1). • Activar la función de geolocalización en el dispositivo móvil. • Contar con conexión a internet.
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar una colecta. 2. Presionar el botón para registrar ejemplares. 3. Presionar el botón "GPS".
Resultados esperados	La aplicación deberá rellenar automáticamente los campos "Latitud" y "Longitud" con las coordenadas obtenidas del GPS.
Resultados actuales	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 97. Caso de prueba para la aplicación móvil No.4.

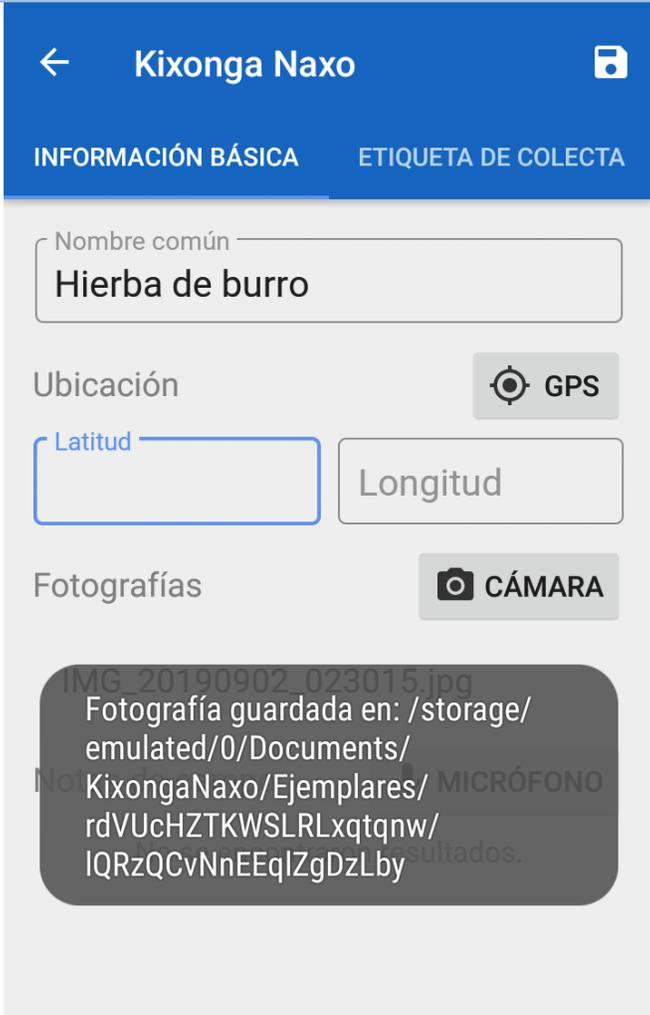
ID de Prueba	TAM-7
Requisitos relacionados	RF-13
Objetivo	Tomar fotografías durante el registro de un ejemplar.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • Registrarse como participante en una colecta (Caso de prueba TAM-1).
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar una colecta. 2. Presionar el botón para registrar ejemplares. 3. Presionar el botón “Cámara”. 4. Tomar fotografía.
Resultados esperados	La aplicación deberá mostrar un mensaje con la ubicación en memoria de la fotografía.
Resultados actuales	
	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 98. Caso de prueba para la aplicación móvil No.7.

ID de Prueba	TAM-8
Requisitos relacionados	RF-14
Objetivo	Grabar audios como notas de campo durante el registro de un ejemplar.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> Registrarse como participante en una colecta (Caso de prueba TAM-1).
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> Seleccionar una colecta. Presionar el botón para registrar ejemplares. Presionar el botón “Micrófono”. Al finalizar la grabación, presionar el botón “Detener”.
Resultados esperados	La aplicación deberá mostrar un mensaje con la ubicación en memoria del archivo de audio.
Resultados actuales	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 99. Caso de prueba para la aplicación móvil No.8.

