



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y GESTIÓN

**Desarrollo de un sistema de etiquetación y
manejo de información basado en tecnología RFID
para muestras botánicas**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

BIÓLOGO

Autor:

GUSTAVO FRANCISCO MOREJÓN JARAMILLO

Director:

DANILO ALEJANDRO MINGA OCHOA

CUENCA, ECUADOR

2016

DEDICATORIA

A mi esposa, porque siempre ha estado a mi lado;
Unas veces para ayudarme a poner mis pies sobre la Tierra
y otras veces para soñar juntos.

A mis padres, gracias por apoyarme en ésta carrera y
desde pequeño enseñarme a amar la naturaleza.

A Bertitha y Guido, que fueron como padres para mí,
en momentos en los que me era muy difícil
mantenerme a flote.

AGRADECIMIENTO

A mis profesores, porque gracias ellos aprendí que en la ciencia siempre hay muchas cosas maravillosas que aprender, día a día.

A Paul, Chaca, Vero, Rafaella, Edwin , Danilo y todos quienes me empujaron a iniciar esta aventura en la Facultad de Biología de la Universidad del Azuay, de la cual fui su primer alumno.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1: PROGRAMAS Y EQUIPOS RFID PARA EL MANEJO DEL HERBARIO HA.....	5
1.1. La tecnología RFID y su uso en colecciones biológicas.....	5
1.2. Etiquetación con microchips RFID en muestras botánicas.....	6
1.3. Materiales y Métodos.....	7
1.3.1. Etiquetas.....	7
1.3.2. Lectores.....	9
1.4. Programas.....	10
1.4.1. Base de datos y programas en el servidor.....	10
CAPITULO 2: RFID Y MANEJO DE DATOS.....	12
2.1. Sistema de procesamiento y manejo de datos.....	12
2.1.1. Análisis del aplicativo actual que maneja la base de datos del herbarios.....	12
2.1.3. Importación de datos.....	15
2.2 Operaciones con datos.....	16
2.2.1. Conteo de especímenes por familia.....	16
2.2.2. Búsqueda en la base de datos.....	18
2.2.3. Manejo de imágenes en alta resolución.....	21
2.2.4. Aplicativo para búsqueda por Número.....	24

2.2.5. Aplicativo para búsqueda por Género.....	25
2.2.6. Aplicativo para búsqueda por Familia	25
2.3. RFID frente a otros sistemas en el manejo de Herbarios	26
2.3.1 RFID vs. Código de barras en el manejo de Herbarios.....	26
2.3.2. RFID vs. Código QR en el manejo de Herbarios.....	27
2.3.3. RFID de 125 kHz vs Otras tecnologías RFID en el manejo de herbarios	28
2.3.4. RFID de 125 kHz vs NFC en el manejo de Herbarios.....	28

CAPITULO 3: SISTEMA RFID PARA EL MANEJO DEL HERBARIO HA. 30

3.1. Administración del Sistema RFID para el Herbario HA	30
3.1.2. Ingreso de nuevas muestras en la base de Datos.....	30
3.1.3. Introducción de datos en casilleros de texto simple.....	31
3.1.4 Introducción de datos en casilleros de texto largo	33
3.1.5. Introducción de datos en campos de fecha dinámicos	35
3.2. Asignación de Microchips RFID	36
3.2.1. Utilidad de edición de la base de datos y asignación de microchips RFID en muestras sin asignación.....	36
3.2.2. Procedimiento para agregar microchips RFID en el sistema.....	37
3.2.3. Asignación de un microchip RFID en una muestra nueva.....	38
3.2.4. Pantalla de edición de los datos relacionados al microchip RFID.....	38
3.2.5.Opción de borrar un registro relacionado al microchip RFID	39
3.2.6. Navegación por páginas en el sistema de edición	40
3.2.7. Elegir el número de filas que se despliegan en la pantalla de edición	40
3.2.8. Ordenar los datos en forma ascendente o descendente	41
3.2.9. Exportar los datos de la tabla desde la pantalla de edición	42
3.3. Representatividad geográfica de las colecciones	42

CAPITULO 4: RESULTADOS 44

4.1. Discusión.....	45
4.1.1. Ventajas y desventajas del sistema de manejo del Herbario HA mediante el uso de microchips RFID	46
4.1.2. Interfaz de datos	47

CONCLUSIONES..... 49

BIBLIOGRAFÍA..... 50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tecnología LF en 125 kHz	6
Figura 2 Microchips	8
Figura 3 Lector	9
Figura 4 Pantalla principal de acceso	11
Figura 5 Sistema actual de la base de datos del Herbario HA	15
Figura 6 Importación dentro de MySQL (vía phpMyAdmin)	16
Figura 7 Representación taxonómica por "Familias"	17
Figura 8 Menú de la base de datos	18
Figura 9 Resultado de la lectura del microchip.....	20
Figura 10 Fotografía escalable de alta resolución de la muestra	21
Figura 11 Manejo de la muestra.....	22
Figura 12 Página web de la Universidad de la Florida	23
Figura 13 Imagen de alta resolución	24
Figura 14 Búsqueda por "Número"	24
Figura 15 Búsqueda por "Género"	25
Figura 16 Búsqueda por "Familia"	25
Figura 17 Registro por género de la familia Solanaceae en el Herbario HA.....	26
Figura 18 Ingreso seguro al panel de control administrativo.....	30
Figura 19 Formulario de ingreso de la nueva muestra.....	31
Figura 20 Ingreso de "Muestras Nuevas"	32
Figura 21 Casillero con texto predictivo.....	33
Figura 22 Casillero de texto largo.....	34
Figura 23 Casillero con campo de fecha dinámico	36
Figura 24 Tabla dinámica.....	37
Figura 25 Menú de la tabla dinámica.....	38
Figura 26 Asignación de un microchip	39
Figura 27 Opción de borrar	40
Figura 28 Sistema de navegación por páginas	40
Figura 29 Elegir el número de filas que se despliega en la pantalla de edición.....	41
Figura 30 Vista general de la pantalla con flechas para ordenar los datos	41
Figura 31 Vista general de la pantalla, detalle casilla "Ordenar".....	41

Figura 32 Exportar los datos de la tabla.....	42
Figura 33 Representatividad geográfica de la colección.....	43

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Frecuencias que se utilizan en RFID..... 5

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Diccionario de la Base de Datos 53
ANEXO 2: Muestras etiquetadas con RFID 55

GLOSARIO

AJAX.....	62
JQuery.....	62

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ETIQUETACIÓN Y MANEJO DE INFORMACIÓN BASADO EN TECNOLOGÍA RFID PARA MUESTRAS BOTÁNICAS

RESUMEN

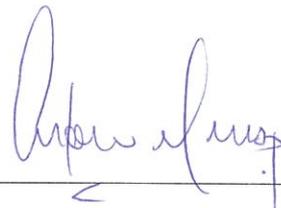
Los sistemas de etiquetación y manejo de colecciones biológicas no han cambiado significativamente en los últimos dos siglos. La tecnología de manejo de la información científica y específicamente el manejo de bases de datos en línea han evolucionado a un punto en el cual presentan nuevas oportunidades tanto para presentarlas a través de Internet como para construir nuevos sistemas de información para taxónomos. Este trabajo implementa por primera vez un sistema de etiquetación de colecciones botánicas basado en microchips RFID, tecnología que no ha sido aplicada a la presente fecha en ningún herbario del Planeta. Adicionalmente, hace uso de nuevas tecnologías de administración de bases de datos en línea, presentación de datos geográficos y transmisión de imágenes en alta resolución a través de Internet con herramientas avanzadas de visualización.

Palabras Clave: RFID, Bases de datos, Biodiversidad, Taxonomía, Colecciones biológicas



Danilo Manuel Minga Ochoa

Director del Trabajo de Titulación



Antonio Manuel Crespo Ampudia

Director de Escuela



Gustavo Francisco Morejón Jaramillo

Autor

**DEVELOPMENT OF A LABELING AND INFORMATION MANAGEMENT
SYSTEM FOR BOTANICAL SAMPLES BASED ON RFID TECHNOLOGY**

ABSTRACT

Labeling systems and management of biological collections have not changed significantly over the past two centuries. Scientific information management technology and specifically the management of online databases have evolved to a point at which new opportunities both for presentation via Internet as well as for building new information systems for taxonomists have emerged. This work implements for the first time, a labeling system of botanical collections based on RFID microchips; technology that has not been applied yet in any herbarium of the planet. Additionally, this research makes use of new web-based database management systems technology, geographic data presentation, and transmission of high-resolution images over the Internet through advanced visualization tools.

Keywords: RFID, Databases, Biodiversity, Taxonomy, Biological Collections



Danilo Manuel Minga Ochoa
Thesis Director



Antonio Manuel Crespo Ampudia
School Director



Gustavo Francisco Morejón Jaramillo
Author



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,

Lic. Lourdes Crespo

Morejón Jaramillo Gustavo Francisco

Trabajo de Titulación

Biol. Danilo Alejandro Minga Ochoa. Msc.

Octubre, 2016

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ETIQUETACIÓN Y MANEJO DE INFORMACIÓN BASADO EN TECNOLOGÍA RFID PARA MUESTRAS BOTÁNICAS

INTRODUCCIÓN

La diversidad de formas de vida en nuestro planeta ha sido siempre una de las mayores incógnitas para la humanidad. Desde que Carl Linnaeus escribió su famosa obra “*Spolia Botánica*” en 1729 la ciencia comenzó una singular exploración que permitiera conocer la dimensión real de la vida en el planeta (1). A nivel global se han descrito alrededor de 1,7 millones de especies de organismos vivos; no obstante, las estimaciones de la biodiversidad de nuestro planeta indican que el número total sería cercano a los 10 millones; es decir, todo nuestro conocimiento y las medidas para la conservación de la biodiversidad que se están generando actualmente, se basan en menos del 20% de lo que realmente existe (2). Un acceso sencillo al conocimiento taxonómico es críticamente importante para todas las ciencias basadas en el conocimiento de la biodiversidad. Actualmente, la información taxonómica está organizada y regulada por un sistema de reglas y convenciones que datan de la era en la que Carl Linnaeus introdujo el sistema binomial (5).

Muchos esfuerzos a nivel global han existido y existen para lograr un mayor acceso a la información taxonómica existente, pero probablemente el más importante nació a partir de la creación de la red BIN 21 bajo el auspicio de la ONU en 1994, lo que posteriormente se convirtió en lo que hoy es GBIF (Global Biodiversity Information Network). Acorde al informe de ésta red internacional correspondiente al año 2015,

existen 1.724.142 registros correspondientes a Ecuador en su base de datos. Curiosamente la gran mayoría de datos registrados en GBIF sobre Ecuador, no provienen de éste país sino de los Estados Unidos con 1,676,287 registros. Le sigue en importancia Dinamarca con 141,077 registros y Suecia con 64,857 registros. Dado que Ecuador no contribuye con bases de datos de biodiversidad al sistema de GBIF, Ecuador no consta en la lista de contribuyentes al conocimiento de la biodiversidad de su territorio, a pesar de que en 1994 Ecuador fue uno de los 10 primeros países en presentar una base de datos de biodiversidad en el encuentro de la red BIN 21 en Brasil.

Existen aproximadamente 3000 herbarios en el Mundo en la actualidad, con aproximadamente 12000 curadores asociados y especialistas en biodiversidad. En conjunto, los herbarios del mundo poseen 350,000,000 de especímenes que documentan la vegetación de la Tierra de los últimos 400 años. (URL (3)). En los últimos años ha existido un enorme interés en llevar los datos de éstas colecciones a bases de datos que permitan el acceso a la información que contienen a una escala global por medio de Internet. Muchos herbarios se encuentran digitalizando sus colecciones y muchos han puesto su información en acceso público. Algunos de éstos herbarios poseen referencias geográficas y prácticamente todos los herbarios poseen el mismo sistema de etiquetación de especímenes en papel escrito o impreso.

Existen muchos problemas asociados el uso de éstas etiquetas, cuyo modelo no ha cambiado de 1729. Uno de ellos es la duración de las etiquetas, puesto que la mayoría de tintas tiene un tiempo de vida definido. Aún si estas etiquetas tuvieran una vida indefinida, existe el problema de la limitada cantidad de información que es posible incluir en la etiqueta. Si la etiqueta es muy grande, compite por espacio con la muestra y si es muy pequeña, puede contener muy poca información. Sería ideal el contar con una etiqueta que ocupara un espacio muy reducido y sin embargo, pueda contener muchísima información.

Esto permitiría utilizar de una manera más eficiente la información contenido en las etiquetas en estudios posteriores. Para solucionar dicho problema, las colecciones biológicas tienen diversas formas de enlazar la información impresa o escrita con información más detallada que pueda servir para futuras investigaciones. Acorde a

un estudio llevado a cabo por Integrated Digitized Biocollections (iDigBio) y The National Resource for Advancing Digitization of Biodiversity Collections (ADBC) con financiamiento de la National Science Foundation de los Estados Unidos, aproximadamente el 60% de éstos esfuerzos se limitan al uso de códigos de barras o sistemas similares (URL: 1). Otras instituciones utilizan códigos Aztec o simplemente códigos numéricos. El problema, nuevamente, es que todos estos códigos son impresos y pueden perderse con el tiempo.

Afortunadamente muchos herbarios han comenzado a digitalizar sus muestras y gracias a ello podemos contar con imágenes que contienen la información de las etiquetas, con lo cual, de perderse las etiquetas o desvanecerse la tinta, tendremos un respaldo. Pero con la tecnología actual, caracterizada por el abundante uso de bases de datos y almacenamiento electrónico de información, debe existir una metodología que supere la fragilidad de las etiquetas impresas y al mismo tiempo sea más eficiente en el almacenamiento de datos.

Esta tesis trata fundamentalmente de eso: la creación de un sistema basado en tecnología actual, capaz de superar las limitaciones de los sistemas actuales de etiquetado botánico (y de muestras biológicas en general), utilizando metodologías más eficientes de almacenamiento y presentación de la información enlazada a los especímenes almacenados en éstas colecciones. Dicho esto los principales objetivos de ésta tesis son:

- 1.** Proveer de una alternativa de etiquetación botánica para herbarios efectiva que saque mayor provecho de las tecnologías actuales, mediante el uso de identificación por radiofrecuencia (RFID).
- 2.** Adaptar la base de datos actual del Herbario Azuay para poder ser utilizada con las etiquetas RFID, mediante la clonación y modificación de la misma, utilizando únicamente los datos correspondientes a la Flora del Parque Nacional Cajas, como prototipo.
- 3.** Sobre esta base de datos, crear un sistema de manejo de información que permita realizar diversas búsquedas utilizando herramientas actuales de mapeo en línea,

gráficos estadísticos y despliegue de imágenes escaneadas de las muestras en alta resolución con fines taxonómicos. Como resultado de estas acciones, se obtuvo un prototipo de manejo de herbarios basado en RFID que aplique tecnologías actuales de presentación y análisis de la información que sean de mayor utilidad para quienes utilizan esta información con fines de investigación.

