

# DESARROLLO DE UNA APP TECNOLÓGICA PARA EL MONITOREO DE PLANTACIONES DE CAFÉ. UN APORTE AL MEJORAMIENTO DE PROCESOS PRODUCTIVOS CON ENFOQUE SOCIAL

**Roberto Ferro Escobar**

Doctor en ingeniería informática de la Universidad Pontificia de Salamanca, España. Master en Teleinformática e Ingeniero Electrónico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Tutor del proyecto.

**Alexander Pineda Rodríguez**

Ingeniero electrónico. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Joven investigador Colciencias 2017.

**Danilo Alberto Vera Parra**

Sociólogo. Universidad del Tolima. Asesor de aplicación social del proyecto.

**Jose Carlos Cruzado Jiménez**

Ingeniero electrónico. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Asesor TIC del proyecto.

# Desarrollo de una APP tecnológica para el monitoreo de plantaciones de café. Un aporte al mejoramiento de procesos productivos con enfoque social

Roberto Ferro Escobar  
Alexander Pineda Rodríguez  
Danilo Alberto Vera Parra  
Jose Carlos Cruzado Jiménez

**Palabras clave:** Tecnología, agricultura, paz

## RESUMEN

Este artículo expone el proceso y resultados del proyecto de investigación titulado “Desarrollo e implementación de un sistema inteligente de monitoreo y alertas tempranas de infección en cultivos cafeteros”, adelantado por el grupo de investigación LIDER de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, y financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – Colciencias. El proyecto se propuso el desarrollo e implementación de un sistema inteligente, por medio del cual se realice el monitoreo de cultivos de café para llevar el registro de avance de las plantas.

Por medio del desarrollo de una plataforma que incluye una aplicación móvil y web se realiza el registro de avance de las plantas. El sistema cuenta con una infraestructura que permite programar las variables de afectación según el cultivo, así como el adecuado tratamiento para cada una de las posibles enfermedades o plagas que pueda adquirir este.

Este desarrollo tecnológico se une a la ola de inmersión de nuevos procesos que están llevando a la tecnificación del campo en Colombia y el mundo. Dentro de su implementación se plantea como objetivo transversal el mejoramiento de la calidad de vida de los cultivadores, por medio del potenciamiento de sus habilidades técnicas y el incremento en el índice de competitividad en el mercado.

## ABSTRACT

This article exposes the process and results of the research project entitled “Development and implementation of an intelligent monitoring system and early warnings of infection in coffee crops” advanced by the LIDER research group of the Faculty of Engineering of the Francisco José District University of Caldas, and funded by the Administrative Department of Science, Technology and Innovation - COLCIENCIAS. The project proposed the development and implementation of an intelligent system by means of which the monitoring of coffee crops is carried out in order to keep the progress record of the plants.

Through the development of a platform that includes a mobile and web application, the progress record of the plants is made. The system has an infrastructure that allows programming the variables of affectation according to the crop, as well as the adequate treatment for each one of the possible diseases or pests that can acquire this.

This technological development joins the wave of immersion of new processes that are leading to the technification of the field in Colombia and the world. Within its implementation, a transversal objective is the improvement of the quality of life of the growers through the enhancement of their technical skills and the increase in the competitiveness index in the market.

**Keywords:** Technology, agriculture, peace

## INTRODUCCIÓN

El café en Colombia es una de las principales fuentes de ingreso del país. La cultura de la producción del café se extiende desde los departamentos del Quindío, Armenia, Caldas y el norte del Valle del Cauca; sin embargo, se pueden resaltar entre otras zonas cafeteras cultivos en la Sierra Nevada de Santa Marta, Santander, Nariño, Huila, Cauca, Tolima, Boyacá, Casanare, Cesar y Caquetá. Cada una de estas zonas goza de diferentes pisos térmicos que beneficia la variedad de sabores en el grano.

Son más de veinte departamentos en los cuales se cultiva café en el país. Sobre más de tres millones de hectáreas, más de novecientas de ellas están sembradas con café; más de quinientos municipios colombianos producen uno de los mejores granos de café a nivel mundial, con diversidad gracias a su origen (Colombia Co, 2018).