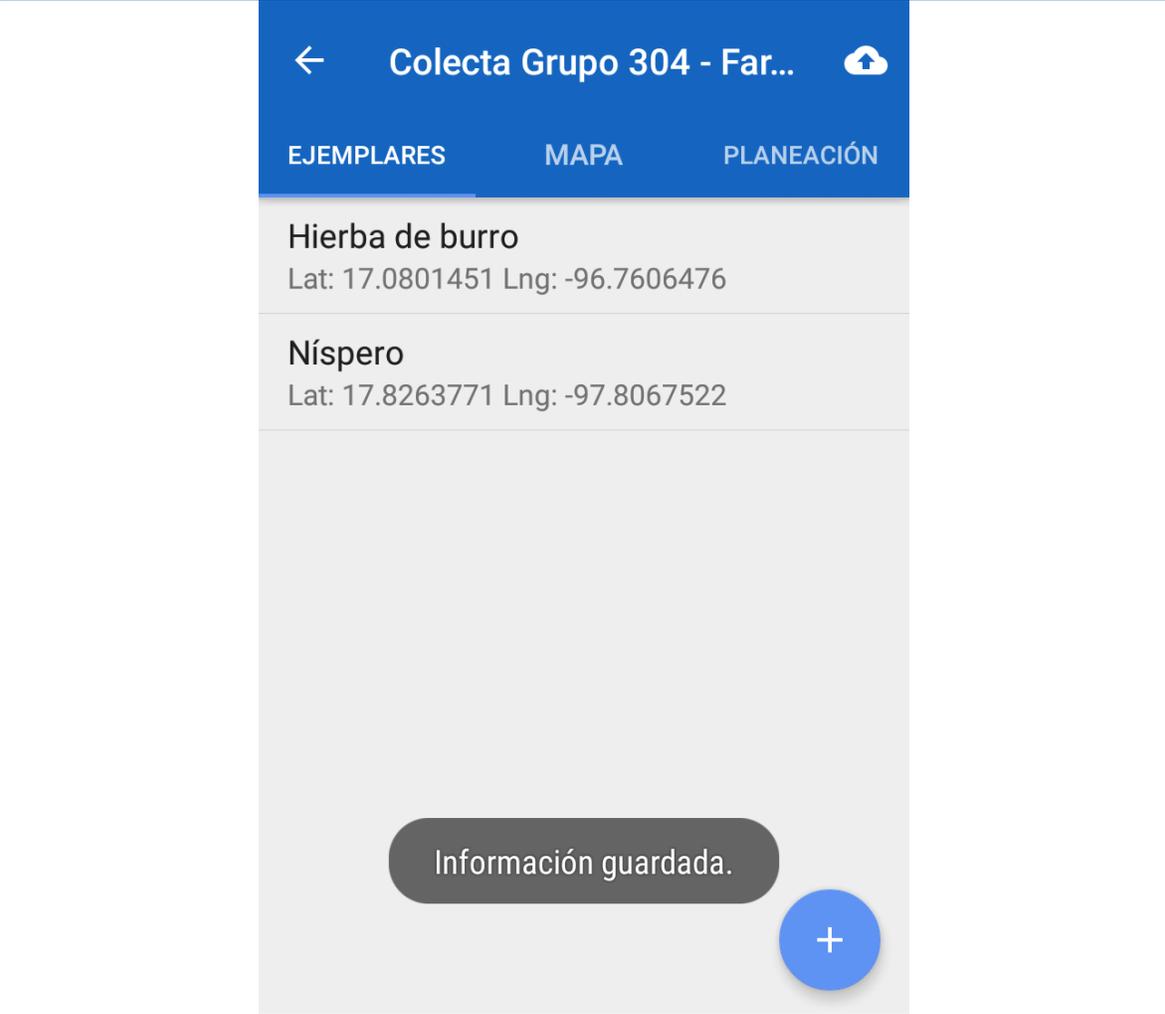
ID de Prueba	TAM-9
Requisitos relacionados	RF-16, RF-19
Objetivo	Editar la información de un ejemplar registrado.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> Registrar al menos un ejemplar (Caso de prueba TAM-6).
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar una colecta. 2. Ir a la subsección “Ejemplares”. 3. Seleccionar un ejemplar. 4. Modificar algún campo del formulario. 5. Presionar el botón para guardar.
Resultados esperados	La aplicación deberá mostrar un mensaje de guardado exitoso.
Resultados actuales	
	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 100. Caso de prueba para la aplicación móvil No.9.

