Experience in Improving the Seed Production Process Through Mobile Devices in Plant Genebanks

D. F. González, A. M. Hernández, L. Machuca

***Abstract*—this paper presents the experience in improving the process of seed production field at Genebank of CIAT implementing a mobile computing system. In this experience serves the analysis of critical sub-process, tools and techniques used which are improved or replaced with mobile computing system, also enables compliance with the characteristics of a quality system documentation of genebank.**

***Keywords*— process improvement, seed production in field, characterization, mobile application, mobile devices, plant genetic resources, wireless communications, traceability, QR, bar code.**

I. INTRODUCCIÓN

Los bancos de recursos genéticos tienen como misión garantizar la conservación y la disponibilidad de sus colecciones para diferentes propósitos tales como seguridad alimentaria, estudios de biodiversidad y mejoramiento de cultivos. Por tanto, los bancos que mantienen colecciones de semillas tienen una serie de procesos para la producción en campo, con el fin de regenerar y aumentar la cantidad de materiales en los inventarios de conservación. Además, en estos procesos también se toman y corroboran datos sobre las características morfológicas de cada variedad sembrada a lo cual se le denomina caracterización.

El manejo en campo de semillas genéticamente heterogéneas es uno de los procesos más críticos en un banco de recursos genéticos. Esto es debido a que existen riesgos de pérdida de las características originales de los materiales y pérdida de su integridad genética que pueden ser causados por una identificación incorrecta, mezclas mecánicas, inadecuada gestión de los sitios de siembra, entre otros factores, lo cual genera re-procesos e incremento en los costos de operación [1].

Para minimizar estos riesgos y mejorar la calidad de los procesos de producción de semillas se puede implementar soluciones tecnológicas que promuevan el control e integridad de la información. Una de estas soluciones son los sistemas de información que pueden obtener y registrar oportunamente los datos desde y hacia los sitios de siembra con el fin de hacer trazabilidad de los materiales facilitando el manejo y toma decisiones por parte de trabajadores, técnicos y coordinadores.

Por tanto para un banco de recursos genéticos se ha vuelto indispensable tener un sistema de información que le permita registrar, centralizar y consultar los datos de los procesos de producción en campo, donde dicho sistema deberá cumplir con las características básicas tales como integridad de los datos, recuperación rápida de la información, operaciones fáciles para el usuario, funcionamiento flexible y organización de datos [2][3].

Con la masificación del uso de dispositivos móviles y sus beneficios se han propiciado el desarrollo de aplicaciones para Tablet enfocadas a este sector, donde se destacan la Universidad Estatal de Kansas que ha desarrollado una aplicación denominada FieldBook [4]. El Instituto Internacional del Arroz (International Rice Institute, IRRI) con sede en Filipinas también ha desarrollado la aplicación para tablet Android denominada FieldLab[5]; y también se encuentra GerminateMobile aplicación para Tablet Android desarrollada por el grupo de ciencias computacionales del instituto escoses The James Hutton Institute [6]. Estas aplicaciones móviles tienen en común permitir al usuario tomar datos de caracterización y evaluaciones de materiales, pero no permite registrar los datos de siembra, cosecha y pos-cosecha; también ofrecen la captura de datos mediante interfaces de formularios con validadores de tipos de datos, facilita las búsquedas y se vinculan a través de lectores de códigos de barras. Sin embargo carecen de la sincronización con una base de datos central, por tanto los usuarios deben exportar la información y compilarla ellos mismos donde puede incurrir en errores, pérdida de datos y demoras. Aunque las aplicaciones GerminateMobile y FieldLab tienen una interfaz para conectarse a software de escritorio, esta forma sigue siendo asíncrona.

Debido a la necesidad de obtener y registrar información oportuna desde el sitio de trabajo, lo cual permita hacer una trazabilidad y mejorar la producción de semillas, se ha propuesto el desarrollo de una aplicación móvil mediante Tablet para registrar los datos en el campo y éstos sean sincronizados con la base de datos central del banco de recursos genéticos mediante web services.