CAPITULO 1

PROGRAMAS Y EQUIPOS RFID PARA EL MANEJO DEL HERBARIO

HA

1.1. La tecnología RFID y su uso en colecciones biológicas

La tecnología RFID consiste en el uso de microchips que contienen básicamente una antena, una unidad de almacenamiento y una batería sin carga. Esta tesis no pretende profundizar en los aspectos tecnológicos de RFID, sino en su aplicación en colecciones biológicas. Para ello, basta con comprender el funcionamiento general de éstos microchips. Cuando un lector de RFID emite una señal en una frecuencia determinada y encuentra a una etiqueta que funciona en la misma frecuencia, las celdas de energía de la etiqueta se cargan de suficiente energía como para transmitir la información contenida dentro de la etiqueta. Existen varias frecuencias que se utilizan en RFID, pero las principales son:

Tabla 1 Frecuencias que se utilizan en RFID

Baja Frecuencia	Low Frequency (LF)	125 kHz y 134.2 kHz
Alta Frecuencia	High Frequency (HF)	13.56 MHz
Ultra Alta Frecuencia	Ultra High Frequency (UHF)	820 – 960 MHz

Dado que nuestro objetivo es la marcación individual de los especímenes en una colección, debemos elegir una tecnología que permita leer individualmente cada espécimen en lugar de realizar lecturas por lotes (como se hace en sistemas de inventarios de bodegas, por ejemplo). Es por ello que de las tecnologías mencionadas, las más adecuadas serían LF y HF. Entre estas dos tecnologías, debido básicamente a la disponibilidad de etiquetas, he seleccionado la tecnología LF en 125 kHz.

Acorde a un estudio realizado por iDigBio, apenas un 4.2% de las colecciones biológicas en la actualidad conoce o ha pensado utilizar ésta tecnología en sus muestras URL (1). Donde mayor esfuerzo se ha puesto, ha sido en las colecciones

entomológicas, donde incluso hubo un intento por comercializar alfileres entomológicos que contenían un microchip RFID, denominado p-Chip (7). Sin embargo, ésta iniciativa no progresó por una muy sencilla razón: el cambiar los alfileres de una colección entomológica no solo que pone en riesgo a los especímenes en sí, sino que constituye un esfuerzo demasiado grande y costoso como para ser sumido en grandes colecciones (e incluso, en colecciones menores).

Contrario a la experiencia del p-Chip, en el caso de colecciones botánicas, existe la posibilidad de simplemente adicionar una etiqueta RFID a las muestras, siempre y cuando ésta sea lo suficientemente pequeña como para no interferir con las muestras. Afortunadamente, las muestras botánicas, al contrario de las muestras entomológicas, cuentan con amplio espacio para ello.

1.2. Etiquetación con microchips RFID en muestras botánicas

No existen experiencias previas en el uso de microchips RFID de 125 kHz para etiquetar muestras botánicas. Esta constituye la primera experiencia de éste tipo a nivel Global. El objetivo de ésta experiencia es el poner a prueba la tecnología RFID en una muestra biológica por primera vez en un herbario, construyendo un prototipo básico de su funcionamiento sobre la base de datos del Herbario Azuay.

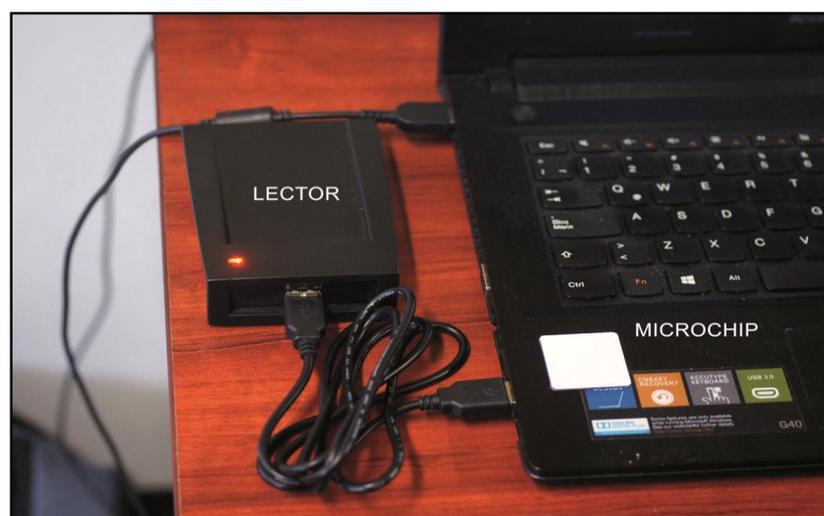


Figura 1 Tecnología LF en 125 kHz

1.3. Materiales y Métodos

1.3.1. Etiquetas

Para el etiquetado de las muestras botánicas se ha elegido, como mencioné anteriormente, etiquetas RFID de 125 kHz. Estas etiquetas tienen una dimensión de 3 cm x 3 cm, por lo cual no ocupan un espacio considerable de la muestra. Luego de varias discusiones sobre la localización de las etiquetas y tomando en cuenta el hecho de que las etiquetas RFID “no necesitan ser vistas para ser leídas”, se decidió que lo más práctico era el colocar la etiqueta RFID en la parte anterior de la muestra; es decir, la zona opuesta al lugar donde se encuentra la planta.

En una situación ideal, esto liberaría todo el espacio de la cara posterior de la muestra, dejando todo el espacio disponible para la planta, que es lo más importante. Sin embargo, es necesario el contar con etiquetas impresas que puedan ser leídas sin necesidad de ningún medio electrónico. Una duda razonable es el ¿Porqué entonces no se coloca la etiqueta impresa en la parte anterior de la muestra? Las razones para ello son el que es necesario contar con la información mientras se ve la muestra, por un lado, y el hecho de que la etiqueta se borra más rápido si se encuentra en la cara anterior, por estar más sujeta al roce con otros objetos.

Estos dos factores no están presentes en el uso de etiquetas RFID, debido a que una vez leída la etiqueta se cuenta con toda la información en la pantalla de la computadora o del lector RFID; y el hecho de que, al no ser impresa, la etiqueta no tiene ninguno de los problemas asociados a la impresión sobre papel y su fragilidad frente al manejo físico. De hecho, las etiquetas seleccionadas tienen las siguientes características asociadas a la resistencia a factores externos:

- Resistencia al agua y humedad
- Resistencia a golpes y ralladuras
- Posee un aislante magnético que permite su lectura incluso en presencia de metales
- Resistencia a ácidos orgánicos e inorgánicos
- Resistencia a temperaturas entre -20 °C y 50 °C.

En pruebas realizadas antes de aplicar las etiquetas a las muestras, se sumergieron varias etiquetas por una semana en una gaseosa. Luego de éste período de tiempo, se sacaron las etiquetas del recipiente con gaseosa y se trató de leer el microchip. La lectura fue perfecta y sin dificultad. Esta prueba demuestra la resistencia de la etiqueta a agentes químicos y la humedad. La resistencia de la etiqueta a factores químicos y biológicos es muy importante, debido a que en algunas ocasiones pueden presentarse plagas importantes en las colecciones botánicas como coleópteros de la familia Anobiidae, termitas, isópodos, etc., o más frecuentemente mohos y hongos (8). Cuando se fumigan los herbarios o se someten a tratamientos químicos, éstos tratamientos pueden alterar e incluso eliminar el contenido de las etiquetas (cuando los mohos no lo han hecho antes). Por ello, la resistencia de las etiquetas en éste caso es sumamente importante.

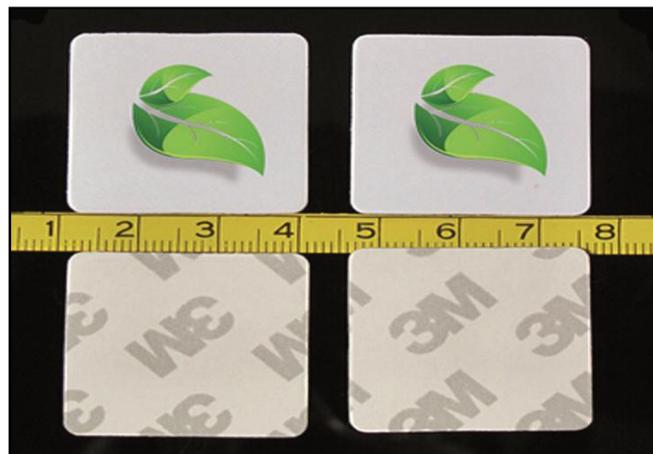


Figura 2 Microchips

La distancia de lectura de las etiquetas, como mencioné anteriormente, es otro factor importante a ser considerado. Si tenemos distancias largas como las de UHF, tenemos el problema de que se leen varias etiquetas de forma simultánea y no podemos concentrarnos en la lectura de un espécimen en concreto. En la tecnología LF de 125 kHz, la lectura es muy cercana (no tan cercana como en la tecnología NFC), con distancias típicas de 5 cm a 10 cm, lo cual nos permite el leer un espécimen determinado a la vez. Estos microchips son provistos en Ecuador por RFID Ecuador (Donación para ésta tesis), y vienen con un código estándar EM4100 único, lo cual permite una identidad Global única para cada muestra.

1.3.2. Lectores

Los lectores seleccionados para ésta tesis, son lectores de 125 kHz con alimentación de datos y energía vía USB. Una de las grandes ventajas de éstos lectores es que funcionan con cualquier sistema operativo y son reconocidos como dispositivos HID (Human Interface Device), es decir, como si se tratara de un teclado externo.



Figura 3 Lector

El lector, así configurado permite una interacción muy sencilla con sistemas de bases de datos y sistemas en línea. Adicionalmente, se ha elegido este lector por su resistencia a varios factores externos, incluyendo su resistencia al polvo, humedad y a temperaturas entre -10°C y 70°C . Otro factor importante es el costo de éste lector, puesto que puede conseguirse en el mercado por precios que van entre los \$ 20 a \$ 50 dólares, dependiendo del modelo.

1.4. Programas

1.4.1. Base de datos y programas en el servidor

Como base para el desarrollo del sistema de base de datos, he seleccionado en éste caso MySQL. MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional, multihilo y multiusuario con más de seis millones de instalaciones. MySQL AB

(desde enero de 2008 una subsidiaria de Sun Microsystems y ésta a su vez de Oracle Corporation desde abril de 2009) desarrolla MySQL como software libre en un esquema de licenciamiento dual.

MySQL es usado por muchos sitios web grandes y populares, con alto tráfico y grandes cantidades de información, como Wikipedia, Google, Facebook, Twitter, Flickr, y YouTube. La versión que he utilizado, ha sido la versión 5.6.20 - MySQL Community Server (Licencia GPL). Esta licencia garantiza a los usuarios finales (personas, organizaciones, compañías) la libertad de usar, estudiar, compartir (copiar) y modificar el software.

La base de datos se ha instalado en dos lugares: un sitio web externo con dominio propio y una versión local bajo XAMPP. En ambos casos la estructura es la misma, de forma tal que son fiel copia una de la otra.

Para más detalles sobre la estructura de la base de datos se incluye el diccionario de la base de datos en la sección adjuntos (Adjunto No.1: Diccionario de la base de datos). Esta base de datos almacena toda la información sobre las muestras botánicas y ha sido obtenida a partir de la base de datos actual del Herbario HA de la Universidad del Azuay, incluyendo solamente aquellas muestras que han sido colectadas en el Parque Nacional Cajas. La versión en línea se encuentra bajo el dominio: www.floradelcajas.com

Actualmente con acceso restringido y luego de que sea oficialmente presentado el proyecto, con acceso público.

CAPITULO 2

RFID Y MANEJO DE DATOS

2.1. Sistema de procesamiento y manejo de datos

2.1.1. Análisis del aplicativo actual que maneja la base de datos del herbario

A pesar de que el sistema actual sobre el cual se efectúa el manejo de los datos del herbario HA es bastante bueno, resulta poco adecuado como un servicio para investigadores y usuarios que requieren de un análisis o presentación de datos sencillo y a su vez poderoso, que tome en cuenta las necesidades de los taxónomos, ecólogos y usuarios de otras disciplinas. Esto se evidencia en algunos aspectos, que se presentan a continuación.

- Si bien es verdad que podemos tener acceso a las coordenadas geográficas de cada muestra, estos datos de por sí no son sino códigos numéricos que no tienen valor por sí solos. Es decir, no podemos visualizar la localización geográfica de la muestra con tan solo ver sus coordenadas. Lo lógico, sería que esas coordenadas se mostraran de manera gráfica, sobre un mapa. Solo el momento en que esos datos se despliegan como mapa, son legibles para una persona. Claro que es posible el tomar las coordenadas y buscarlas en un mapa impreso, pero resulta un desperdicio de tiempo, cuando podemos ver gráficamente e incluso, sobre una imagen satelital, donde fue colectado un espécimen.
- Exactamente lo mismo se puede decir de los datos taxonómicos de la muestra. El nombre científico del ejemplar nos dice claramente de que especie estamos tratando, pero a menos que seamos especialistas en ese género o tengamos un amplio conocimiento de botánica sistemática, el nombre del espécimen por sí solo no representa una información que sea fácilmente interpretada por el usuario. Si adicionalmente, esa información se presenta gráficamente en forma de una imagen de alta resolución de la muestra, entonces se convierte en información mucho más valiosa y asimilable por los usuarios. Recordemos

que una de las funciones del sistema de manejo de información del herbario es justamente el ampliar aquella información contenida en las etiquetas, brindando una visión más amplia para quienes no tienen acceso a las muestras físicas por cualquier motivo. Dado que hablamos de un medio digital, el espacio a ocupar no es un problema mayor a considerar y es más bien una cuestión de maquetación de la información.

- Otra carencia del sistema actual tiene que ver con las operaciones de análisis de las muestras del herbario. Operaciones tan sencillas como conocer cuántas familias se encuentran representadas en la colección y cuántas muestras o especies por familia tenemos, proveen a los curadores e investigadores de información muy importante. No tiene sentido el tener toda esa información almacenada y en un formato que permite hacer muchas operaciones, si no podemos obtener de manera rápida esta información. En ese sentido, es necesario tener al menos una visión general de estos datos y mucho mejor si esas operaciones son complementadas por gráficos estadísticos que se generen de forma dinámica.
- Y por último, un importante aspecto a considerar es aquel que tiene que ver con la seguridad del sistema. En el esquema actual de la base de datos, que utiliza la verificación de usuarios de Joomla 1.5, cuando un usuario ingresa tiene acceso a todo el sistema, lo cual incluye las herramientas administrativas. Es decir, el usuario no solamente puede consultar la base de datos, sino que puede modificarla. Para ello, no es necesario un permiso otorgado por el administrador de la base de datos. La aceptación del registro de usuario es automática y por lo tanto, un usuario que se registra tiene acceso inmediato a toda la base de datos, incluyendo la posibilidad de agregar registros o borrar registros.