Hoy en día, en la cultura de la producción, más específicamente en las áreas rurales, el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones han mostrado que es posible mejorar continuamente los procesos en cada una de las dimensiones de la cadena productiva. Debido a que la mayoría de los procesos se llevan de manera manual, el monitoreo de los cultivos extensos generalmente es inapropiado, principalmente porque los trabajadores encargados de esta actividad sienten tediosa esta labor y, en ocasiones, tienden a confundirse entre líneas de cultivos, teniendo como una de las principales razones que las variables que hacen parte del monitoreo pueden llegar a ser numerosas.

“Hoy en día, en la cultura de la producción, más específicamente en las áreas rurales, el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones han mostrado que es posible mejorar continuamente los procesos en cada una de las dimensiones de la cadena productiva”.

### Dinámicas del café colombiano

Los cultivos a nivel general son propensos al ataque de enfermedades o plagas, ya sea por el mal cuidado de estos o por la zona en la que se encuentren ubicados. La

posibilidad de sistematizar el proceso de vigilancia y conocimiento de los cultivos permite no solo reducir el índice de cultivos deteriorados sino también controlar las buenas labores de los trabajadores dentro de los asentamientos, así como tomar acciones preventivas y correctivas de forma temprana. Esto puede materializarse en una mayor productividad para los productores agrícolas puesto que permitiría evitar la propagación de plagas y enfermedades, haciendo más sanos sus cultivos.

En relación con lo anteriormente mencionado, los cultivos de café, así como la mayoría de las áreas agrónomas, requieren hoy en día la inmersión de la tecnología para mejorar el rendimiento de la cosecha o el cuidado a medida que la siembra se desarrolla. Dicha inmersión se ha venido dando con el paso de los años, respondiendo a dinámicas mundiales de tecnificación del campo y actualización de los procesos de producción en el sector agro.

El café, debido a sus características, es un producto que produce un gran impacto a nivel económico y social. Durante mucho tiempo, el café fue el segundo producto básico más transado en el comercio internacional, solo superado por el petróleo. Durante mucho tiempo fue la fuente principal de ingreso de un gran número de países en los continentes de África, Asia, Oceanía y el continente americano. En el caso de Colombia, existen más de 500.000 familias productoras de café y desde la perspectiva del consumo, el café es uno de los productos más utilizados a diario. (Café de Colombia)

### Tecnificación del campo Smart Farm

La rápida aceleración en las dinámicas de cosecha, compra y venta en la producción agrícola alrededor de todo el mundo, ha llevado a que grandes, medianos y pequeños productores contemplen, adopten e implementen dispositivos y procesos tecnológicos para mejorar su producción y ganancias, cada uno de ellos a su escala productiva. De la misma manera, sectores científicos y académicos responden a diario a estas necesidades del agro mundial con investigaciones y desarrollos tecnológicos adaptables desde la parcela más pequeña hasta las grandes producciones de multinacionales. Las nuevas tecnologías se adecúan de manera perfecta a los requerimientos y demandas que surgen de la constante transformación y actualización de la sociedad en su conjunto.

Al respecto, Pérez, Adriana, Milla, M., y Mesa, M., (2006) en su artículo “Impacto de las tecnologías de la información y la comunicación en la agricultura” aseguran que:

Este nuevo papel del conocimiento y de la información en la determinación de la estructura de la sociedad obviamente, está vinculado al surgimiento de las TIC. Su desarrollo y generalización han provocado un cambio social y cultural. La utilización de estas tecnologías ha modificado nuestras categorías de tiempo y espacio, y nos ha obligado a redefinir incluso el concepto de realidad, a partir de la posibilidad de construir realidades “virtuales”. Estas tecnologías tienen una importante potencialidad de cambio para el ser humano y la sociedad, porque permiten acumular enormes volúmenes de información, con fácil acceso, disposición, intercambio y transformación de ella, además brindan la posibilidad de transmitir dicha información en forma inmediata y permiten superar los límites físicos y espaciales para la comunicación