El caso aplicado de este desarrollo es el banco de recursos genéticos del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) el cual mantiene dos colecciones mundiales de semillas de gran importancia para la agricultura y la alimentación como lo son el cultivo de frijol con 37,987 variedades y los pastos tropicales con 23,140 variedades [2]. Los procesos de producción de semilla en los que se enfoca este trabajo son: los procesos de siembra, cosecha y etiquetado de materiales, caracterización y recepción de materiales en pos-cosecha. En estos procesos se identificaron deficiencias en el registro y consolidación de la información ya que ocasionaban cuellos de botella en la recuperación y disponibilidad de los datos sobre materiales sembrados y cosechados. Todos estos procesos se han venido realizando a través de registros en papel en donde los

D. F. González, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, d.f.gonzalez@cgiar.org

A. M. Hernández, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, a.hernandez@cgiar.org

L. Machuca, Universidad del Valle, Cali, Colombia, liliana.machuca@correounivalle.edu.co

actores involucrados debían pasar tiempo transcribiendo, corrigiendo y validando la información con respecto a la base de datos central del banco. Adicionalmente, se generaba contratiempos para hacer seguimiento sobre una variedad durante y finalizado el proceso.

La estructura del artículo se encuentra definida de la siguiente manera: En la sección II se presenta el análisis llevado a cabo sobre los procesos de producción en campo. En la sección III se describen los procesos o subprocesos críticos en campo mencionando algunas herramientas y técnicas usadas en éstos. En la sección IV se realiza un análisis de los resultados obtenidos por la implementación del sistema de computación móvil en campo. En la sección V se describen las experiencias dadas con la post-implementación de los dispositivos móviles en el mejoramiento de procesos. Finalmente, la sección VI corresponde a las conclusiones y trabajos futuros.

II. ANALISIS DE PROCESOS

En la búsqueda por mejorar la calidad de los procesos llevados a cabo en la producción de semillas en campo fue necesario identificar algunos de los propósitos fundamentales de un banco de recursos genéticos los cuales son presentados en la Tabla 1. [7]. También, fue necesario identificar procedimientos, herramientas y técnicas usadas para cumplir con estos propósitos.

Durante la identificación de procedimientos se notó que no se tenía una documentación detallada de los procedimientos a realizar en campo y que éstos se basaban en el conocimiento adquirido por el curador (Responsable de conservar la biodiversidad de un cultivo) y los trabajadores de campo. Por tanto, esto dificulta la rotación del personal y los cambios en los procedimientos ya que puede tomar más tiempo en ser adaptado por los usuarios.

Las herramientas y técnicas usadas para llevar a cabo la producción y documentación en campo no eran las adecuadas para el trabajo que se debía realizar y las condiciones bajo las cuales debían ser usadas. Realizar la captura de datos en papel por distintos trabajadores dificulta la lectura de la caligrafía; las modificaciones o consultas de información se convierten en situaciones que toman mucho tiempo al usuario y detección de posibles cruces o errores en etapas tempranas no son posibles.

La identificación de los materiales se realizaba mediante etiquetas de códigos de barras. Aunque este era un método correcto de identificación dificultaba al usuario la lectura y la escritura de los códigos en el papel ocasionando retrasos y re-procesos por falta de herramientas complementarias.

La transferencia de información se realizaba de manera manual y consistía en dos etapas: una en la que se transcribía la información a tablas de Excel y otra en la que el trabajador debía trasladarse a la estación principal para realizar la entrega de esta información.

Teniendo en cuenta lo anterior, es evidente la necesidad de una mejora en la calidad del proceso de producción en campo. Mejora que permita realizar la captura de información de manera más eficiente haciendo uso de formularios digitales que permitan el registro y recuperación de información, hacer uso de herramientas complementarias para la identificación de los materiales con código de barra, identificar y evitar posibles cruces en determinadas ubicaciones mediante un sistema flexible y con datos actuales de los materiales en campo, trasferir información desde las distintas estaciones experimentales, integrar la información dejándola a disposición del curador de campo para posteriores análisis.

Para la ejecución de una mejora es necesario analizar adecuadamente el proceso de producción en campo [8] identificando cada uno de sus subprocesos y teniendo en cuenta los datos usados en éstos y cumpliendo con los propósitos fundamentales del banco de recursos genéticos del CIAT.

TABLA I. PROPOSITOS FUNDAMENTALES DEL BANCO DE RECURSOS GENETICOS DEL CIAT

Nº	PROPÓSITO
1	Conservar la diversidad biológica.
2	Conservación a largo plazo de los recursos genéticos.
3	Garantizar que las personas puedan acceder a los recursos.
4	Regeneración de material genético.
5	Manejar la información de manera confiable y organizada.