Incluso si dichas operaciones no fueran posibles, cualquier persona podría en el sistema actual exportar toda la base de datos e importarla a su propio sistema. Todo esto, pone en peligro la integridad del sistema. Dada la fragilidad que posee en este aspecto, es necesario aplicar un sistema con una verificación de usuarios de doble capa, es decir, un sistema que permita efectuar consultas sin necesidad de ser un

usuario registrado y que en una segunda capa de seguridad, permita efectuar modificaciones solamente al personal que administra el herbario. Incluso, debería tener la opción de, adicionalmente a los archivos log del servidor, efectuar un registro independiente de los usuarios que acceden al sistema.

No se trata de restringir el acceso a la información. A contrario, la información contenida en los herbarios y colecciones biológicas del Mundo, no son sino datos inertes e inútiles si no son asequibles por las personas que pueden hacer uso de ellos. Mi crítica siempre ha sido el que los datos de muchas colecciones se limitan a las etiquetas de los especímenes y bases de datos muy poco digeribles fuera del alcance de quienes podrían hacer un buen uso de estos datos. No nos extrañe entonces que muchas decisiones que se toman en torno a la biodiversidad y el manejo de recursos naturales, no cuenten con un análisis adecuado o un respaldo adecuado, si tenemos secuestrada esa información.

Mi sugerencia está más bien dirigida hacia el hecho de que debemos proteger la integridad de nuestros datos, justamente para que sean más valiosos y la información tenga mucha más credibilidad. En ese mismo sentido, es necesario el analizar la integridad y aplicabilidad de los datos contenidos en el sistema. Durante el tiempo que utilicé la base de datos del herbario, pude constatar que existían serios problemas relacionados con la homogenización y estandarización de los datos. Mientras unas veces se encontraban coordenadas decimales en los campos geográficos de la base de datos en la gran mayoría adoptaban un formato no estándar que no es útil al momento de aplicar programas de mapeo. El formato actual de la base de datos usa el signo “/” para separar grados, minutos segundos y no define cada parte de la coordenada. El estándar internacional más fuerte en la actualidad para bases de datos de biodiversidad es el “Darwin core”, que es una definición de la estructura de datos que contiene entre otras cosas especificaciones para los datos geográficos de los registros de biodiversidad. Estos datos, acorde al estándar Darwin core, serían en formato decimal.

Inicio Mantenimiento de datos Mantenimiento de clasificación botánica Mantenimiento de ubicación geográfica Mantenimiento de muestras Reportes Cerrar sesión

Ingreso de muestras.

<< Regresar

Los campos marcado con un asterisco (*) son obligatorios.

Numero Arroyo: 10737 *		Revisado por: Buscar Nuevo Código Nombre
Donada a: Buscar Nuevo Código Nombre		Donada por: Buscar Nuevo Código Nombre
Determinador: Buscar Nuevo		Fecha determinacion: Calendario
Nomenclatura: Buscar Nuevo	Grupo botánico:	Familia:
Género:	Especie:	Subespecie:
<input checked="" type="radio"/> Ninguno <input type="radio"/> Género <input type="radio"/> Grupo botánico <input type="radio"/> Especie <input type="radio"/> Familia <input type="radio"/> Subespecie		
Fertilidad: Ninguna ▼	Nombre común:	Hábito: Buscar Nuevo

Figura 5 Sistema actual de la base de datos del Herbario HA

Esto también se evidencia en los datos de fechas, puesto que difieren de una muestra a otra, haciendo imposible el realizar operaciones que tengan como base las fechas. Esto también está definido en el estándar del Darwin core y para que no existan errores, deberían las fechas construirse en forma automática a partir de un programa que impida la escritura directa de la fecha. Esto no es algo difícil y debería ser estandarizado en adelante. Si tomamos en cuenta todos estos aspectos, podremos entonces contar con una base sólida que permita evolucionar adecuadamente hacia una herramienta muy útil desde la óptica de la investigación y manejo adecuado de la información taxonómica, geográfica y biológica que contiene la base de datos.

2.1.3. Importación de datos

Como base para mi sistema he utilizado como mencioné la base de datos del herbario HA de la Universidad del Azuay. Dado que la base de datos de dicha entidad es también MySQL, he exportado una búsqueda donde se incluyen todas las muestras que han sido colectadas en el Parque Nacional Cajas, a un archivo SQL. Este archivo ha sido luego importado dentro de MySQL utilizando para ello el administrador de bases de datos phpMyAdmin, incluido en el paquete XAMPP.

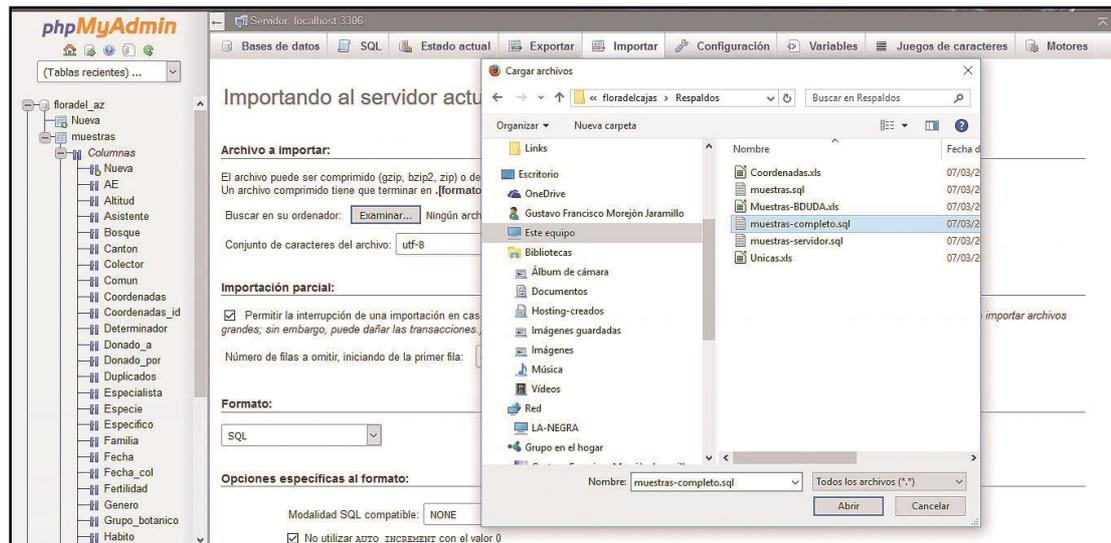


Figura 6 Importación dentro de MySQL (vía phpMyAdmin).

Dado que los datos geográficos no se encontraban en formato decimal, lo cual facilita el manejo de mapas en línea, se invirtió una cantidad de tiempo considerable en estandarizar los datos geográficos. También se incluyeron dentro de la nueva base de datos creada, un identificador único para cada ítem importado, cuyo nombre de campo es id; y un nuevo campo que corresponde al código del microchip. Una vez que los datos se importaron en la tabla correspondiente y los campos que contenían la latitud y longitud de los especímenes, se procedió a construir el sistema de manejo.

2.2 Operaciones con datos

2.2.1. Conteo de especímenes por familia

Una de las principales funciones de un sistema de manejo de colecciones biológicas, es el conocer en forma actualizada cuantos especímenes, especies y taxas existen en la colección. En el caso del Herbario HA, y en especial en la colección del Parque Nacional Cajas, el conocimiento de los especímenes que existen por familia botánica es un dato necesario. Cuando ingresamos al sistema, lo primero que encontramos son dos cuadros que muestran el número de registros que existen por cada familia. Esto fue realizado utilizando el paquete de gráficos gratuito FusionCharts y obteniendo los datos directamente mediante una búsqueda mediada por PHP:

```

$query = "SELECT * FROM muestras WHERE Familia = 'FAMILIA'";
$results = mysql_query($query);
$FAMILIA = mysql_num_rows($results);

```

Donde FAMILIA es el nombre de la familia cuyas muestras deseamos contar “tal como se encuentra escrita en la base de datos”. Los datos sobre los que se construyen los gráficos se presentan en el script en formato JSON. A pesar de que el formato en el cual se ha construido esta parte del sistema es muy eficiente para obtener los datos desde la base de datos, presenta el inconveniente de que, para agregar una nueva familia, habría que hacerlo en forma manual; es decir, escribiendo el código manualmente.

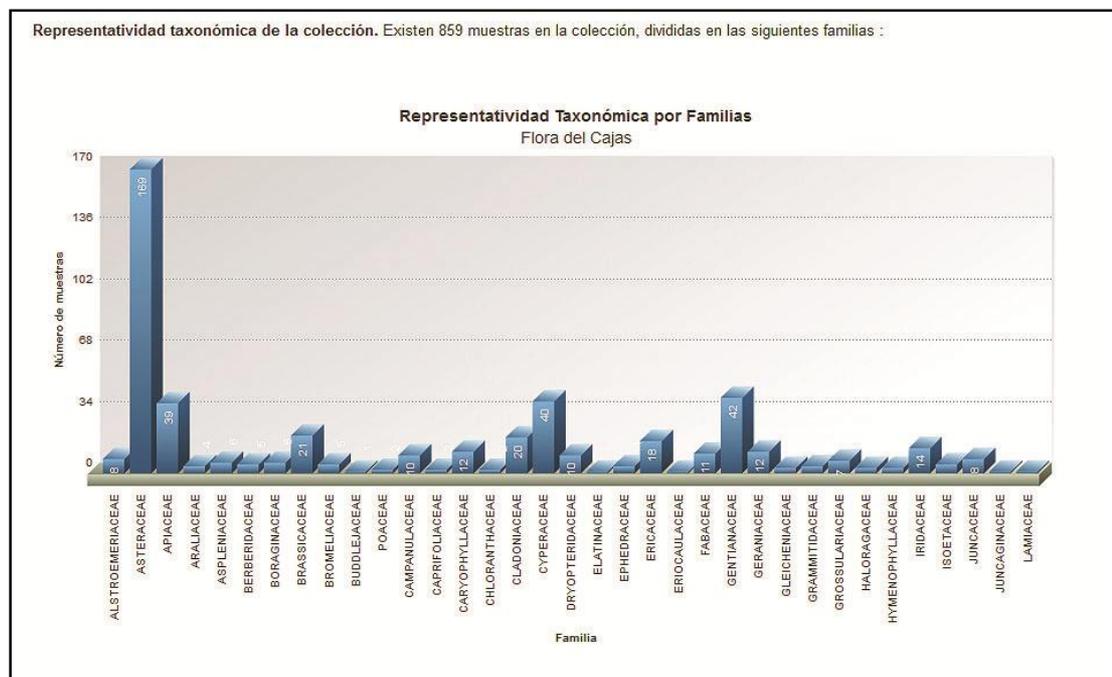


Figura 7 Representación taxonómica por "Familias"

Una vez que el programa ha obtenido los valores correspondientes al número de especímenes que existen en la base de datos por cada familia, un script en PHP escribe directamente todo el código JavaScript necesario para construir el gráfico.

2.2.2. Búsqueda en la base de datos

La principal función del sistema es el proveer información sobre las muestras en base al microchip RFID que se ha adherido a cada una. Para hacerlo, es necesario el leer el microchip RFID por medio de nuestro lector de escritorio USB, cuando estamos sobre el casillero de búsqueda. Esta función la encontramos, junto con otras funciones adicionales, presionando el botón del menú “Base de datos”.



Figura 8 Menú de la base de datos

En esta pantalla el primer ítem es justamente el “Aplicativo de lectura de microchips”. Cuando ponemos el curso sobre el casillero de búsqueda de ésta opción, podemos acercar la muestra al lector de microchips, a una distancia de aproximadamente 5 cm, sin contacto, para que el lector obtenga el código de la etiqueta y realice la búsqueda respectiva en la base de datos.

Es importante el enfatizar en éste punto que la colocación de los microchips debe realizarse en la parte inferior de la muestra, hacia el centro, lo cual permite que la lectura se realice con facilidad, con tan solo acercar la base de la muestra al lector RFID de escritorio.

La lectura del microchip, como es característica en la tecnología LF de 125 kHz, se realiza a una distancia máxima de 10 cm, pero en promedio en el Herbario HA, se

han obtenido lecturas alrededor de los 5 cm (esto tiene mucho que ver con las condiciones del lugar donde se realiza la lectura, especialmente el tipo de interferencias que se puedan encontrar en el medio).

1. Una vez leído el microchip, se obtienen tres secciones de información:
2. Una sección que corresponde a la ficha técnica y taxonómica de la muestra.
3. Una sección que muestra en un mapa de Google Maps la localización del espécimen (Donde fue colectado).
4. Una sección donde se presenta una fotografía de alta resolución escalable de la muestra correspondiente.

En relación a la localidad donde se colectó el espécimen, es necesario el mencionar que los datos de georeferenciación de las muestras deben estandarizarse. Actualmente las bases de datos más importantes de biodiversidad del Mundo, incluyendo la más grande que es GBIF (Global Biodiversity Information Facility), se ajustan a los estándares técnicos de TDWG (Biodiversity Information Standards). Esta organización es también conocida como Taxonomic Databases Working Group, y se trata de una asociación científica y educativa sin fines de lucro afiliada a la International Union of Biological Sciences.

TDWG se formó para establecer vías de colaboración internacional entre proyectos de bases de datos de biodiversidad. Actualmente, esta organización se enfoca en el desarrollo de estándares para el intercambio de datos biológicos y de biodiversidad. Parte de estos estándares es lo que se conoce como el “Darwin Core”, que es un estándar que facilita compartir la información sobre la diversidad biológica mediante la provisión de métodos estandarizados de presentación de la información en las bases de datos. El Darwin Core se basa primariamente en taxones, su existencia en la naturaleza documentada por observaciones, especímenes, ejemplos e información relacionada (URL (4)).

Parte de estas definiciones tienen que ver con la forma como se presenta la información geográfica. Acorde al Darwin Core 1.4 Geospatial Extension schema, que es el estándar seguido por casi todas las bases de datos de biodiversidad principales, las coordenadas geográficas en las bases de datos deben presentarse en

formato decimal y deben presentarse de dicha manera en los campos DecimalLatitude y DecimalLongitude, dentro del esquema GBIF / Darwin Core / ABCD. De esta manera la información podrá beneficiarse de las operaciones de intercambio de información actualmente en construcción en todo el mundo.

Resultado de la lectura del microchip

Ficha botánica:
Chrysactinium acaule (Kunth) Wedd.