Agricultura Inteligente o Smart Farming es el nombre que recibe la implementación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la agricultura, a nivel mundial se han venido realizando numerosos diseños tecnológicos con funciones aplicables a este campo, en su mayoría, producto de proyectos de investigación que se gestan desde la academia, sin dejar a un lado los desarrollos que se realizan desde la industria con miras a un uso comercial. Productos que aportan al monitoreo en general de cultivos, detección temprana de plagas, fotografías aéreas para planeación, procesos de riego automatizados, integración de robótica, minería de datos, inteligencia artificial, entre otras metodologías están presentes en la inmersión tecnológica en el campo.

La Universidad de California Davis (UC Davis) realizó un proyecto de investigación en el cual, por medio de fotografías aéreas, reconocieron el estrés de los cultivos que es producto de la presencia de plagas. Las fotografías son tomadas por drones y el análisis se hace por medio de la luz que arrojan los cultivos, la cual es diferente en el caso de cultivos sanos a cultivos estresados por la presencia de ácaros e insectos. Realizando una analogía con los seres humanos, las plantas sufren ‘fiebre’ cuando están siendo atacadas por plagas y esto se refleja en cambios de color que en principio no pueden ser detectados por el ojo humano ya que nuestro sistema no cuenta con una sensibilidad al cambio de color tan avanzada. Por otra parte, el análisis toma en cuenta los cambios en las características de reflectancia

brindando la posibilidad de generar un diagnóstico asociado al factor causante del estrés.

Recientemente, al prototipo le fue agregado un sistema de iluminación para poder mejorar el monitoreo durante horas de la noche, permitiendo eliminar sombras que interfieren en los análisis de imágenes y mejorar el proceso de procesamiento durante la noche para poder ofrecer resultados a los cultivadores en horas de la mañana. Por último, el equipo de investigadores está trabajando en un prototipo que pueda ser instalado en rieles para poder realizar monitoreo desde el suelo donde las cámaras, la captura de datos y su almacenamiento serán manejadas de manera autónoma por un software (Agriulturers, 2017).

Por otro lado, el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) en Tepic, México, desarrolla un sistema que incluye tres software para la detección, análisis y diagnóstico de plagas en cultivos de Sorgo. El primero identifica patrones de la plaga del pulgón amarillo que afecta este tipo de cultivos, a partir de imágenes capturadas con drones que son enviadas al segundo software, el cual conforma una base de datos contando con un sistema inteligente de agricultura para generar un diagnóstico. Por último, el tercer software cuenta con una biblioteca de información agrícola que le permite emitir alertas y sugerir acciones de mejora el diagnóstico.

“... el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) en Tepic, México, desarrolla un sistema que incluye tres software para la detección, análisis y diagnóstico de plagas en cultivos de Sorgo”.

El trabajo se desarrolla en colaboración con la Unidad de Transferencia Tecnológica de CICESE, la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), el Centro de Investigación en Matemáticas (Cimat), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) de México y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Está siendo pensado para llevarlo al mercado como un servicio completo, en el cual el agricultor no deba adquirir los drones ni el software,

sino que alquile los equipos según las necesidades que tengan sus cultivos.

Siguiendo por la línea de desarrollos mexicanos, un equipo de investigadores de la ciudad de Veracruz creó un dispositivo capaz de identificar enfermedades en plantas analizando tan solo un fragmento de un centímetro cuadrado de su hoja. Este dispositivo recibe el fragmento y realiza un análisis químico de sus componentes, sus creadores indican que a nivel humano es similar a una biometría hemática en la cual se identifican células presentes en la sangre por medio de una muestra. Al igual que los sistemas de identificación de imágenes tomadas con drones, este dispositivo detecta las enfermedades en los cultivos antes de ser identificado por el ojo humano.

“Al igual que los sistemas de identificación de imágenes tomadas con drones, este dispositivo detecta las enfermedades en los cultivos antes de ser identificado por el ojo humano”.