Para llevar a cabo los propósitos de conservación de la diversidad biológica de los materiales a largo plazo es necesario realizar una serie de procesos en los cuales, constantemente a los materiales conservados se les realizan una serie de evaluaciones para determinar su estado durante su tiempo de conservación. Si en algún momento estos materiales se encuentran con poca semilla, viabilidad baja o no son sanos deben ser llevados al proceso de producción (Multiplicación / Regeneración) [9] como se muestra en la Fig. 1.

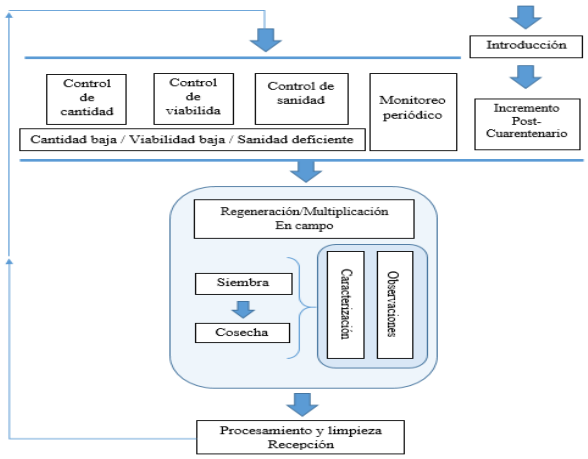

Figura 1: Diagrama de flujo de semillas del banco de recursos genéticos del CIAT.

En la Fig. 1 se muestra el diagrama de flujo para llevar a cabo la conservación de semillas en el banco de recursos genéticos del CIAT, en ella se puede observar como el proceso de regeneración/multiplicación en campo es clave para realizar una correcta conservación de semillas.

Una vez los materiales son enviados a campo pasan por

una serie de subprocesos como se muestra en la Fig. 2 con los cuales se busca aumentar la cantidad de semillas, mejorar la viabilidad, mejorar la sanidad o llevar un monitoreo periódico del estado de los materiales.

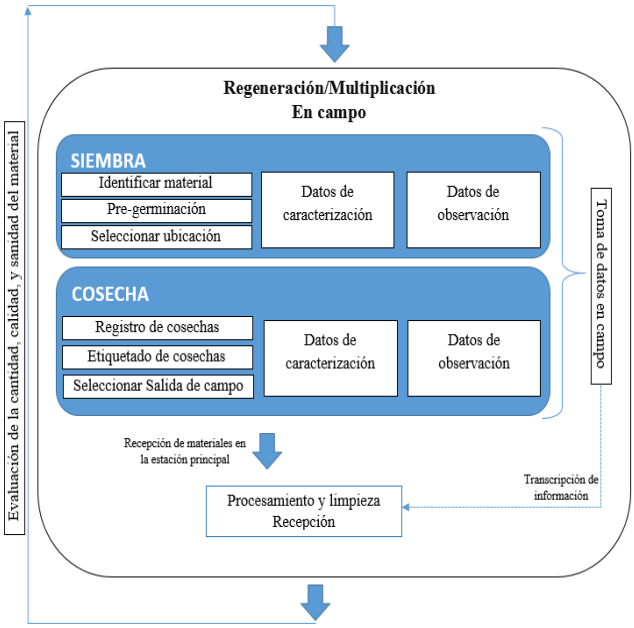

Figura 2: Diagrama de subprocesos de producción en campo.

En la Fig. 2 se muestran los subprocesos que se realizan durante la producción en campo, también se describe qué se realiza durante cada etapa.

Como subprocesos se identificaron:

1. Siembra.
2. Cosecha y Etiquetado de materiales.
3. Caracterización.
4. Observaciones.
5. Gestión de lugares de siembra.
6. Generación de reportes.
7. Recepción de materiales (post-cosecha).

En estos subprocesos se maneja la información por medio de registros escritos a mano y las herramientas usadas para la captura de información no son adecuadas para realizar un trabajo en campo eficiente, esto ocasiona que los materiales sean enviados a recepción antes que la información relacionada con estos llegue a la estación principal.

III. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS EN LA PRODUCCIÓN EN CAMPO

Una vez el material es enviado a campo por motivo de multiplicación o regeneración de material a este se le debe asignar un número de identificación (# parcela) e inicia su ciclo de producción como se detalla a continuación:

1) Siembra: es el proceso donde al material se le asigna una fecha de siembra, cantidad de semillas sembradas y ubicación del material en una estructura (invernaderos o lotes), este proceso es de gran importancia y está muy relacionado con la gestión de lugares de siembra puesto que la asignación de una ubicación debe cumplir con ciertas características como lo son:

- el sitio debe tener características morfo-agronómicas similares a las del sitio de colecta.
- los materiales sembrados en sitios cercanos deben ser de especies diferentes para evitar el cruce de plantas.

2) Gestión de lugares de siembra: Durante esta etapa el usuario selecciona un sitio que cumpla con las características geográficas similares a las de colecta del material o que beneficien la producción del material en campo, esta asignación de lugares consta de:

- Seleccionar una estación en la cual el material pueda tener la altura, húmedad, tipo de suelo adecuado.
- Seleccionar una estructura (invernadero o lote) con espacio suficiente para el material.
- Seleccionar un espacio donde el material no esté expuesto a cruces con materiales de la misma especie.
- Registrar el sitio en que se realiza la siembra.

3) Cosecha y etiquetado de materiales: en este proceso se identifica qué materiales iniciaron su primera cosecha, la cantidad de plantas cosechadas y la fecha de inicio de cosecha. En días posteriores se debe asignar una fecha de fin de cosecha, al igual que cada cosecha debe ser identificada con el código del material cosechado.

En este proceso el usuario puede asignar un motivo de salida de un material de acuerdo con varios criterios como lo son cantidad de semilla suficiente, muerte del material, material enfermo, entre otros.

4) Caracterización [10]: Este proceso se lleva a cabo durante toda la etapa de producción de material en campo puesto que es donde se identifica las características morfológicas que el material presenta. Entre éstas se tiene: color de flor, color de hipocotilo, hábito de crecimiento, tipo de vaina, entre otros.

Los tipos de datos de caracterización pueden variar con el tiempo debido a los propósitos y prioridades del banco que se tengan en ese momento.

5) Observaciones: El ingreso de observaciones se realiza durante toda la etapa de producción en campo permitiendo el registro de información oportuna para la identificación de problemas relacionados al material como lo sería detección de posibles cruces, enfermedades y evitar pérdidas de materiales a tiempo.

6) Generación de reportes: Esta etapa se realiza después que la información colectada es transcrita a Excel donde el coordinador de campo o curador analizan los datos y le permite tomar decisiones acerca de espacios libres, materiales con posibles cruces, materiales con posibles enfermedades, materiales que falten por caracterizar, materiales que hayan producido semillas suficientes entre otras.

7) Recepción de materiales: Una vez las semillas cosechadas en campo llegan al área de recepción en la estación principal son identificados por medio de los códigos enviados por los trabajadores de campo. Se registra la cantidad de semillas después de que estas son procesadas y descontaminadas (polvo, humedad, etc.) y posteriormente ésta información es almacenada en la base de datos.

La información colectada en los distintos subprocesos es llevada a la estación principal y transcrita a Excel para posteriormente ser cargada a la base de datos central para futuros análisis.

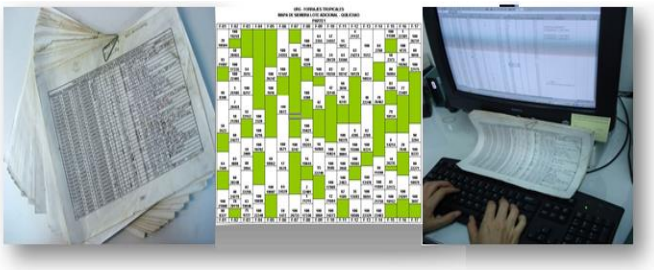

Figura 3: Manejo de la información en campo.

IV. MEJORAMIENTO DE PROCESOS CON LA IMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS MÓVILES

Un banco de recursos genéticos internacional requiere del manejo de gran cantidad de información durante los procesos de producción en campo por lo cual es necesario tener un sistema de información que permita llevar un adecuado funcionamiento, registro y almacenamiento de información.

De acuerdo con [7] es necesario tener un sistema de información que cumpla con algunas características básicas como las mostradas en la Tabla 2, las cuales proporcionan la base para un adecuado sistema de información de calidad.