Microchip #: 0005070118

Grupo botánico : Dicotyledonae
 Familia : ASTERACEAE
 Sub Especie :
 Fertilidad : F
 Nombre común :
 Hábito : Herbacea
 Identificada por : Danilo Minga
 Fecha de identificación : 17/06/1997
 Colectada por : Danilo Minga
 Número de colección : 23
 Fecha de colección : 15/04/1997
 Asistente de colección :
 Bosque o área de colección : Fierroloma
 Provincia : Azuay
 Cantón : Cuenca
 Parroquia : Sayausi
 Lugar específico : Zorrocucho
 Altura : 3400
 Duplicados : 1
 Uso :
 Observación : Herbácea que crece en pastizales húmedos y pantanosos, hojas sésiles acaules dispuestas en una especie de roseta, flores provistas de un largo pedúnculo, tienen una coloración amarilla.
 Especialista :
 Donado a :
 Donado por :

Mapa
Satélite

Datos del mapa ©2016 Google Imágenes ©2016 CNES / Astrium, DigitalGlobe Condiciones del servicio Informar un error en el mapa

Figura 9 Resultado de la lectura del microchip



Figura 10 Fotografía escalable de alta resolución de la muestra

Para dar un paso adelante en éste sentido, una parte importante y que demanda mucho tiempo, es el convertir las coordenadas al esquema determinado en los estándares internacionales del Darwin Core. Previo a construir el sistema, se realizó la debida conversión de los datos geográficos a éste esquema, de tal manera que los datos fueran útiles bajo los estándares internacionales descritos. (URL (6)).

2.2.3. Manejo de imágenes en alta resolución

En la siguiente sección resultante de la búsqueda mediante la lectura del microchip RFID, se presenta una imagen de alta resolución escalable utilizando el paquete Zoomify.

Esta herramienta comercial permite el construir imágenes seccionadas en pedazos de un tamaño de 256 pixeles, a 96 dpi y 24 bits de profundidad, que son presentadas cuando el usuario así lo demanda. Con cada escala a la que se puede presentar la imagen, se construye una carpeta que contiene todos los pedazos necesarios para

obtener la imagen completa, pero cada vez que se desea ver una sección de la imagen, solamente se presentan las imágenes necesarias para ver dicha sección en la escala deseada.



Figura 11 Manejo de la muestra

Cada imagen escaneada del herbario contiene para su presentación, alrededor de 20 carpetas, cada una de las cuales contiene entre 36 y 256 archivos, dependiendo de la escala a la cual se presente la fotografía. Este mismo sistema es utilizado por Google por ejemplo, para presentar sus mapas en línea. Un mapa es realmente una imagen a la cual se han asignado coordenadas. Cualquier imagen, por lo tanto puede pasar por dicho proceso. Este concepto es utilizado por Zoomify, para obtener las imágenes en alta resolución que se despliegan en el sistema que aquí se presenta. El Museo de Historia Natural de Florida y la Universidad de Florida iniciaron un proyecto para usar Zoomify desde el año 2006 para presentar los especímenes de sus colecciones en alta resolución a través de Internet (URL (7)).



Figura 12 Página web de la Universidad de la Florida¹

De esta manera, la ficha que se obtiene mediante la lectura del microchip RFID, nos brinda una gran cantidad de información sobre la muestra. Dado que no existen las limitaciones de espacio que presenta la etiqueta impresa, podemos desplegar información de todo tipo.

En este caso, presentamos tanto la ficha técnica como el mapa correspondiente y una imagen de alta resolución que excede incluso las posibilidades que nos presenta el ver la muestra en escala normal (muchos de los detalles que se ven en las imágenes de alta resolución, solo se pueden ver bajo un estereoscopio de disección). Con el sistema Zoomify, la velocidad con la cual se muestran las imágenes es bastante rápida (obviamente, en dependencia del ancho de banda disponible con la conexión).

Utilizando JavaScript, se escribe el código correspondiente que se aplica a la imagen en alta resolución generada por Zoomify en pedazos. Esto se realiza sobre una etiqueta <div> que contiene la aplicación de la imagen. Este programa permite agregar algunas funciones muy útiles en el caso del manejo de imágenes para herbarios. Una de ellas, es una herramienta de medición, que permite conocer el tamaño de una parte de la planta escaneada, como una hoja, un pétalo, etc. Esta utilidad no solo que nos permite calcular la distancia lineal, sino que nos permite

¹ <http://www.flmnh.ufl.edu/herbarium/cat/catdigitalimaging.asp>

calcular el área de un polígono. De igual manera, en la esquina superior izquierda de la utilidad tenemos un “navegador”, que nos indica en que parte de la muestra nos encontramos y el nivel de zoom que tiene en ese instante la imagen.

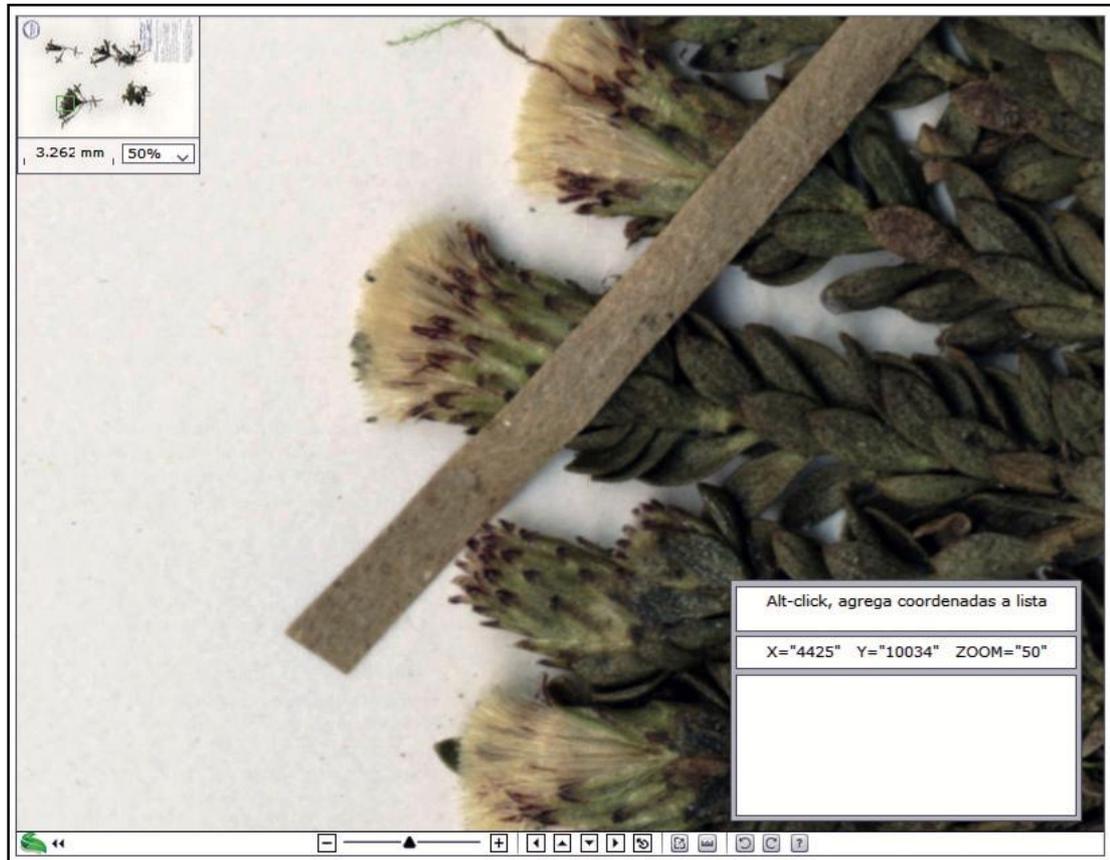


Figura 13 Imagen de alta resolución

2.2.4. Aplicativo para búsqueda por Número

Este aplicativo permite el buscar un espécimen utilizando el número impreso en la muestra que corresponde al código con el cual ingresa en el herbario, y es el código de la muestra en el mismo.



Figura 14 Búsqueda por "Número"

2.2.5. Aplicativo para búsqueda por Género

Este aplicativo nos permite el buscar las muestras correspondientes a un género en particular dentro de la colección del Herbario HA.

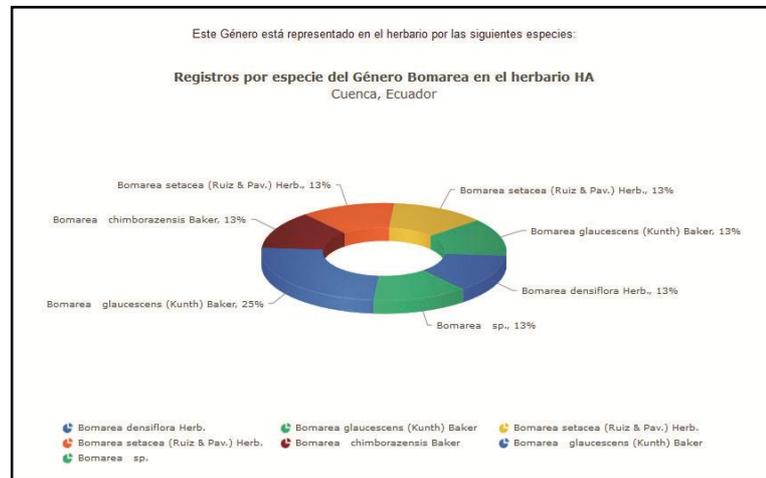


Figura 15 Búsqueda por "Género"

2.2.6. Aplicativo para búsqueda por Familia

Este aplicativo nos permite el buscar las muestras que corresponden a una familia en particular dentro del Herbario HA.



Figura 16 Búsqueda por "Familia"

Obviamente, cuando tenemos toda la información en la base de datos, es posible el realizar búsquedas en cualquiera de los campos, así que podríamos agregar muchos otros tipos de búsquedas.

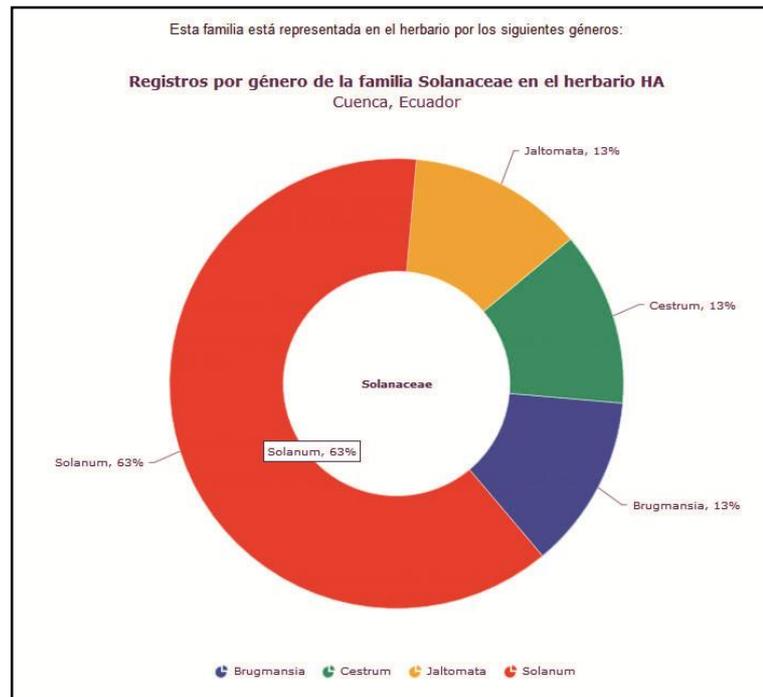


Figura 17 Registro por género de la familia Solanaceae en el Herbario HA

2.3. RFID frente a otros sistemas en el manejo de Herbarios

2.3.1 RFID vs. Código de barras en el manejo de Herbarios

Los códigos de barras han sido tradicionalmente muy utilizados en las colecciones biológicas y los herbarios no han sido la excepción. La lectura de los códigos de barras se realiza utilizando un lector que proyecta un láser sobre el código, transmitiendo el código alfanumérico que representa. Su uso está muy extendido en productos comerciales, principalmente. Los datos ingresan a la computadora o lector de la misma manera que en el caso del lector RFID, es decir, como un dispositivo HID o teclado. La gran ventaja de este sistema frente al RFID es su precio, puesto que las etiquetas de código de barras son muy baratas. Pero el RFID presenta tres ventajas muy grandes frente al código de barras:

- Puede almacenar mucha más información (incluso más que un EAN 128 en relación al espacio ocupado).
- No requiere de línea de vista para su lectura. Los códigos de barras son una tecnología de línea de la vista directa. Lo que quiere decir, que un lector /escáner debe “mirar” el código de barras para poder leerlo; lo que implica

que con frecuencia debe orientarse el código de barras hacia el escáner para que este lo pueda leer; lo cual en ocasiones es complicado y requiere de más tiempo para su lectura).

- El uso continuo no altera la capacidad de lectura. Los códigos de barras se estropean fácilmente con humedad, suciedad, calidad de la impresión, etc.; dificultando o imposibilitando su lectura. En cambio las etiquetas RFID existen en muchos formatos diferentes para poder soportar distintas condiciones ambientales y de entorno, de manera que no se estropeen y su lectura sea posible de forma permanente. (URL (8)).

Una observación importante es que pueden usarse ambos sistemas simultáneamente, es decir, podemos tener impreso un código de barras sobre la superficie de la etiqueta que tiene el microchip RFID.

2.3.2. RFID vs. Código QR en el manejo de Herbarios

El código QR (o Código de Respuesta Rápida), creado en 1994 por Denso Wave, una compañía subsidiaria de Toyota, es un sistema para almacenar información en una matriz de puntos o en un código de barras bidimensional. Tiene la gran ventaja sobre un microchip RFID, de poder informar a un lector sobre una acción a tomar como ir directamente a un URL, lo cual, para un herbario sería de gran utilidad, puesto que en lugar de ir primero a una aplicación para luego leer el microchip, la sola lectura indicaría tanto la aplicación como la dirección.

La limitación, obviamente, es que puede almacenar hasta 4.200 caracteres y mientras más caracteres, debe tener mayor tamaño para ser legible. Otra desventaja es justamente el que deba ser leído por un medio óptico, lo cual requiere de un lector con un láser que pueda reconocer códigos QR o una cámara que interprete códigos QR. En este sentido el RFID aventaja al QR en los siguientes aspectos:

- Mayor duración y resistencia a factores externos.
- Al no ser impreso, es menos proclive a borrarse por factores externos.
- No requiere de línea de vista para su lectura.

Al igual que en el caso de los códigos de barras, los códigos QR pueden imprimirse

sobre las etiquetas RFID, logrando una doble codificación.