Este desarrollo nace como respuesta a los frecuentes ataques de roya en los cultivos de café mexicano, una enfermedad que afecta la calidad y rendimiento de estos. El dispositivo tiene el tamaño de una Tablet y el proceso que realiza es destruir y fragmentar la muestra para realizar el análisis por medio de algoritmos diseñados para este fin (Jacques, 2016).

En Perú, el Centro de Diagnóstico del Servicio Nacional de Sanidad Agraria informó, a finales de 2017, que a partir del siguiente año implementaría una nueva técnica para acelerar el proceso de reconocimiento de plagas y disminuir los tiempos de diagnóstico por medio del código de barras del ADN del insecto que ataca el cultivo. Los tiempos de reconocimiento se logran disminuir de entre uno y tres meses a una semana ya que se trabaja con material genético obtenido de muestras en cualquier estado de desarrollo del insecto y no con insectos adultos como se trabaja con el método tradicional.

Este proyecto es financiado por el Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA), en conjunto con el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Perú y la asesoría del

Instituto de Biodiversidad de Ontario (BIO) de la Universidad de Guelph de Canadá. Se une a los esfuerzos que se han realizado alrededor del mundo por obtener una cantidad significativa de códigos de barras para la construcción de una base de datos de referencia que permita realizar trabajos colaborativos entre diferentes países (SENASA, 2017).

Para referenciar proyectos europeos que se unen a tecnologías para identificar y tratar plagas, se puede tomar como referente una aplicación móvil desarrollada en Alemania que, por medio de pasos sencillos explicados en su interfaz de usuario, logra confirmar el tipo de plaga que tiene un cultivo y brinda un servicio de asesoría respecto al tratamiento de esta. Esta aplicación llamada Plantix, funciona por medio de la captura de una fotografía del cultivo en mal estado por parte del usuario, la fotografía es analizada por medio de inteligencia artificial, ofreciendo un resultado a manera de diagnóstico, las fotografías son almacenadas en servidores del desarrollador en Honnover, Alemania, para aumentar los niveles de precisión, lo que significa que a mayor número de fotografías que los usuarios suban de una determinada plaga, el sistema se irá haciendo más robusto, por medio de *machine learning*, otorgando cada vez resultados más precisos.

La aplicación puede funcionar por medio de cualquier dispositivo móvil que tenga cámara y acceso a internet, por lo cual es fácilmente adaptable a drones o a equipos de trabajo en piso para agilizar el proceso de toma de fotografías en los cultivos. Hasta este momento es de acceso gratuito para Smartphones Android por medio de la tienda Google Play (HISPANTV, 2017)

Cambiando de país de ejecución, investigadores chinos asociados al ejército por medio del Instituto de Tecnología de Pekín, se encuentran desarrollando un pilotaje que busca utilizar radares militares para detectar la presencia de insectos y poder combatir sus plagas. El proyecto busca detectar el vuelo de los insectos, por medio de la emisión de ondas electromagnéticas generadas por los radares que, al alcanzar el vuelo de un insecto rebota, permitiendo ver en el sistema información como especie, género, velocidad de vuelo, dirección, entre otras. Los radares son instalados en tejados de zonas residenciales y pueden tener un radio de alcance de hasta dos kilómetros de distancia.

Por último, Telefónica I+D Chile abrió una convocatoria en el 2016 para combatir la plaga de la polilla de la vid, presente

de manera recurrente en los cultivos de este país. De allí nació la iniciativa AgroPestAlert, un proyecto que identifica la plaga por medio de trampas inteligentes que utilizan cortinas láser. El funcionamiento del sistema es sencillo, según explican sus creadores, cuando los insectos atraviesan esta cortina láser dentro del cultivo o en inmediaciones del mismo, originan una fluctuación que se convierte en variaciones de voltaje por medio de sensores, permitiendo calcular la frecuencia de aleteo. Teniendo en cuenta que la frecuencia de aleteo es específica en cada especie, esta se puede determinar con altos grados de confiabilidad.