TABLA 2. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Nº	CARACTERÍSTICA
1	Integridad de los datos.
2	Recuperación rápida de la información.
3	Operaciones fáciles para el usuario.
4	Funcionamiento flexible.
5	Organización de datos

En busca de cumplir con un sistema de información de calidad y de mejorar los procesos que se llevaban a cabo en la producción de semillas en campo fue necesario implementar un sistema de computación móvil que permitiera cumplir con las características de la Tabla 2. Detalles de su desarrollo se encuentran descritos en [11].

El sistema de computación utiliza dispositivos móviles como herramientas de apoyo y técnicas de sincronización de datos que se adaptan a las necesidades de los usuarios en campo. La arquitectura usada por el sistema de computación móvil se presenta en la Fig. 4, en ella se detallan sus componentes y las tecnologías usadas en el lado cliente/servidor

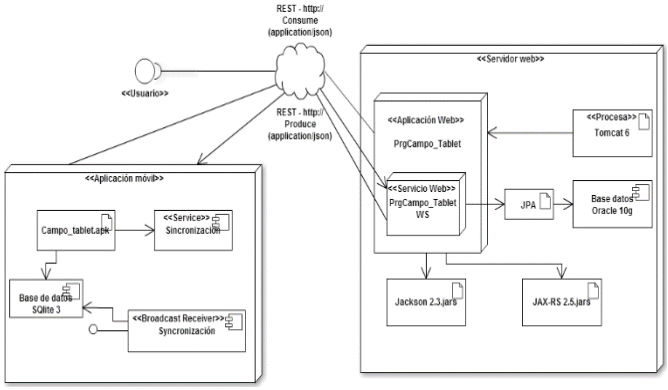

Figura 4: Arquitectura detallada del Sistema de computación móvil.

El sistema de computación móvil está conformado por un servidor web Apache Tomcat 6 el cual hospeda un conjunto de aplicaciones Web o componentes que permiten el adecuado funcionamiento del sistema. Sobre este servidor se ejecutan dos aplicaciones Web desarrolladas bajo la plataforma Java EE6 (Java Enterprise Edition 6) con el framework JSF (JavaServer Faces), una tecnología estándar para la construcción de interfaces de usuario del lado del servidor [12]. También se encuentran dos Web Services para la sincronización de información de los procesos de producción en campo y recepción. Estos Web Services se han implementado bajo el estilo de arquitectura Restful con el estándar JAX-RS 2.5 haciendo uso de la herramienta Jackson 2.3 la cual permite el análisis y procesamiento de datos en formato JSON [13]. El sistema también cuenta con una base de datos desarrollada en Oracle 10g, la cual es accedida por medio de JPA (Java Persistence API) que es una especificación Java que permite el mapeo y manejo de base de datos relacionales [14].

Por medio de un conjunto de protocolos en los servicios web se realiza una conexión a través de internet (GPRS/Wi-fi) con los clientes (desktop/Tablet's).

Las aplicaciones móviles son desarrolladas bajo la plataforma de Android para versiones 2.3 o 4.x utilizando componentes nativos y características de hardware como cámara y bluetooth, También cuentan con una persistencia local diseñada en SQLite3 [15], un motor de base de datos transaccional desarrollado para dispositivos móviles.

En la implementación del sistema de computación móvil se utilizan tablet's, lectores de códigos (códigos de barra y QR Quick Response Code) e impresoras móviles como herramientas de apoyo al proceso de producción en campo, estos dispositivos se encargan de capturar, registrar y sincronizar los datos [16].

Este sistema de computación móvil sirve de apoyo para cada uno de los subprocesos de producción en campo ya que utiliza formularios simplificados de entrada de datos en el dispositivo móvil como se muestra en la Fig. 5

La aplicación móvil está desarrollada bajo la plataforma Android para trabajar con una conexión online u offline a internet al igual que permite realizar la lectura e impresión de códigos de barras y QR, también se puede conectar mediante una conexión bluetooth con un lector de códigos externo para optimizar la identificación de los materiales.

La aplicación móvil cuenta con tres módulos:

1) Captura de datos: Los formularios contenidos en este módulo permiten llevar a cabo el registro y consulta de siembras, cosechas, caracterización, observaciones y generar etiquetas con códigos de barras y QR. Este se realiza de manera ágil y confiable puesto que consta de componentes de interfaz gráfica como listas, botones de chequeo, selectores de fecha y validación de datos numéricos y texto, los cuales minimizan la posibilidad de cometer errores en el momento de ingresar la información.