2.3.3. RFID de 125 kHz vs Otras tecnologías RFID en el manejo de herbarios

Existen varias tecnologías RFID, cada una con características diferentes y usos diferentes. En la tecnología de baja frecuencia (LF) las distancias de lectura son cortas y la capacidad de leer varias etiquetas en forma simultánea no existe. Es una tecnología de identificación individual. En la tecnología de alta frecuencia (HF), en cambio, tenemos distancias cortas y largas de lectura, dependiendo de la tecnología, pero nunca mayores a 1 metros de distancia; y no permite lecturas simultáneas. En la tecnología de ultra alta frecuencia (UHF) por otro lado, tenemos lecturas de larga distancia (hasta 12 metros) y tenemos lecturas simultáneas (hasta 700 lecturas por segundo). Todas estas son tecnologías pasivas, es decir, tecnologías que no utilizan una batería con carga. No tomo en cuenta las etiquetas activas porque son grandes, demasiado caras y hay que cambiarles la batería. En resumen, no son aptas para ser usadas en una colección biológica.

Para que una etiqueta RFID pueda servir en un herbario, ésta debe ser leída de forma individual y no en lotes, lo cual deja a un lado la tecnología UHF. Nos quedan las tecnologías LF y HF. Ambas comparten el hecho de ser tecnologías que permiten la lectura individual y no en lotes de lectura. Ambas pueden contener códigos aplicables en un herbario. Cualquiera de estas frecuencias podría ser utilizada con éxito en un herbario. En este caso, he seleccionado las etiquetas LF por cuanto son mucho más fáciles de conseguir en el mercado Ecuatoriano.

2.3.4. RFID de 125 kHz vs NFC en el manejo de Herbarios

La tecnología NFC se basa en la tecnología RFID de 13.56 mHz. Es una tecnología de lectura por proximidad y tiene muchas ventajas en cuanto al contenido que pueden incluir. A inicios de este año, 2016, muchas empresas de telefonía celular decidieron incluir como estándar lectores de ésta tecnología RFID en sus teléfonos celulares.

Esto significa que como etiqueta para colecciones biológicas, 13.56 mHz puede ser la tecnología del futuro. No es la del presente, porque recién comenzamos a ver teléfonos celulares que incluyen dicha tecnología, pero para finales del 2017,

seguramente lo será. No solamente por el hecho de que los teléfonos celulares puedan leer las etiquetas, sino porque su capacidad de almacenamiento es mucho mayor y puede realizar muchas operaciones interesantes, entre ellas:

Lanzar aplicaciones automáticamente, como apps de Android, páginas web y otras. Puede lanzar la ficha completa del espécimen sin necesidad de colocar el cursor sobre el casillero de búsqueda.

Puede incluir toda una ficha textual que contenga hasta 4200 caracteres.

Mientras esta tecnología coge fuerza y vemos más teléfonos o aplicaciones en el mercado, sin embargo, las mejores opciones siguen siendo LF y HF RFID.

CAPITULO 3

SISTEMA RFID PARA EL MANEJO DEL HERBARIO HA

3.1. Administración del Sistema RFID para el Herbario HA

3.1.2. Ingreso de nuevas muestras en la base de Datos

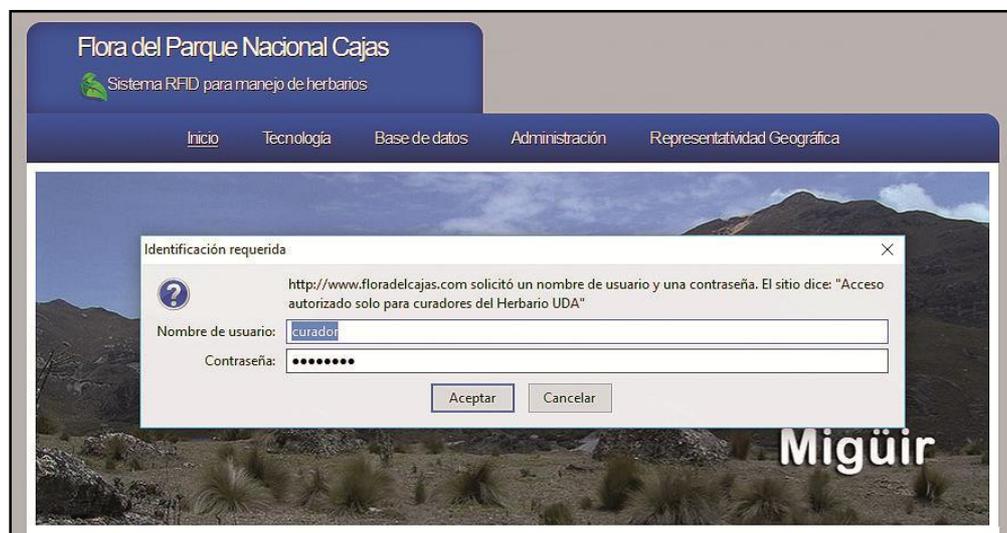


Figura 18 Ingreso seguro al panel de control administrativo

Una de las tareas más comunes en la curatoría de un herbario es el ingreso de nuevas muestras dentro de la base de datos. Desafortunadamente, también es la más tediosa y una de las que más tiempo consume. Es por ello que en el presente sistema se ha diseñado un método de ingreso de datos que en lo posible, ayude al curador en el ingreso de los mismos.

Para ello he incluido una metodología predictiva de ingreso de datos, la misma que predice los datos que el usuario va a ingresar en un campo del formulario de ingreso de una nueva muestra, en base a los datos que anteriormente se han ingresado en dicho campo.

The image shows a web application window titled "Add record" with a close button (X) in the top right corner. The form contains the following fields:

- No.:
- Dup.:
- Grupo Botánico:
- Familia:
- Género:
- Especie:
- Subespecie:
- Nombre:
- Hábito:
- Determinada por:
- Colector:
- No. de Colecta:
- Fecha de Colecta:
- Coordenadas:
- Lugar:
- Microchip:

At the bottom of the form are three buttons: "Save & New", "Save", and "Cancel". The background of the application shows a sidebar with "Ad" and "ia" and a table with columns "Fech" and "Col".

Figura 19 Formulario de ingreso de la nueva muestra

3.1.3. Introducción de datos en casilleros de texto simple

El sistema combina AJAX, PHP y MySQL, haciendo uso de la librería JavaScript typeahead de Twitter (URL (11)). Al realizar el llamado correspondiente a dicha librería, desde el encabezado (<head>) de la página que contiene el formulario, incorporamos una serie de funciones muy interesantes para lograr un interfaz más cómodo para el curador que ingresa la muestra botánica. Para iniciar este proceso llamamos a los dos scripts requeridos (jquery.min.js y typeahead.min.js):

```
<scriptsrc=
"http://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.11.1/jquery.min.js"></script>
<script src="typeahead.min.js"></script>
```

Ahora que contamos con estas funciones, incluyendo jQuery, lo que hacemos es decirle al programa que hacer en cada casillero usando JavaScript:

```
$(document).ready(function(){  
    $('input.Familia').typeahead({  
        name: 'Familia',  
        remote:'search.php?key=%QUERY',  
        limit : 30  
    });  
});
```

En este caso, el casillero “Familia” realizará una búsqueda usando AJAX llamando al archivo “search.php” para ayudar al usuario, obteniendo así los valores posibles del campo “Familia” en la base de datos. En el caso del casillero del formulario para Familia, he creado una tabla separada para servir a este propósito, porque es posible que existan muchas familias botánicas que no han sido colectadas; así, cuando colectamos una especie que corresponde a una nueva familia, está ya estará disponible en la base de datos, a pesar de que no se encuentre en la tabla principal. La lista de las familias se obtuvo del proyecto Neotropikey del Jardín Botánico de Kew (Royal Botanical Garden), que mantiene un índice actualizado de las familias reconocidas de plantas del neotrópico (URL (13)). La misma operación he hecho para las Provincias, Cantones y Parroquias, obteniendo los datos correspondientes del INEC.



The image shows a web interface for entering new samples. At the top, there is a navigation bar with links: Inicio, Tecnología, Base de datos, Administración, and Representatividad Geográfica. Below this, the main heading is "Ingreso de Muestras Nuevas". The form contains seven input fields, each with a label above it: "Número Azuay", "Grupo Botánico", "Familia", "Género", "Especie", "Subespecie", and "Fertilidad".

Figura 20 Ingreso de "Muestras Nuevas"

La declaración correspondiente en el campo del formulario se realiza utilizando una clase de la siguiente manera:

```
<input type="text" name="Familia" class="Familia tt-query"
autocomplete="off" spellcheck="false" placeholder="Familia">
```

El resultado es que el casillero responde con un texto predictivo que hace mucho más sencillo el ingresar los términos de búsqueda.

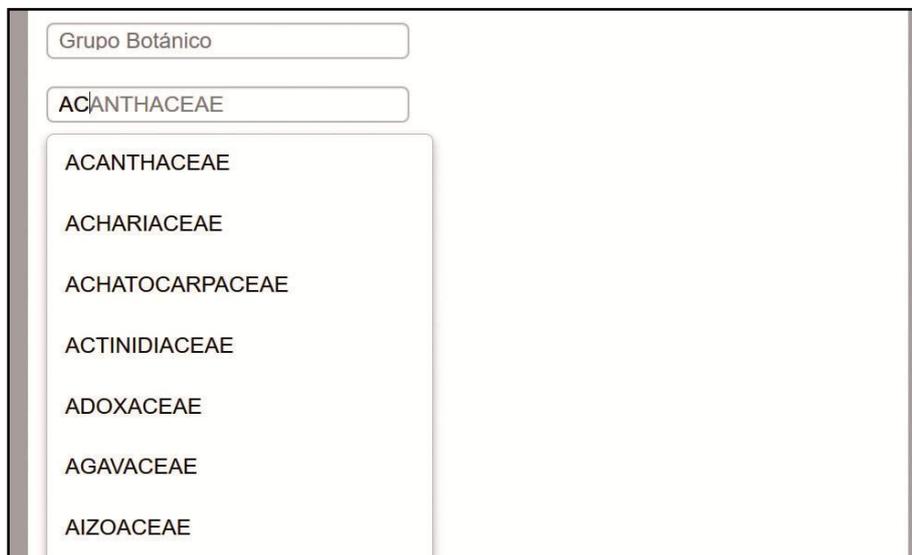


Figura 21 Casillero con texto predictivo

Como podemos ver, no solamente que predice el texto a ser introducido, sino que adicionalmente, convierte todo el texto a mayúsculas (que es la forma como se encuentran los textos en el base de datos original del Herbario de la Universidad del Azuay).

3.1.4 Introducción de datos en casilleros de texto largo

Una de las ventajas que he señalado a lo largo de este trabajo, es que la cantidad de información que podemos incluir es bastante larga, dado que no tenemos las limitaciones inherentes a una etiqueta de papel.

Es por eso que en los casilleros donde podemos explicar con mayor detalle la información, he utilizado un sistema que permite colocar texto enriquecido.

Para lograrlo, he utilizado la librería de JavaScript “nicEdit.js”, que convierte los casilleros regulares de texto en casilleros de texto enriquecido. Lo único que requerimos para ello, es incluir la librería en el encabezado de la página del formulario, lo cual convierte de manera automática todos los campos <textarea> en campos donde podemos escribir nuestro texto con casi todas las características de un texto enriquecido. El método para hacerlo es:

```
<script src="js/nicEdit.js" type="text/javascript"></script>
<script type="text/javascript">
bkLib.onDomLoaded(nicEditors.allTextAreas);
bkLib.onDomLoaded(function() {
    new nicEditor({buttonList :
    ['fontSize', 'bold', 'italic', 'underline', 'strikeThrough']}).panelInstance('abc');});
</script>
```

The image shows a web form with the title "Bosque:". Below the title is a rich text editor toolbar with various icons for text formatting (bold, italic, underline, list, link, unlink, image) and dropdown menus for "Font Size", "Font Family", and "Font Format". Below the toolbar is a large, empty text area. At the bottom of the form is a text input field with the label "Provincia".

Figura 22 Casillero de texto largo

3.1.5. Introducción de datos en campos de fecha dinámicos

Uno de los problemas que encontré en los datos originales, tiene que ver con el formato de la fecha. Es muy problemático el tener una base de datos donde las fechas se encuentran en formatos distintos en algunos registros, puesto que nos imposibilita el realizar operaciones relacionadas con la fecha, incluyendo las propias búsquedas por fecha. Para superar este problema, he utilizado en el formulario un sistema que presenta un calendario gráfico donde el usuario simplemente selecciona la fecha correspondiente y en forma automática se inserta la fecha en el formato adecuado. jQuery tiene un método de Interfaz de Usuario (UI) que nos permite hacerlo, mediante el método `datepicker` (URL (15)). Esto lo logramos llamando desde la cabecera a la librería de JavaScript correspondiente y usando un sencillo script para definir el método:

```
<link rel="stylesheet" href="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs
jqueryui/1.11.4/themes/smoothness/jquery-ui.css">
<script>
    $(document).ready(function() {
        $("#datepicker").datepicker();
    });
</script>
<script>
    $(document).ready(function() {
        $("#datepicker2").datepicker();
    });
</script>
```

El resultado, es que al presionar sobre el campo de fecha, en lugar de tener que escribir la fecha, se nos presenta un pequeño calendario donde elegimos la fecha, la misma que se escribe en el formato adecuado en el casillero sin necesidad de escribir.

Figura 23 Casillero con campo de fecha dinámico

Como podemos apreciar, es posible el elegir el año, mes y día de una manera mucho más sencilla, evitando que las fechas se ingresen en formatos disímiles, que es lo que causa problemas en la actual base de datos.

Una vez que hemos terminado de llenar el formulario, presionamos “Ingresar muestra” y los datos del formulario son enviados directamente a un script de PHP que realiza esta operación, es decir, inserta los datos en la base de datos otorgando, además de los datos ingresados, un número único o id única en la base de datos (Ver el archivo insertar.php).

3.2. Asignación de Microchips RFID

3.2.1. Utilidad de edición de la base de datos y asignación de microchips RFID en muestras sin asignación

A pesar de que se puede administrar íntegramente el sistema desde phpMyAdmin, paquete que viene con la instalación estándar de XAMPP, he considerado que en el caso del sistema basado en RFID, es necesario contar con un sistema más amigable con el usuario y que no esté enfocado a usuarios con un alto nivel de conocimientos de SQL. Para conseguir éste objetivo, he seleccionado el paquete phpMyDataGrid (Paquete comercial que fue adquirido para esta tesis), el mismo que está basado en PHP y AJAX. Este paquete que es desarrollado por la empresa Colombiana Guru Sistemas, permite una administración sencilla y muy eficaz de agregar / modificar datos en la base de datos.

3.2.2. Procedimiento para agregar microchips RFID en el sistema

Para agregar un microchip a una muestra, debemos ingresar con un usuario y clave al sistema de administración desde el menú principal, presionando el botón “Administración”. Una vez que hemos introducido estos datos, el sistema nos conduce a una tabla, similar a una tabla de Excel o libre Office Calc, la cual contiene los datos relacionados con las muestras del herbario. Desde esta tabla podemos realizar todas las operaciones necesarias.