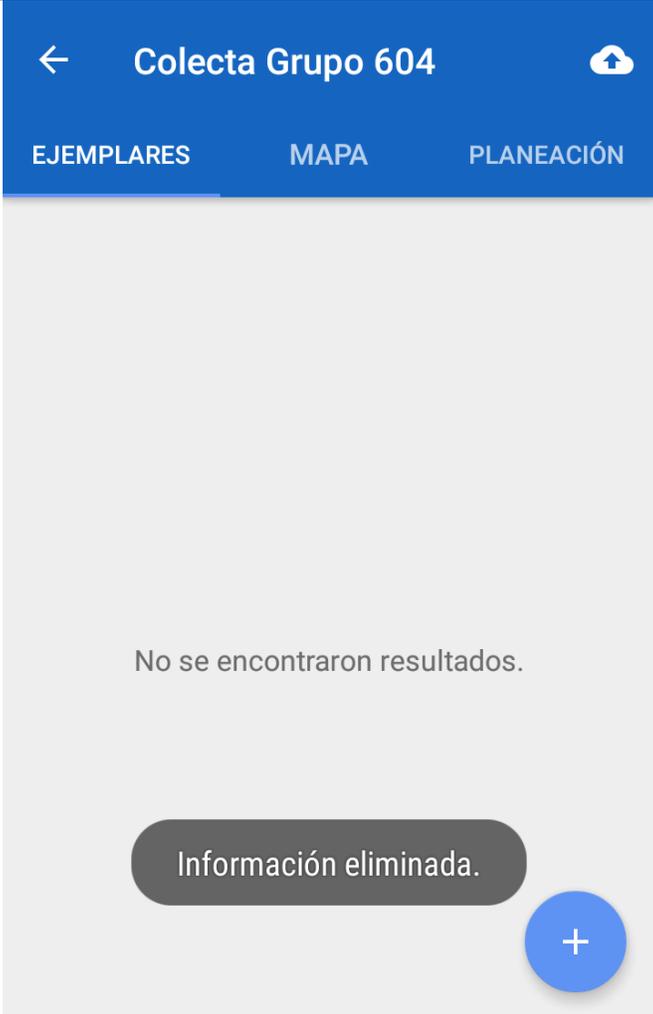
ID de Prueba	TAM-10
Requisitos relacionados	RF-17, RF-20
Objetivo	Eliminar la información de un ejemplar registrado.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> Registrar al menos un ejemplar (Caso de prueba TAM-6).
Descripción de la prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar una colecta. 2. Ir a la subsección “Ejemplares”. 3. Mantener presionado el ejemplar a eliminar. 4. Presionar la opción “Eliminar”.
Resultados esperados	La aplicación deberá mostrar un mensaje de operación exitosa.
Resultados actuales	
Prueba exitosa	Sí

Tabla 101. Caso de prueba para la aplicación móvil No.10.

ANEXO E. EVALUACIÓN HEURÍSTICA

La siguiente lista, muestra todas las heurísticas y subheurísticas utilizadas en la evaluación de los prototipos de la aplicación web y móvil. Para la evaluación heurística del prototipo móvil, se agregaron las subheurísticas que se encuentran marcadas en *cursiva*.

Visibilidad del estado del sistema

1. ¿Cada pantalla comienza con un título o encabezado que describe el contenido de la pantalla?
2. Cuando se selecciona un botón particular rodeado por otros botones, ¿se distingue el botón seleccionado claramente?
3. Las opciones del menú, las instrucciones y los mensajes de error ¿aparecen en el mismo lugar de la pantalla?
4. En las pantallas de entrada de datos de varias páginas, ¿cada página está etiquetada para mostrar su relación con las otras?
5. ¿Hay algún tipo de retroalimentación para cada acción?
6. ¿Hay retroalimentación visual en menús sobre qué opciones se pueden seleccionar?
7. ¿Hay retroalimentación visual en menús sobre la opción en la que está posicionado el cursor actualmente?
8. Si múltiples opciones pueden ser seleccionadas en un menú, ¿hay retroalimentación visual sobre qué opciones ya han sido seleccionadas?
9. ¿Está claramente indicado el estado actual de un botón?
10. ¿El sistema provee visibilidad? Es decir, ¿el usuario puede expresar verbalmente cuál es el estado del sistema y qué alternativas de acción posee en un determinado momento?
11. Si los usuarios deben navegar entre varias pantallas, ¿el sistema utiliza etiquetas conceptuales, mapas de menú y coloca marcadores como modo de ayuda para la navegación?
12. *¿Todos los elementos de una lista están ordenados de tal forma que coincida con las necesidades de la tarea?*
13. *¿Los elementos de una lista pueden ordenarse de acuerdo con diferentes criterios?*
14. *¿Los botones son claramente identificables?*
15. *¿Los menús expandibles son utilizados con moderación?*
16. *¿Se incluye un enlace a la aplicación web en la aplicación móvil?*