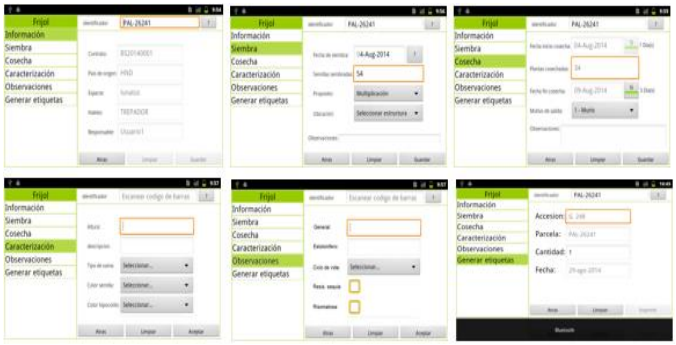

Figura 5: Formularios de captura de datos.

Debido a que los campos de información para la caracterización pueden variar en el tiempo la aplicación cuenta con un módulo flexible en el cual se pueden configurar de acuerdo a las necesidades del banco de recursos genéticos.

La aplicación cuenta con funcionalidades que gestionan fácilmente la vinculación con periféricos mediante la conexión bluetooth para generar etiquetas de cosecha por medio de impresoras móviles de código y agilizar la lectura por medio de lectores de código de barra y QR.

2) Gestión de estaciones: Este módulo permite gestionar las estructuras de campo (invernaderos y lotes) Fig. 6, brindándole flexibilidad al usuario para crear y modificar estructuras, al igual que permite identificar espacios libres, evitar cruces, consultar la ubicación de materiales y llevar cada uno de los subprocesos en sitio.

Figura 6: Modulo de gestión de estación.

3) Generador de reportes: Permite tomar decisiones de acuerdo con la información contenida en la Tablet, realizando consultas de acuerdo con filtros específicos (Propósitos de siembra, estructuras, motivos de salida, etc.) Fig.7.

Parcela	Stock	Accesion	Contrato	Fecha entrada	Especie	Pais O.	Proposito
PAL-26219	S10816	G51756	B20140003	08-Nov-2014	vulgaris	PER	Regeneracion
PAL-26222	S11015	G25702	B20140003	08-Nov-2014	lunatus	COL	Regeneracion
PAL-26224	S10743	G51732	BP20140003	14-Nov-2014	vulgaris	HUN	Regeneracion
PAL-26227	S10816	G51756	BP20140003	14-Nov-2014	vulgaris	PER	Regeneracion
PAL-26227	S10816	G51756	BP20140003	14-Nov-2014	vulgaris	PER	Regeneracion

Figura 7: Modulo generador de reportes.

Una vez las semillas cosechadas en campo llegan a la estación principal se realiza una identificación y verificación de los materiales de acuerdo con unos datos básicos (Accesión, Genero, Especie, etc.). También se hace una verificación visual del material comparándolo con la imagen contenida en la base de datos. Después de identificados se registra en la base de datos el ingreso de los materiales mediante una conexión Wi-Fi.

Este registro de información se lleva a cabo mediante el uso de una aplicación móvil en la estación principal Fig. 8. la cual le permite al usuario consultar la información asociada a un material mediante una conexión Wi-Fi al igual que permite consultar la imagen de este material permitiendo identificar y registrar la información de manera más eficiente.

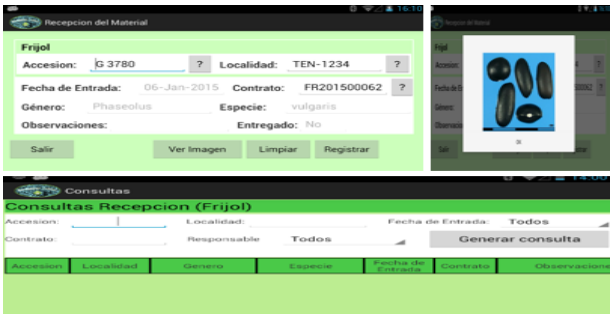

Figura 8: Aplicación móvil de recepción de materiales.

V. POST-IMPLEMENTACIÓN

Con la implementación de dispositivos móviles orientados al apoyo de los procesos de producción de semillas en campo se ha logrado obtener mejoras considerables en muchos aspectos de los cuales anteriormente se producían una serie de errores e inconvenientes que no podían ser resueltos fácilmente por el usuario.