1101	1	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Baccharis	buxifolia (Lam.) Pers.	Arbusto	A. Verdugo	F. Serrano	780	21/06/1999	-2.780000, -79.219444	Laguna Toreadora,	0004726667
1474	1	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Loricaria	lilissae (Benth.) Cuatrec.	Ciprés de altura	Daniilo Minga	Gustavo Chacón	31	14/01/1994	-2.765278, -79.261111	Cajas, Las Pampeadas	0004733298
1492	1	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Senecio	chionogeton Wedd.		P. Lozano	V. A. Funk	11428	23/10/1995	-2.773328, -79.242799	P. N. Cajas 30 Km W of Sayausi	
1512	1	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Xenophyllum	humile (Kunth) V.A. Funk	Hummocks	Cármel Ulloa	V. A. Funk	11432	23/10/1995	-2.769167, -79.244444	Cajas, ca. 30 km W of Sayausi.	0
1514	1	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Werneria	nubigena Kunth	Herbacea		G. Chacón	44	15/01/1992	-2.804984, -79.185556	Cajas	0

Figura 24 Tabla dinámica

En la esquina superior izquierda de esta tabla dinámica, encontramos un ícono en forma de lupa. Al presionar este ícono, aparece una ventana donde podemos buscar la muestra por su número Azuay, familia, género, especie, etc. Dado que queremos asignar un microchip, lo que hacemos es buscar la muestra por su Número Azuay (No. Az) para obtener los datos de la muestra.

La casilla final de los resultados, corresponde justamente al código del microchip. Al presionar sobre la casilla de Microchip, el valor correspondiente se hace editable y aparece con el número 0 (Valor por defecto de éste campo, que indica que la muestra no tiene un microchip asignado). Para asignar un microchip, señalamos el número 0 de la casilla, tomamos un microchip, lo leemos con el lector de escritorio USB RFID, y eso es todo, el código del microchip es asignado a la muestra. El paso siguiente es simplemente pegar el microchip a la muestra por medio de su superficie auto adhesiva. Para comprobar que efectivamente ha sido asignado, podemos ir a la utilidad de búsqueda por microchip y buscar la muestra.

3.2.3. Asignación de un microchip RFID en una muestra nueva

Para asignar un microchip a una nueva muestra, debemos presionar el botón circular verde con el signo “+” que se encuentra en la parte superior izquierda de nuestra tabla dinámica.

Cuando presionamos dicho botón, obtenemos un menú que nos permite llenar los datos correspondientes a la muestra. Todos los campos que se desean colocar en el campo de ingresar datos, pueden definirse en el archivo `administrar.abonados.php`. Este es el archivo que define el comportamiento de la grilla de datos.



Figura 25 Asignación de un microchip

3.2.4. Pantalla de edición de los datos relacionados al microchip RFID

Durante la vida de una muestra hay muchas cosas que pueden ocurrir. Una de ellas es que por alguna razón se pierda el microchip o sea necesario, por alguna razón, cambiarlo. Tomando en cuenta esta posibilidad, el sistema permite el cambiar el microchip asignado a una muestra. Para ello, debemos presionar el ícono de lápiz que se encuentra al inicio de la fila correspondiente a la muestra de la que queremos cambiar el microchip.

No.:	512
Dup.:	1
Grupo Botánico:	Monocotyledonae
Familia:	ALSTROEMERIACEAE
Género:	Bomarea
Especie:	setacea (Ruiz & Pav.)
Subespecie:	
Nombre:	
Hábito:	Herbacea
Determinada por:	Danilo Minga
Colector:	Danilo Minga
No. de Colecta:	4
Fecha de Colecta:	03/02/1997
Coordenadas:	-2.861944, -79
Lugar:	Zorrocucho
Microchip:	00051672I

Save & New Save Cancel

Galinsoga sp. Herbacea Danilo Minga D. Minga 28 03/02/1997

Figura 26 Asignación de un microchip

En esta pantalla podemos editar los datos correspondientes a la muestra. Es posible que simplemente queramos ver los datos que están asociados a la muestra, en cuyo caso presionamos el botón de la hoja con una lupa. Esta opción no permite edición alguna.

3.2.5. Opción de borrar un registro relacionado al microchip RFID

Si deseamos por alguna razón dar de baja una muestra o simplemente queremos borrar un registro, podemos hacerlo utilizando el botón de la X en color rojo, tal como se muestra en el Gráfico 13.²

² Nota: Dado que esta acción es irreversible, primero presento una pantalla en la que el usuario debe aceptar la acción.

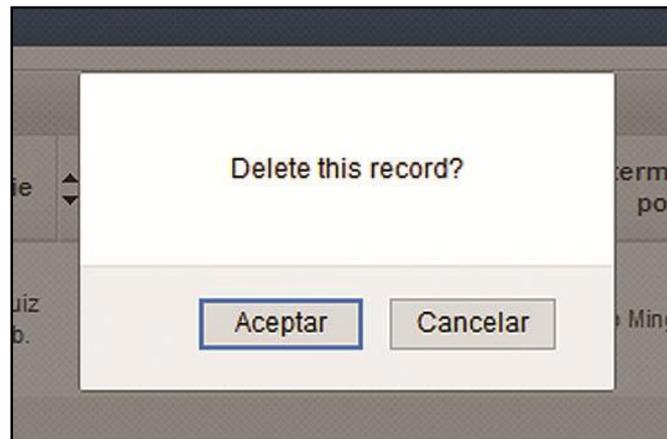


Figura 27 Opción de borrar

3.2.6. Navegación por páginas en el sistema de edición

El sistema también nos permite el navegar por las páginas de la base de datos desde la parte inferior de la pantalla, tal como se muestra en el gráfico.



Figura 28 Sistema de navegación por páginas

3.2.7. Elegir el número de filas que se despliegan en la pantalla de edición

Si queremos ver más filas o menos filas de la base de datos, podemos hacerlo utilizando el botón correspondiente en la parte inferior derecha de la pantalla, como se muestra en el gráfico, luego de lo cual podemos seleccionar en la región de la pantalla que se despliega.

Una vez que hemos decidido cuantas filas queremos que existan por pantalla, entonces presionamos el botón que representa un disquete al lado derecho. De lo contrario, si queremos cancelar, presionamos el botón de la flecha curva celeste.

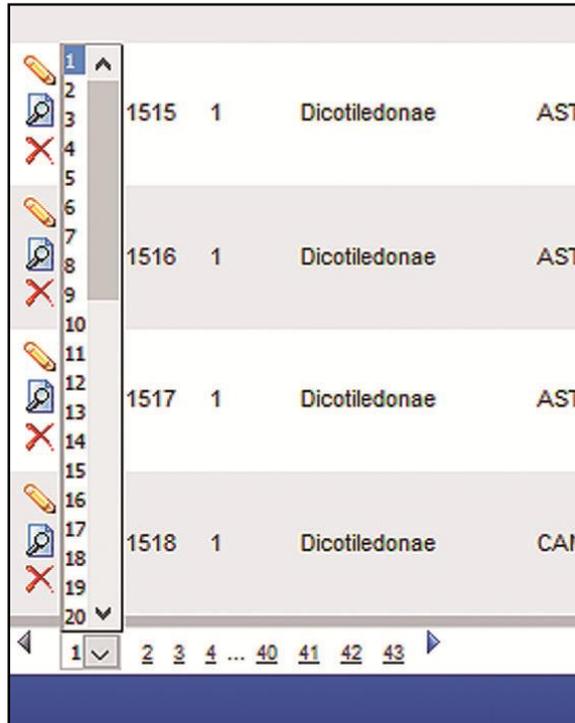


Figura 29 Elegir el número de filas que se despliega en la pantalla de edición

3.2.8. Ordenar los datos en forma ascendente o descendente

Para ordenar los datos de nuestra grilla, simplemente presionamos la flecha hacia abajo si queremos ordenarlos en forma descendente o la flecha hacia arriba, si queremos ordenarlos en forma ascendente. Estas flechas están disponibles para todas las columnas de datos.

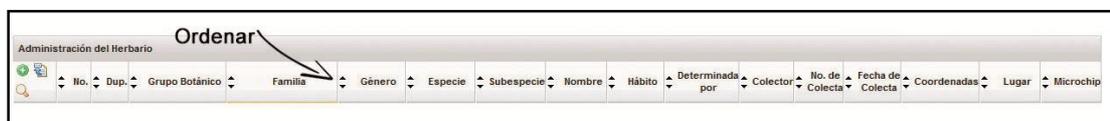


Figura 30 Vista general de la pantalla con flechas para ordenar los datos



Figura 31 Vista general de la pantalla, detalle casilla "Ordenar"

3.2.9. Exportar los datos de la tabla desde la pantalla de edición

Si queremos exportar los datos de nuestra tabla a Excel, CSV, XML o imprimirla (incluyendo impresión a pdf), podemos presionar el botón para exportar la tabla que se muestra en el Gráfico 18. Luego de lo cual podemos elegir el formato en el cual deseamos exportar los datos.

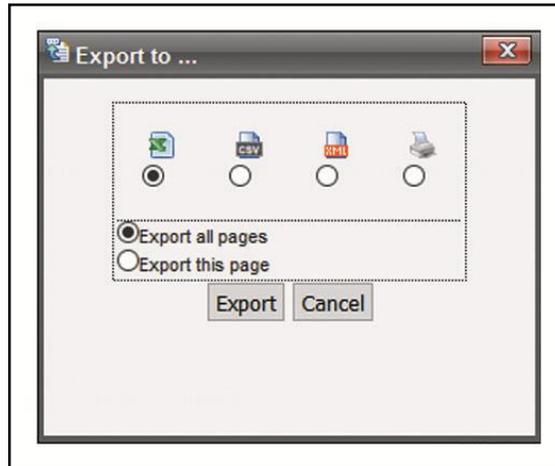


Figura 32 Exportar los datos de la tabla

3.3. Representatividad geográfica de las colecciones

Una parte muy importante es la representatividad geográfica de las muestras etiquetadas y que se encuentran en la base de datos. Para poder representar adecuadamente la muestra, utilizamos nuevamente el sistema de representación geográfica “Leaflet”, esta vez utilizando los servicios de Mapbox (URL (10)).

Esta sección se accede desde el menú principal, presionando el botón “Representatividad Geográfica”. Al ingresar en esta pantalla, obtenemos un mapa que nos muestra los lugares donde fueron colectadas las muestras, cartografiando así la representatividad geográfica de la muestra. Cada sitio de colección está marcado con un ícono en forma de gota inversa de color azul. Al presionar sobre un ícono, obtenemos los datos de la muestra correspondiente.

Con cada nivel de zoom, la cantidad de íconos visibles se multiplica y podemos ver muchos más registros. Los marcadores o íconos al ser presionados nos muestran la especie que fue colectada en dicho punto, el código de su microchip y un enlace

hacia la ficha correspondiente.

Como podemos apreciar en el gráfico, con el número de muestras también aumenta la complejidad. Si los niveles de complejidad aumentan, es posible utilizar una metodología que se denomina “clustering”, la misma que agrupa varios marcadores en un signo y al ser presionado este signo, presenta el zoom adecuado con los marcadores correspondientes. Actualmente la colección de la Flora del Cajas tiene 840 muestras y esto no es un problema, pero si llega a tener varias decenas de miles de muestras, entonces se deberá actualizar el sistema con la metodología de clustering.

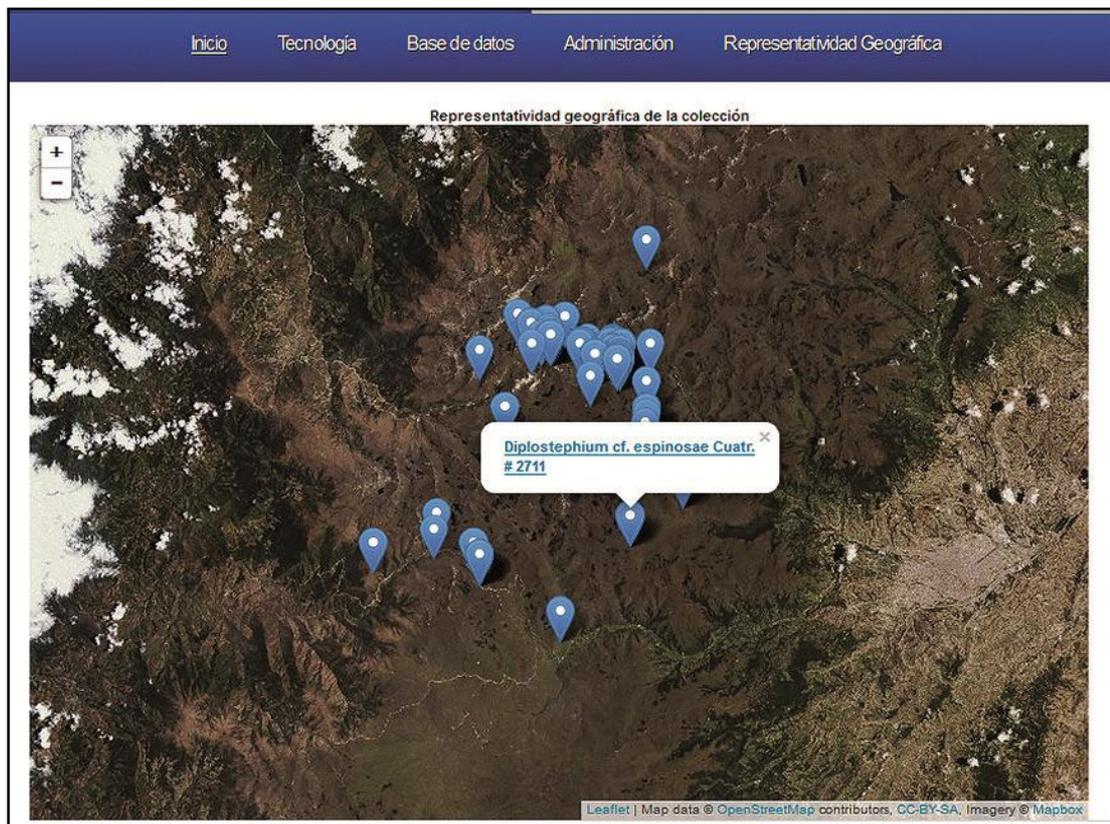


Figura 33 Representatividad geográfica de la colección

CAPITULO 4

RESULTADOS

Se lograron etiquetar 125 muestras como un prototipo del sistema que podría aplicarse posteriormente a todo el herbario (No se etiquetaron más muestras debido a problemas en la importación de las etiquetas, que han causado que no puedan obtenerse más etiquetas sino hasta Noviembre de este año). Sin embargo, para demostrar la utilidad del sistema, el número de etiquetas usadas resulta suficiente. Estas etiquetas ocupan un lugar muy reducido y constituyen una alternativa muy superior a las etiquetas impresas en el sentido de que no compiten por el espacio físico con las plantas y no se dañan como resultado de agentes externos como humedad, manejo, o simplemente degradación de la tinta. Los microchips son fáciles de leer y dado que no requieren de una línea de vista para leerse, podrían incluso estar ocultos. De hecho, en las muestras etiquetadas con RFID, las etiquetas se encuentran en la parte anterior de la misma y aquello no impide su lectura.