Toda la información recolectada por las trampas y los sensores es enviada a un servidor que cuenta con aplicaciones de minería de datos e inteligencia artificial para su procesamiento. Asimismo, el sistema recolecta variables como temperatura, humedad y otras para realizar correlaciones y construir hipótesis de los posibles escenarios y condiciones en las que aparece una plaga específica. Una de las ventajas más significativas que tiene este sistema en relación con otros es que no identifica el insecto por el sonido de sus alas, sino por la vibración que origina este sonido, lo cual permite solucionar inconvenientes de ruido y demás variables que puedan interferir en las mediciones (ORIZONT, 2016).

Este es un esbozo de algunas iniciativas que se han venido desarrollando en diferentes países a nivel latinoamericano y mundial respecto a la implementación de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el sector agro. Estas cuentan con características adaptables en su mayoría a cultivos de cada uno de estos países, en diferentes casos incluyen equipos de alto valor monetario que los hacen reproducibles solo en contextos específicos. También es importante destacar el tipo de aplicaciones móviles de acceso gratuito que cuentan con funciones generales aplicables a cualquier tipo de cultivo sin requerimientos altos a nivel de recursos técnicos.

### Contexto colombiano

El 29 de agosto de 2017 el diario El Tiempo titulaba en su edición digital “Ya utilizan drones para monitorear cultivos de palma africana”<sup>1</sup>. En este artículo se realiza seguimiento al proyecto que lidera el Grupo de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (Gida), en compañía del Departamento de

Ingeniería Mecánica y Mecatrónica y Departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional. El proyecto utiliza cámaras multispectrales que, por medio de drones, capturan fotografías aéreas para monitorear las condiciones en las que se encuentran los cultivos de palma africana.

Se puntualiza que este sistema no es nuevo, pero su aplicación en Colombia sí lo es, razón que lo hace llamativo por sus posibilidades de replicarse en otros escenarios. Al igual que en los proyectos europeos, las cámaras logran detectar ondas de luz que no son percibidas por el ojo humano, generando índices de seguimiento para establecer posible presencia de plagas en los cultivos o en segmentos de este.

“Al igual que en los proyectos europeos, las cámaras logran detectar ondas de luz que no son percibidas por el ojo humano, generando índices de seguimiento para establecer posible presencia de plagas en los cultivos o en segmentos de este”.

Por otra parte, la empresa Drone Service Colombia está dedicada a la utilización de estas tecnologías en la agricultura y sus usos son similares, adaptación de cámaras multispectrales a drones para el reconocimiento aéreo de posibles zonas afectadas por plagas en cultivos. Por medio de estos procesos, realizan levantamientos topográficos, cálculos volumétricos, así como monitoreo de recursos hídricos (Cárdenas, 2016).

Desde la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, se desarrolló el proyecto de investigación y desarrollo tecnológico llamado “Diseño de herramientas de tecnología móvil para parcelas vitícolas del municipio de Ginebra”, por medio del cual se creó una aplicación móvil que reporta plagas y enfermedades en uva Isabella, producto cultivado en esta zona del país, siendo Ginebra el municipio con mayor extensión de este tipo de cultivos.

MipUN es el nombre de la aplicación móvil y está dirigida a agricultores; el sistema recopila información de cultivos con datos puntuales como su nombre común, científico, familia, clase, entre otras. Asimismo, cuenta con información de las plagas más comunes que afectan a los cultivos de uva

1 <http://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/drones-para-monitorear-cultivos-de-palma-africana-125054>

Isabella, también ofrece información de variables a tener en cuenta para la siembra del mismo, como por ejemplo humedad, altitud, calidad de los suelos, temperatura ideal, luz, humedad, entre otros.

Adicional a los módulos de información, esta aplicación ofrece un servicio para generar cálculos sobre el crecimiento de las plagas en los cultivos, utilizando la incidencia y severidad de los datos que recolecta de los usuarios (ColombianoMTW, 2017).