Las aplicaciones móviles han distanciado al usuario de campo del manejo del papel y les ha permitido desarrollar habilidades en el uso de estas tecnologías, identificando necesidades y proponiendo mejoras.

Estas aplicaciones móviles han permitido que el usuario realice consultas de materiales rápidamente, se reduzcan re-procesos ocasionados por la escritura a mano, ayuda a optimizar el uso de recursos ya que los espacios libres en las estructuras se pueden identificar fácilmente, se minimizan los costos a causa de re-procesos o cruces que se identifican a tiempo.

Los dispositivos móviles tienen la capacidad de transferir información por medio de una conexión Wi-Fi con la

estación principal, lo que ha sido de gran importancia para el campo. Los terrenos son muy amplios y las estaciones se encuentran ubicadas en sitios muy distantes por lo que esta capacidad de transferir información permite tener datos a tiempo y reales.

Las aplicaciones móviles permiten identificar el flujo de los procesos a realizar y estandarizar la captura de los datos, permitiendo transferir el conocimiento a nuevos trabajadores que se incorporen a las labores de campo, ya que anteriormente los formatos y registros solo eran mantenidos por las personas que tenían mayor experiencia.

Uno de los principales propósitos de un banco de recursos genéticos es mantener la información de los materiales conservados de manera confiable y organizada para mantener la base de conocimiento sobre el cultivo. Por medio de las aplicaciones móviles se logra almacenar toda la información recolectada en campo evitando la pérdida de la misma y facilitando su análisis.

Se realizó una encuesta para medir en qué aspectos el usuario ha percibido que la implementación del sistema de computación móvil ha permitido obtener mejoras en su trabajo y cuál ha sido ese porcentaje de satisfacción.

TABLA 3. RESULTADOS DE EVALUACIÓN

Nº	PREGUNTAS	%
1	Los dispositivos móviles sirven como herramienta de apoyo en los distintos procesos de producción en campo.	90
2	Con que frecuencia usa los dispositivos móviles en campo	65
3	Las aplicaciones móviles facilitan la consulta de información y permiten capturar la información necesaria o más de la requerida.	100
4	La información contenida en los dispositivos móviles es confiable	80
5	Los dispositivos móviles agilizan las labores en los procesos de campo	58
6	Es posible hacerle seguimiento a un material en campo.	60
7	En cuanto se ven reducidos los costos a causa de reprocesos debido a los dispositivos móviles.	90
8	Se tiene confiabilidad en la persistencia de la información.	100

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la Tabla 3, se observa que el sistema de computación móvil tiene una gran aceptación en cuanto a la confiabilidad de la información y al uso que se le da en campo. También se detectaron algunas falencias, las cuales eran ocasionadas por el tiempo de adaptación de algunos trabajadores y por la aceptación de la transición de un sistema manual a un sistema digital. Un punto importante a resaltar es que se ha logrado reducir en un 90% la cantidad de reprocesos gracias a la implementación del sistema de computación móvil.

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Con la implementación de aplicaciones móviles para bancos de recursos genéticos en la producción de semillas en campo se ha demostrado que son una opción recomendada para el manejo de grandes cantidades de información en cuanto a datos de captura, capacidad de almacenamiento, organización y análisis de la información.

En la implantación de dispositivos móviles y tecnologías para la sincronización de datos, la inversión inicial es alta ya que se incurren en costos de adquisición de hardware, tiempo de desarrollo, capacitación, implementación y soporte, pero en el tiempo esta inversión se ve reflejada en la calidad de la información, eficiencia en los tiempos de captura de datos y con la reducción de costos operativos a causa de reproceso y desplazamientos.

La usabilidad de las aplicaciones es importante en la inclusión de dispositivos móviles en el campo, ya que los usuarios deben adoptar estas tecnologías como una herramienta de trabajo, lo cual es un factor de éxito en el mejoramiento de procesos.

Los desarrollos llevados a cabo cumplen con los requerimientos suficientes y necesarios para bancos internacionales de recursos genéticos de semillas, lo cual ha permitido que sean evaluados y con posibilidad de adopción como herramientas de apoyo para otras instituciones tales como Universidades, jardines botánicos y otros bancos de recursos genéticos.

A futuro se planea desarrollar una versión libre e internacionalizada en el idioma inglés de la aplicación para que se encuentre a disposición de otros bancos de recursos genéticos para captura de información fenotípica.