Estas 125 muestras con etiquetas RFID fueron ingresadas en un nuevo campo en la base de datos, denominado “Microchip”. Esto permite que para obtener los datos de la muestra, simplemente leamos el microchip en el aplicativo web que maneja la base de datos e inmediatamente obtengamos toda la información requerida. Así, la base de datos ha sido adaptada para su manejo con etiquetas RFID y se encuentra lista para futuras muestras que contengan esta tecnología. Su aplicación es rápida y todo el proceso (incluyendo las operaciones sobre la base de datos), tarda en promedio 1.43 minutos.

La relación de la base de datos con las etiquetas también ha traído una mejora sustancial. Una vez que leemos el microchip RFID en el aplicativo web, obtenemos no solamente los datos textuales de coordenadas, que como mencioné anteriormente no nos dicen de por sí nada, sino que en su lugar nos presenta el sitio de colecta sobre una imagen satelital, lo cual es mucho más significativo para quién consulta la base de datos que las meras coordenadas. En la imagen satelital es posible distinguir a demás, aspectos fundamentales sobre el sitio de colecta como la cercanía a las lagunas, la topografía del terreno, etc.

Adicionalmente a los datos taxonómicos, ahora el sistema nos despliega una imagen en alta resolución que no solamente nos permite ver las características físicas de la muestra, sino que adicionalmente, nos permite realizar mediciones. Como una muestra del poder real de este sistema, también se ha implementado una sección en la cual se despliega un mapa que muestra todos los puntos donde se han registrado o colectado las muestras, dándonos una idea de la representatividad geográfica de la colección y todas las regiones donde deberán realizarse colecciones a futuro.

Adicionalmente, ahora el aplicativo web, nos presenta al inicio un resumen gráfico de la representatividad de la colección en cifras mediante un gráfico de barras que hace más visible la composición taxonómica de las muestras del herbario. Algo en lo que es similar al sistema actual, es que nos permite realizar búsquedas con diversos criterios, como búsquedas a nivel de familia o de género, o buscar por su código de colección, adicionalmente al uso del microchip RFID. La administración de los datos, por otro lado, ya no se hace libremente, sino que requiere de un acceso con clave de seguridad que solamente puede ser otorgado por el administrador del sistema, lo cual garantiza la inviolabilidad de los datos contenidos en la base de datos, cuya integridad es vital para garantizar su utilidad como herramienta investigativa.

4.1. Discusión

La fragilidad de las muestras botánicas es indudable. Siempre están expuestas a plagas, incluyendo insectos y hongos. Su valor es muy grande, puesto que todo el conocimiento que poseemos a cerca de la biodiversidad botánica se encuentra en estas colecciones. El mantener un registro digital de los herbarios ha cobrado una importancia tal, que todos los herbarios del Mundo han iniciado algún tipo de acción para conservar la información que albergan. El uso de etiquetas resistentes, como las etiquetas RFID no solamente garantizan un enlace directo a ésta información, sino que permiten en un momento dado, inventariar rápidamente las muestras contenidas en las colecciones.

Con el advenimiento de toda una nueva generación de teléfonos celulares equipados con tecnología NFC – RFID, la lectura y procesamiento de las muestras se hará mucho más eficiente, la capacidad de almacenar información en la red y en las etiquetas mismas, será mucho mayor; y los costos disminuirán considerablemente. La fragilidad de los medios impresos como los códigos QR y códigos de barras, será en el futuro cercano superada visiblemente por la tecnología NFC – RFID.

Estas tecnologías, sin embargo, deben contar con sistemas sólidos que trabajen con ellas. Es por esto que sistemas de manejo de datos como el presentado en éste trabajo, completan una metodología que podría convertirse en un estándar para el manejo de colecciones biológicas, suplantando a un sistema que -como mencioné en la introducción a éste trabajo- no ha cambiado desde el año 1729, cuando Carl Linnaeus dio nacimiento al sistema binomial e inició una gigantesca labor para estudiar y conocer las especies con las cuales compartimos el planeta.

Apenas conocemos alrededor del 10% de las especies que viven en el planeta; lo cual nos deja todavía una gran cantidad de trabajo por realizar. Ese trabajo debe ser efectuado con un fuerte soporte tecnológico que respalde dicho esfuerzo. Las tecnologías aquí presentadas tienen ese potencial y es mi opinión (y la de la mayoría de personas que estudian la biodiversidad del planeta, como lo demuestran los estudios de iDigbio) (URL 1), que deben comenzar a aplicarse en todas las colecciones biológicas alrededor del mundo.

4.1.1. Ventajas y desventajas del sistema de manejo del Herbario HA mediante el uso de microchips RFID

El procedimiento que prácticamente fue estándar en todo este proceso, fue el siguiente:

1. Escaneo de la imagen en alta resolución (1200 dpi)
2. Colocación del microchip RFID en la muestra
3. Asignación del microchip RFID en la base de datos.

Estas tres acciones por si solas se realizaron en un promedio de 1.43 minutos por muestra, lo cual para una colección con 10.000 muestras significaría 239 horas de

trabajo o lo que es igual a 30 días de trabajo con jornadas de 8 horas / día. Pero ese no es todo el trabajo que hay que tener en cuenta. El procesamiento de imágenes es igualmente una labor muy importante, puesto que requiere de un tiempo considerable. El programa Zoomify hace que esta labor sea más sencilla y se realice de una forma automática, requiriendo un promedio de 4 minutos por muestra; es decir, 666 horas de procesamiento para 10.000 muestras, o lo que es igual, 84 días de procesamiento con jornadas de 8 horas.

Si redondeamos las cifras y hacemos una proyección del tiempo requerido para ingresar todo el Herbario HA en este sistema, necesitaríamos al menos 3 meses para lograrlo. Al final de éste trabajo y a la luz de las nuevas tecnologías RFID – NFC, podemos hacer un cálculo del costo de las etiquetas con base a un precio promedio de USD \$ 0.33 dólares por etiqueta NFC – RFID. Si calculamos que la muestra total del Herbario HA tiene 10.000 ejemplares, el costo de etiquetar toda la colección sería de USD \$ 3000 dólares. El costo de aplicar etiquetas de códigos de barras o códigos 2D como los códigos QR, es mucho menor que el de una etiqueta RFID, pero en cambio estas etiquetas al ser impresas son más susceptibles de sufrir daños y requieren de una línea de vista para leerse. Su uso frecuente, podría degradar la capacidad de lectura de las mismas y con ello podríamos perder la codificación del espécimen.

4.1.2. Interfaz de datos

En cuanto a los sistemas secundarios de manejo de la información, existen hoy en día muchos casos en los cuales se maneja la información en forma similar a la que se ha aplicado en este sistema. Por ejemplo:

- El Field Museum of Natural History de Chicago (www.fieldmuseum.org), utiliza un sistema de despliegue de imágenes que permite elegir entre fotografías de baja o alta resolución en línea.
- El Digital Imaging Project del Herbario de la Universidad de Florida (www.flmnh.ufl.edu/herbarium/), utiliza el mismo sistema que se ha aplicado en esta tesis, pero en la versión antigua, gratuita, basada en Shockwave Flash,

lo cual la hace incompatible con muchas plataformas y posee riesgos de seguridad. Esta versión no puede hacer uso de características avanzadas como la medición de secciones de la muestra o las herramientas de navegación que se han aplicado en el sistema del herbario HA.

- El Herbario Williard Sherman Turrell en Ohio, posee un sistema bastante parecido al que he aplicado en este trabajo, incluyendo el despliegue del mapa y de la imagen, pero nuevamente, utiliza tecnología que es incompatibile con muchos sistemas y que podría ser mejorada mediante el uso de html5, como se hizo en el presente trabajo.
- El Museo de Historia Natural de Francia en París, posee herramientas de despliegue gráfico de imágenes y búsquedas taxonómicas, pero carece de herramientas que muestren en un mapa las coordenadas.
- El Herbario de la Universidad de Michigan, por otro lado utiliza un sistema muy parecido al que utilicé en este trabajo, con herramientas de ampliación de la imagen y navegación, pero tampoco tiene herramientas de medición y otras herramientas que provee zoomify. Tampoco tiene un interfaz que indique en un mapa la localización del espécimen.

CONCLUSIONES

- La tecnología RFID en la actualidad es bastante sólida y se utiliza con éxito en muchas actividades. Su uso diario, demuestra que es una tecnología confiable, poderosa y estable. Las pruebas realizadas en el Herbario Azuay, demuestran su aplicabilidad en colecciones biológicas. El soporte que las tecnologías de manejo de bases de datos en Internet proveen, complementan el uso de RFID haciendo el manejo de las muestras mucho más fácil y eficiente. La fragilidad de las muestras biológicas, puede ser superada en gran parte mediante el uso de estas tecnologías combinadas. Por estas razones y a la luz de las nuevas tecnologías RFID que han aparecido en los últimos años, como NFC, resulta impostergable el iniciar un proceso de manejo con tecnología actual de las colecciones biológicas. En el caso del Herbario HA, gracias a su tamaño, es muy factible el iniciar este proceso, liderando la innovación tecnológica en el manejo de Herbarios.
- Las etiquetas que se han aplicado en el herbario, son estables, menos vulnerables, fáciles de leer, no compiten por el espacio, pero tienen una desventaja, que es el que requerimos de un lector externo para leerlas. Es por ello que lo mejor es un sistema que combine ambas técnicas. Por otro lado, como hemos visto anteriormente, a diferencia de la mayoría de sistemas de interfaz de datos usados en los herbarios en la actualidad, este sistema combina de manera exitosa, tanto la información textual, como el apoyo gráfico en manera de mapas e imágenes en alta resolución. Esta es la primera experiencia a nivel mundial en la cual se combinan las modernas tecnologías de interfaz de datos descritos y el uso de etiquetas RFID, por lo cual se convierte en el primer prototipo funcional de ésta tecnología. Es de esperar que muchos otros desarrollos le seguirán a esta experiencia y permitirán que el herbario HA, así como muchos otros herbarios alrededor del mundo, puedan sacar un mayor provecho de las actuales tecnologías de la información, comunicaciones y trazabilidad, como soporte para la investigación en ciencias biológicas.

BIBLIOGRAFÍA

- ETAG (European Technology Assessment Group). RFID and Identity Management in Everyday Life, Striking the balance between convenience, choice and control. Germany: European Parliament, 2006.
- Godfray, H. C. J.; Clark, B. R.; Kitching, I. J.; Mayo, I. J. and Scoble, M. J. "The Web and the Structure of Taxonomy." *Systematic Biology* 2007: 943–955.
- Global Biodiversity Information Facility. Country Report – Ecuador, 2015. Denmark: GBIF, 2015.
- Jolley-Rogers, G.; Yeates, D.K.; Croft, J.; Cawsey, E. M.; Suter, P; Webb, J.; Morris, R.G.; Qian, Z.; Rodriguez, E. & Mandecki, W. "Ultra-small RFID p-Chips on the heads of entomological pins provide an automatic and durable means to track and label insect specimens." *Zootaxa* 2012: 31-42.
- Maurer Rhoda. Labelling our Collections - Results of a Survey. England: Botanic Gardens Conservation International, 1999.
- Pulteney , Richard; Maton , William George. A General View of the Writings of Linnaeus. London: R. Taylor & Co., 1805.
- Pérez-Schultheiss Jorge. "Biodiversidad, Taxonomía y el valor de los estudios descriptivos." *Boletín de Biodiversidad de Chile*, 2009
- Vicens. Josep. "Protección de los herbarios frente a los ataques de plagas: del sublimado corrosivo a las feromonas sintéticas." *Boletín De La Asociación De Herbarios Ibero-Macaronésicos* 1997.

Sitios web

iDigio. "Specimen Barcode and Labeling Survey Results." iDigBio Integrated Digitized Biocollections. 17 Diciembre 2014. National Science Foundation's Advancing Digitization of Biodiversity Collections Program. 11 Enero 2015 https://www.idigbio.org/wiki/index.php/Specimen_Barcode_and_Labeling_Survey_Results.

FQ Ingeniería Electrónica. "Ventajas de la tecnología RFID versus el Código de Barras." FQ Ingeniería Electrónica. 4 Noviembre 2015. FQ Ingeniería Electrónica. 17 Abril 2016 <http://www.fqingenieria.com/es/conocimiento/ventajas-de-la-tecnologia-rfid-versus-el-codigo-de-barras-82>.

Gurney, R., Badcock, N. Garnett, N & Godfray, H.C.J. (Eds.). "The Environmental eScience Revolution." The Godfray Lab. 2016. University of Oxford. Mayo 2015 <https://zoo-godfray.zoo.ox.ac.uk/projects/biodiversity-informatics-taxonomy/>.

Mozilla Developer Network y colaboradores individuales de 2005-2016 .. "AJAX." Mozilla Developer Network. 21 ago. 2012 22:38:10. La Red de Desarrolladores de Mozilla (MDN). 22 Enero 2016 <https://developer.mozilla.org/es/docs/AJAX>.

Royal Botanic Gardens, Kew. "Neotropical Flowering Plants Neotropikey." Kew Royal Botanic Gardens. Julio 2016. Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. 21 12 2015 <http://www.kew.org/science/tropamerica/neotropikey/families/index.htm>.

Thiers, B. [continuously updated]. "Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff." Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff.. 2016. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. . 12 Abril 2016 <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>.

University of Florida Herbarium / Florida Museum of Natural History. "DIGITAL IMAGING." UNIVERSITY OF FLORIDA HERBARIUM COLLECTIONS

CATALOG DIGITAL IMAGING. 22 October 2013. The University of Florida Herbarium Florida Museum of Natural History and the University of Florida. Febrero 7 2016. <http://www.flmnh.ufl.edu/herbarium/cat/catdigitalimaging.asp>.

Varios autores. "jQuery. "Wikipedia, La enciclopedia libre. 10 jun 2016. Fundación Wikimedia. 7 Marzo 2015 <https://es.wikipedia.org/wiki/JQuery>.

Wieczorek, J.; Döring, M.; De Giovanni, R.;Robertson, T., Vieglais, D.. "Darwin Core. "Biodiversity Information Standards TDWG. 2009-02-12. Darwin Core Task Group. 2015-06-05 <http://rs.tdwg.org/dwc/index.htm>.