Relación entre el sistema y el mundo real

1. ¿Los íconos son concretos y familiares?
2. ¿Las opciones de los menús están ordenadas de la manera más lógica?
3. ¿Aparecen campos relacionados e interdependientes en la misma pantalla?
4. ¿Los nombres de los botones son consistentes con sus acciones?
5. En las pantallas de ingreso de datos, ¿las etiquetas que acompañan a cada campo utilizan terminología familiar para los usuarios?
6. ¿Las opciones de los menús corresponden lógicamente a categorías que tienen significados fáciles de entender?
7. ¿El lenguaje empleado en los botones es familiar con el de los usuarios y evita el lenguaje de la computadora?

8. Si la aplicación utiliza una estructura jerárquica para la navegación, ¿la profundidad y la altura están equilibrados?

Control y libertad del usuario

1. Cuando se completa una tarea de usuario, ¿el sistema espera una confirmación antes de procesarla?
2. ¿Se les pide a los usuarios que confirmen las acciones que tienen consecuencias drásticas y negativas?
3. ¿Existe una función de "deshacer" para una sola acción, una entrada de datos y un grupo completo de acciones?
4. ¿Los usuarios pueden cancelar operaciones en progreso?
5. ¿Los usuarios pueden reducir el tiempo de entrada de datos copiando y modificando datos existentes?
6. ¿Los menús son anchos (muchos elementos) antes que profundos (muchos niveles)?
7. ¿Los usuarios pueden avanzar y retroceder entre los campos de entrada de datos?
8. Si el sistema posee múltiples pantallas para entrada de datos, ¿los usuarios pueden moverse hacia delante o hacia atrás entre las páginas?

Consistencia y estándares

1. ¿El abuso de letras mayúsculas en la pantalla ha sido evitado?
2. ¿Los iconos están etiquetados?
3. ¿Cada ventana posee un título?
4. ¿Es posible utilizar las barras de desplazamiento horizontal y vertical en cada ventana?
5. Si "salir" es la opción de un menú, ¿está opción aparece al final?
6. ¿Se distinguen tipográficamente las etiquetas de campo y los campos?
7. ¿Los nombres de las opciones de los menús son consistentes, tanto dentro de cada menú como en todo el sistema, en estilo gramatical y terminología?
8. ¿Los nombres de los botones poseen el mismo significado en todas las partes del sistema?
9. Si el sistema posee pantallas múltiples para la entrada de datos, ¿tienen estas pantallas el mismo título?
10. Si el sistema posee pantallas múltiples para la entrada de datos, ¿las correspondientes pantallas están numeradas de manera secuencial?
11. ¿Se evitan restricciones para cambiar la orientación de pantalla?

Prevención de errores

1. Los botones que pueden provocar las consecuencias más drásticas o negativas ¿se encuentran ubicados en posiciones difíciles de alcanzar?
2. ¿El sistema previene a los usuarios de cometer errores siempre que esto sea posible?
3. ¿Las pantallas para entrada de datos indican la cantidad de espacios de caracteres disponibles en un campo?
4. Los campos en las pantallas de entradas de datos, ¿contienen valores por defecto cuando corresponde?
5. ¿Los elementos que se pueden tocar/presionar son suficientemente grandes?
6. ¿Se evita el amontonamiento de elementos que se pueden tocar/presionar?

7. Cuando se enlistan varios elementos, uno encima de otro, ¿pueden los usuarios presionar en cualquier lugar de la fila para seleccionar el elemento?
8. Cuando se debe iniciar sesión, ¿hay alguna opción que permita al usuario ver la contraseña claramente?