AGRADECIMIENTOS

Las aplicaciones presentadas en este artículo se encuentran desarrolladas por Cristian Darío Loaiza O., Diego Fernando González M. y Ángela Marcela Hernández.

Las actividades relacionadas con el desarrollo y mejoramiento los procesos de producción en campo han sido apoyadas por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el acompañamiento de la Universidad del Valle.

REFERENCIAS

[1] Rao, N.K., J. Hanson, M.E. Dulloo, K. Ghosh, D. Novell y M. Larinde. 2007. *Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma, Manuales para Bancos de Germoplasma* No.8. Bioversity International, Roma, Italia.

[2] Painting, K.A., Perry M.C., Denning,R.A. y Ayad, W.G. 1993. *Guía para la Documentación de Recursos Genéticos*. Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma.

[3] Crop Genebank Knowledge Base (2014), Procedures, Characterization homepage cropgenebank [online], Available: http://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php/procedures-mainmenu-242/characterization-mainmenu-205

[4] Rife, Trevor W.,Poland, Jesse A., *Field Book: An Open-Source Application for Field Data Collection on Android*,Crop Sci. 2014. 54:1624–1627. doi:10.2135/cropsci2013.08.0579

[5] International Rice Research Insitute (2014), (IRRI), Products. Homepage bbi.irri [online], Available: http://bbi.irri.org/products

[6] The James Hutton Institute (2015), Information & Computational Sciences. Homepage ics.hutton.ac.uk [online], Available: http://ics.hutton.ac.uk/germinate-mobile/

[7] Painting, K. A.; Perry, M. C.; Denning, R. A. y Ayad, W. G. *Guía para la documentación de recursos genéticos. Un enfoque autodidáctico para la compresión, análisis y desarrollo de la documentación de los recursos genéticos.* Roma: IBPGR, 1993. 310 p

[8] Rao, N.K., J. Hanson, M.E. Dulloo, K. Ghosh, D. Novell y M. Larinde. 2007. *Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma* No. 8. Bioversity International, Roma, Italia.

[9] The Crop Genebank Knowledge Base (2015), Regeneration, Homepage cropgenebank.sgrp.cgiar.org [online], Available: http://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php/procedures-mainmenu-243/regeneration-mainmenu-206

[10] The Crop Genebank Knowledge Base (2015), Characterization, Homepage cropgenebank.sgrp.cgiar.org [online], Available:

http://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php/management-mainmenu-433/transgenes-mainmenu-546/characterization-standards
[11] Gonzalez Monroy, D.F.; Hernandez, A.M.; Machuca Villegas, L., "Mobile computing system to support the management of the seed production process in crop genebanks," *Computing Colombian Conference (9CCC), 2014 9th*, vol., no., pp.109, 114, 3-5 Sept. 2014
[12] Oracle (2015), Java EE, Java Server Faces Technology [Online], Available: http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/javaserverfaces-139869.html
[13] Jackson Project Home (2015), Jackson, Jackson home [Online], Available: https://github.com/FasterXML/jackson
[14] Oracle (2015), Java EE, Java Persistence API [Online], Available: http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/tech/persistence-jsp-140049.html
[15] SQLite (2015), SQLite, SQLite home [Online], Available: https://www.sqlite.org/
[16] González Monroy, D.F.; Hernandez, A.M.; Machuca Villegas, L., *Aplicación Móvil de captura y sincronización de datos para la producción en campo e invernaderos del programa de recursos genéticos del CIAT*, Universidad del Valle, 2015, Cali, Colombia.

Diego González received the Engineering degree in Information Systems from Universidad del Valle, Cali – Colombia, in 2015. He has been working for Genetic Resources Program of International Center for Tropical Agriculture, Palmira-Colombia as systems analyst. His research interests includes development of mobile applications, mobile computing systems, ubiquitous computing.

Ángela Hernández received the Master degree in Management of Information Technology and Telecommunications from Universidad ICESI, Cali-Colombia in 2012. She has been working for Genetic Resources Program of International Center for Tropical Agriculture, Palmira-Colombia as systems analyst since 2008. Her research interests include mobile computing systems, databases, web application development, software engineering, documentation of collections of plant genetic resources.

Liliana Machuca received the MSc in Engineering from the Universidad del Valle, Cali-Colombia, in 2010. She is Assistant Professor at Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación at the Universidad del Valle, Colombia. Her main research areas include software engineering, e-learning and usability.