ANEXOS

ANEXO 1: Diccionario de la Base de Datos

Enlaces

Columna	Tipo	Nulo	Predeterminado	Comentarios	MIME
id	int(7)	No			
noazuay	varchar(7)	No			
microchip	varchar(25)	No			
url	varchar(300)	No			
texto	varchar(300)	No			

Índices

Nombre de la clave	Tipo	Único	Empaquetado	Columna	Cardinalidad	Cotejamiento	Nulo	Comentarios
PRIMARY	BTREE	Sí	No	id	55	A	No	

Muestras

Columna	Tipo	Nulo	Predeterminado	Comentarios	MIME
id	int(5)	No			
No_Azuay	int(5)	Sí	NULL		
Grupo_botanico	varchar(15)	Sí	NULL		
Familia	varchar(16)	Sí	NULL		
Genero	varchar(18)	Sí	NULL		
Especie	varchar(74)	Sí	NULL		
Subespecie	varchar(36)	Sí	NULL		
Fertilidad	varchar(1)	Sí	NULL		
Comun	varchar(41)	Sí	NULL		
Habito	varchar(20)	Sí	NULL		
Determinador	varchar(60)	Sí	NULL		

Fecha	varchar(11)	Sí	NULL		
Colector	varchar(72)	Sí	NULL		
No_coleccion	int(5)	Sí	NULL		
Fecha_col	varchar(10)	Sí	NULL		
Asistente	varchar(88)	Sí	NULL		
Bosque	varchar(35)	Sí	NULL		
Provincia	varchar(16)	Sí	NULL		
Canton	varchar(20)	Sí	NULL		
Parroquia	varchar(22)	Sí	NULL		
Especifico	varchar(308)	Sí	NULL		
Altitud	int(4)	Sí	NULL		
Coordenadas_id	varchar(191)	Sí	NULL		
Coordenadas	varchar(77)	Sí	NULL		
Duplicados	varchar(511)	Sí	NULL		
Uso	varchar(620)	Sí	NULL		
Observacion	varchar(620)	Sí	NULL		
Especialista	varchar(308)	Sí	NULL		
Donado_a	varchar(30)	Sí	NULL		
Donado_por	varchar(8)	Sí	NULL		
AE	varchar(10)	Sí	NULL		
Microchip	varchar(20)	No			
y	int(6)	No			

Índices

Nombre de la clave	Tipo	Único	Empaquetado	Columna	Cardinalidad	Cotejamiento	Nulo	Comentario
PRIMARY	BTREE	Sí	No	id	828	A	No	PRIMARY

ANEXO 2: Muestras etiquetadas con RFID

id	No. Azuay	Grupo botánico	Familia	Genero	Especie	Microchip
5356	5356	Dicotyledonae	APIACEAE	Azorella	sp.	0002959774
5511	5511	Monocotyledonae	ALSTROEMERiaceae	Bomarea	sp.	0002985223
5431	5431	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Baccharis	alpina Kunth	0004669921
9574	9574	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Baccharis	buxifolia (Lam.) Pers.	0004669962
1473	1101	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Baccharis	buxifolia (Lam.) Pers.	0004726667
10024	574	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Baccharis	latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.	0004726713
10022	10022	Fungi	PARMELIACEAE	Bryoria	nitidula (Th. Fr.) Brodo & D.Hawksw.	0004733298
1474	1474	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Loricaria	ilinissae (Benth.) Cuatrec.	0004733298
1472	1472	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Loricaria	thuyoides (Lam.) Sch. Bip.	0004733390
596	596	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Gnaphalium	sp.	0005053503
600	600	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Galinsoga	sp.	0005061582
10506	10506	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Cotula	australis (Sieber ex Spreng.) Hook. f.	0005061599
1413	1413	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Chrysactinium	acaule (Kunth) Wedd.	0005064036
5124	5124	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Aphanactis	jamesoniana Wedd.	0005066393
10062	883	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Coreopsis	sp.	0005069249
9584	9584	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Erigeron		0005069314

10063	639	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Chrysactinium	acaule (Kunth) Wedd.	0005070118
598	598	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Bidens	andicola Kunth	0005070438
10026	546	Dicotyledonae	ARALIACEAE	Oreopanax	avicenniifolius (Kunth) Decne. & Planch.	0005075773
582	582	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Badilloa	salicina (Lam.) R. M. King & H. Rob.	0005075806
9565	9565	Dicotyledonae	APIACEAE	Azorella	biloba (Schltdl.) Wedd.	0005077096
5377	5377	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Gnaphalium	sp.	0005077214
5107	5107	Dicotyledonae	APIACEAE	Azorella	sp.	0005078218
8513	8513	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Cotula	australis (Sieber ex Spreng.) Hook. f.	0005079525
5243	5243	Dicotyledonae	APIACEAE	Azorella	pedunculata (Spreng.) Mathias & Constance	0005079778
8367	8367	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Chuquiraga	jussieui J.F. Gmel.	0005081318
10027	560	Dicotyledonae	APIACEAE	Daucus	montanus Humb. & Bonpl. ex Spreng.	0005083793
5372	5372	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Chuquiraga	jussieui J.F. Gmel.	0005084047
5274	5274	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Conyza	sp.	0005084464
8362	8362	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Baccharis	tricuneata (L. f.) Pers.	0005084492
5209	5209	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Gnaphalium	sp.	0005086138
8260	8260	Dicotyledonae	APIACEAE	Eryngium	humile Cav.	0005086760
5160	5160	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Gnaphalium	sp.	0005087636
10028	8460	Dicotyledonae	APIACEAE	Niphogeton	dissecta (Benth.) J.F. Macbr.	0005088443
9461	9461	Dicotyledonae	APIACEAE	Eryngium	humile Cav.	0005088456
8278	8278	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Chrysactinium	acaule (Kunth) Wedd.	0005088474

10029	576	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Baccharis	huairacajensis Hieron.	0005089338
5365	5365	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Baccharis	alpina Kunth	0005089514
10490	10490	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Chuquiraga	jussieui J.F. Gmel.	0005089605
5436	5436	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Cotula	mexicana (DC.) Cabrera	0005089773
8302	8302	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Aphanactis	jamesoniana Wedd.	0005090012
5386	5386	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Cotula	australis (Sieber ex Spreng.) Hook. f.	0005090586
5310	5310	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Aphanactis	jamesoniana Wedd.	0005091623
876	876	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Critoniopsis	floribunda (Kunth) H. Rob.	0005092816
5311	5311	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Baccharis	genistelloides (Lam.) Pers.	0005092879
10030	10539	Dicotyledonae	APIACEAE	Oreomyrrhis	andicola (Kunth) Endl. ex Hook. f.	0005094269
8279	8279	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Belloa	longifolia (Cuatrec. & Aristeg.) Sagást. & M.O. Dillon	0005095061
5348	5348	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Gnaphalium	sp.	0005099923
10031	581	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Ageratina	sp.	0005100287
5139	5139	Monocotyledonae	ALSTROEMERIACEAE	Bomarea	chimborazensis Baker	0005102075
10032	592	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Achyrocline	sp.	0005102630
8600	8600	Dicotyledonae	APIACEAE	Arracacia	elata H. Wolff	0005102645
10033	10561	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Aphanactis	jamesoniana Wedd.	0005102999
1414	1414	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Chrysactinium	acaule (Kunth) Wedd.	0005103307

5305	5305	Dicotyledonae	APIACEAE	Eryngium	humile Cav.	0005105011
9570	9570	Dicotyledonae	APIACEAE	Azorella	biloba (Schltdl.) Wedd.	0005106584
10034	1099	Dicotyledonae	APIACEAE	Niphogeton	sp.	0005106830
5170	5170	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Diplostephium	sp.	0005107846
8425	8425	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Baccharis	aff. alpina Kunth	0005109283
5125	5125	Dicotyledonae	APIACEAE	Oreomyrrhis	andicola (Kunth) Endl. ex Hook. f.	0005110292
8314	8314	Dicotyledonae	APIACEAE	Eryngium	humile Cav.	0005111390
5525	5525	Dicotyledonae	APIACEAE	Azorella	multifida (Ruiz & Pav.) Pers.	0005111425
5248	5248	Monocotyledonae	ALSTROEMERIACEAE	Bomarea	glaucescens (Kunth) Baker	0005112542
5263	5263	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Culcitium	sp.	0005112966
10035	662	Dicotyledonae	APIACEAE	Hydrocotyle	humboldtii A. Rich.	0005117040
10036	8509	Dicotyledonae	APIACEAE	Oreomyrrhis	andicola (Kunth) Endl. ex Hook. f.	0005120663
2709	2709	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Badilloa	salicina (Lam.) R. M. King & H. Rob.	0005121600
5354	5354	Dicotyledonae	APIACEAE	Azorella	sp.	0005124627
8604	8604	Dicotyledonae	ARALIACEAE	Oreopanax	acerifolius (Willd. ex Schult.) Seem.	0005125010
5150	5150	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Baccharis	trinervis Pers.	0005125072
8301	8301	Dicotyledonae	APIACEAE	Azorella	biloba (Schltdl.) Wedd.	0005126647
5308	5308	Dicotyledonae	APIACEAE	Arracacia	elata H. Wolff	0005127413
10037	6514	Dicotyledonae	APIACEAE	Azorella	biloba (Schltdl.) Wedd.	0005132837

10050	10549	Asterales	ASTERACEAE	Bidens	andicola Kunth	0005133391
10038	10491	Dicotyledonae	APIACEAE	Azorella	pedunculata (Spreng.) Mathias & Constance	0005139767
8280	8280	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Baccharis	genistelloides (Lam.) Pers.	0005139950
5295	5295	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Culcitium	sp.	0005140084
5260	5260	Dicotyledonae	APIACEAE	Oreomyrrhis	andicola (Kunth) Endl. ex Hook. f.	0005141589
8340	8340	Dicotyledonae	APIACEAE	Niphogeton	azorelloides Mathias & Constance	0005144414
601	601	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Bidens	sp.	0005144429
5312	5312	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Diplostephium	sp.	0005144475
5168	5168	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Bidens	sp.	0005144740
8394	8394	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Gamochoaeta	americana (Mill.) Wedd.	0005145586
10039	10554	Dicotyledonae	APIACEAE	Azorella	pedunculata (Spreng.) Mathias & Constance	0005146862
10040	7561	Dicotyledonae	APIACEAE	Azorella	multifida (Ruiz & Pav.) Pers.	0005155290
5196	5196	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Gnaphalium	sp.	0005158062
10041	8459	Dicotyledonae	APIACEAE	Niphogeton	ternata (Willd. ex Schltr.) Mathias & Constance	0005158212
10042	2041	Dicotyledonae	APIACEAE	Niphogeton	dissecta (Benth.) J.F. Macbr.	0005158255
5204	5204	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Gnaphalium	sp.	0005158431
5368	5368	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Culcitium	sp.	0005158626
10051	587	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Barnadesia	arborea Kunth	0005158657
4881	4881	Dicotyledonae	APIACEAE	Azorella	multifida (Ruiz & Pav.) Pers.	0005158831

9711	9711	Dicotyledonae	ARALIACEAE	Oreopanax		0005158854
599	599	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Galinsoga	parviflora Cav.	0005159118
5342	5342	Dicotyledonae	APIACEAE	Daucus	sp.	0005160241
10043	8431	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Baccharis	macrantha Kunth	0005160490
8304	8304	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Chaptalia	cordata Hieron.	0005167010
1	512	Monocotyledonae	ALSTROEMERIACEAE	Bomarea	setacea (Ruiz & Pav.) Herb.	0005167206
9745	9745	Dicotyledonae	APIACEAE	Arracacia	moschata (Kunth) DC	0005167247
5417	5417	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Diplostephium	sp.	0005167613
10044	157	Monocotyledonae	ALSTROEMERIACEAE	Bomarea	densiflora Herb.	0005169950
5244	5244	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Culcitium	sp.	0005170023
5259	5259	Dicotyledonae	APIACEAE	Oreomyrrhis	andicola (Kunth) Endl. ex Hook. f.	0005170269
5494	5494	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Dorobaea	pimpinellifolia (Kunth) B. Nord.	0005170463
10045	572	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Ageratina	sp.	0005172924
5167	5167	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Eupatorium	sp.	0005175539
10046	8500	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Baccharis	arbutifolia (Lam.) Vahl	0005178738
10495	10495	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Diplostephium		0005178883
8585	8585	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Dorobaea	pimpinellifolia (Kunth) B. Nord.	0005179260
5324	5324	Dicotyledonae	APIACEAE	Niphogeton	azorelloides Mathias & Constance	0005179806
5155	5155	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Baccharis	sp.	0005182172

10047	8451	Monocotiledonae	ALSTROEMERACEAE	Bomarea	glaucescens (Kunth) Baker	0005183152
5403	5403	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Chrysactinium	acaule (Kunth) Wedd.	0005184539
8583	8583	Monocotiledonae	ALSTROEMERACEAE	Bomarea	glaucescens (Kunth) Baker	0005186026
8383	8383	Dicotyledonae	APIACEAE	Azorella	multifida (Ruiz & Pav.) Pers.	0005186259
10507	582	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Badilloa	salicina (Lam.) R. M. King & H. Rob.	0005187354
5370	5370	Dicotyledonae	APIACEAE	Oreomyrrhis	andicola (Kunth) Endl. ex Hook. f.	0005189028
8272	8272	Dicotyledonae	APIACEAE	Azorella	biloba (Schltdl.) Wedd.	0005194103
10048	2080	Monocotiledonae	ALSTROEMERACEAE	Bomarea	setacea (Ruiz & Pav.) Herb.	0005196234
5323	5323	Dicotyledonae	APIACEAE	Arracacia	sp.	0005197810
10049	575	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Baccharis	teindalensis Kunth	0005200926
5434	5434	Dicotyledonae	APIACEAE	Lilaeopsis	schaffneriana (Schltdl.) J.M. Coult. & Rose	0005202615
8575	8575	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Chrysactinium	acaule (Kunth) Wedd.	0005202891
5193	5193	Dicotyledonae	ASTERACEAE	Gnaphalium	sp.	0005203916

GLOSARIO

AJAX

JavaScript Asíncrono y XML (AJAX) no es una tecnología por sí misma, es un término que describe un nuevo modo de utilizar conjuntamente varias tecnologías existentes. Esto incluye: HTML o XHTML, CSS, JavaScript, DOM, XML, XSLT, y el objeto XMLHttpRequest. Cuando estas tecnologías se combinan en un modelo AJAX, es posible lograr aplicaciones web capaces de actualizarse continuamente sin tener que volver a cargar la página completa. Esto crea aplicaciones más rápidas y con mejor respuesta a las acciones del usuario.

jQuery

jQuery es una biblioteca de JavaScript, creada inicialmente por John Resig, que permite simplificar la manera de interactuar con los documentos HTML, manipular el árbol DOM, manejar eventos, desarrollar animaciones y agregar interacción con la técnica AJAX a páginas web. Fue presentada el 14 de enero de 2006 en el BarCamp NYC. jQuery es la biblioteca de JavaScript más utilizada (URL (14)).