Reconocimiento en lugar de recordar

1. ¿Las etiquetas con más de una palabra están posicionadas de manera horizontal?
2. ¿Las indicaciones, las señales y los mensajes están colocados donde es probable que el ojo vea en la pantalla?
3. ¿Se han formateado las indicaciones utilizando espacios en blanco, justificación y señales visuales para escanear fácilmente?
4. ¿Se usa el espacio en blanco para crear simetría y guiar al ojo del usuario en la dirección apropiada?
5. ¿Se han agrupado los elementos del sistema en zonas lógicas?
6. ¿Las zonas han sido separadas por espacios, líneas, color, letras, títulos resaltados, líneas de separación o áreas sombreadas?
7. ¿Las etiquetas de los campos están cercanas a los mismos, pero separadas de éstos por al menos un espacio en blanco?
8. ¿Los campos de entrada de datos que son opcionales están claramente marcados?
9. ¿El tamaño, el subrayado, el color, el sombreado o la tipografía se utilizan para mostrar la importancia de diferentes elementos de la pantalla?
10. ¿Se usan los bordes para identificar grupos significativos?
11. En las pantallas de entrada de datos, ¿los campos dependientes se muestran sólo cuando es necesario?
12. ¿El flujo de tareas de la aplicación comienza con acciones esenciales para comenzar la tarea principal lo antes posible?
13. ¿Existe una ruta de navegación en sitios con una estructura de navegación profunda Y, ¿se evita en sitios con estructuras de navegación poco profundas?

Flexibilidad y eficiencia de uso

1. Para las pantallas de entrada de datos con muchos campos, ¿pueden los usuarios guardar una pantalla parcialmente llena?
2. En las pantallas de entrada de datos ¿los usuarios pueden utilizar atajos de teclado?
3. En los menús ¿los usuarios pueden utilizar atajos de teclado?
4. ¿Es fácil acceder al cuadro de búsqueda?
5. ¿El cuadro de búsqueda es reconocible fácilmente?

Estética y diseño minimalista

1. ¿Solo se muestra la información esencial para tomar decisiones en la pantalla?
2. ¿Los íconos son visualmente distinguibles y distintos conceptualmente?
3. ¿Se distingue cada icono de su fondo?
4. ¿Cada pantalla de entrada de datos incluye un título simple, corto, claro y distintivo?
5. ¿Las etiquetas de los campos son breves, familiares y descriptivas?
6. ¿Las indicaciones se expresan de manera afirmativa?

7. *¿Se utiliza toda la superficie de la pantalla para colocar la información de manera eficiente (especialmente para ventanas emergentes y modales)?*

Ayuda a los usuarios para reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores

1. ¿Los mensajes de error evitan el uso de signos de admiración?
2. Si se detecta un error en un campo de entrada de datos, ¿el sistema posiciona el cursor en ese campo o lo resalta de alguna manera?
3. ¿Los mensajes de error informan al usuario sobre la severidad del error cometido?
4. ¿Los mensajes de error sugieren la causa del problema que los ha ocasionado?
5. ¿Los mensajes de error indican qué acción debe realizar el usuario para corregir el error correspondiente?

Ayuda y documentación

1. ¿El sistema provee información de ayuda?
2. *¿Está el diseño enfocado en una sola característica a la vez? (Solo las instrucciones que son necesarias para que el usuario pueda comenzar deben presentarse paso por paso).*

ANEXO F. *SYSTEM USABILITY SCALE (SUS)*

El cuestionario que se presenta a continuación muestra las preguntas estándares utilizadas para la evaluación subjetiva de la usabilidad en el cuestionario *SUS*.

1. *Creo que usaría este sistema frecuentemente.*

Totalmente en desacuerdo				Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

2. *Encuentro este sistema innecesariamente complejo.*

Totalmente en desacuerdo				Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

3. *Creo que el sistema fue fácil de usar.*

Totalmente en desacuerdo				Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

4. *Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar este sistema.*

Totalmente en desacuerdo				Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

5. *Las funciones de este sistema están bien integradas.*

Totalmente en desacuerdo				Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

6. *Creo que el sistema es muy inconsistente.*

Totalmente en desacuerdo				Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

7. *Imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar este sistema en forma muy rápida.*

Totalmente en desacuerdo				Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

8. *Encuentro que el sistema es muy difícil de usar.*

Totalmente en desacuerdo				Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

9. *Me siento confiado al usar este sistema.*

Totalmente en desacuerdo				Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

10. *Necesité aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar este sistema.*

Totalmente en desacuerdo				Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5