Otra aplicación móvil orientada al sector agro que ha sido creada por colombianos es Farmapp, considerada coloquialmente como el “Waze del agro”. Esta aplicación integra diferentes sistemas tecnológicos para aumentar la productividad de las cosechas. De manera general, la aplicación tiene como finalidad el monitoreo y control de todo tipo de afectaciones que pueda poner en riesgo la productividad de los cultivos. El sistema hace uso de sensores para obtener datos relacionados a factores ambientales tales como humedad y velocidad del viento, integra estaciones meteorológicas y un equipo humano experto en la toma de muestras en los cultivos. La información recolectada se procesa y categoriza para entregar soluciones enfocadas en potenciar la productividad de los cultivos.

“La información recolectada se procesa y categoriza para entregar soluciones enfocadas en potenciar la productividad de los cultivos”.

La aplicación funciona bajo sistemas de tecnología satelital, sensores y bancos de *big data*, pronostica la aparición de plagas basado en muestras tomadas en campo, así como también sugiere un procedimiento de control de bajo costo para el cultivador enfocado en el tipo de plaga identificado (Semana, 2016).

Adicionalmente a las aplicaciones o sistemas que se han visto hasta el momento, recientemente ha llamado la atención de diferentes medios la introducción de la tecnología conocida como internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés), en el campo colombiano, la cual acerca a las personas a elementos de uso cotidiano. Al igual que se identificaban prácticas de inmersión de actividades de las ciudades inteligentes en Europa y otros países en el agro, se da un proceso similar en

Colombia con el internet de las cosas, sustento conceptual de las Smart Cities, entre otras.

El pasado 27 de febrero de 2018, el diario El Espectador titulaba en uno de sus artículos de su portal web, “Internet de las cosas da sus primeros pasos en el agro colombiano”<sup>2</sup>. Allí se realiza una entrevista a Andrés Sánchez, CEO de identidad IoT, el cual explica el potencial que estas tecnologías tienen en el campo colombiano.

Manifiesta que la implementación se ve reflejada en la agricultura de precisión, la cual ofrece a los cultivadores herramientas para hacer seguimiento en tiempo real de variables meteorológicas, así como de factores que afecten sus cosechas y pongan en riesgo su productividad.

Identidad IoT inició una solución de agricultura de precisión en fincas cafeteras del municipio de Chinchiná, Caldas. Allí realizarán monitoreo de cultivos de café tipo Caturro con el fin de evaluar variables como humedad, precipitaciones, temperatura, entre otras. Esto por medio de la instalación de 10 sensores que permitirán analizar si las variaciones en las variables medidas inciden en la proliferación de plagas o enfermedades en las cosechas (Ojeda, 2018).

La implementación de recursos tecnológicos permite a los agricultores colombianos mejorar su capacidad de competencia en los mercados donde se distribuyen los productos cosechados y procesados, genera conocimiento que se pone a disposición de la actividad misma, y que al entrar en contacto con los conocimientos locales y autóctonos que se producen en la cotidianidad del campesino, dan como resultado un potenciamiento en las habilidades de cosecha y producción.

Al respecto, Montalvo, Barriga y Rojas (2016) en su trabajo de investigación titulado “Tecnología aplicada en el agro colombiano: asimetrías evidenciadas en la competitividad entre los subsectores café y maíz durante el periodo 2005 – 2015” aseguran lo siguiente:

El desarrollo tecnológico es concebido como un instrumento que beneficia la producción agrícola, cuyos resultados e importancia se evidencian en el proceso de aplicación de los conocimientos técnicos, los cuales denotan

2 <https://www.elespectador.com/economia/internet-de-las-cosas-da-sus-primeros-pasos-en-el-agro-colombiano-articulo-741563>

los cambios, tanto cualitativos como cuantitativos, para los sectores agrícolas que incluyan la tecnología en sus procesos agroindustriales. [...] Las tecnologías tienen que ser apropiadas, accesibles y adaptadas a las necesidades locales de los agricultores.

## DESARROLLO DEL PROYECTO SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO

El proyecto realizado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas propuso el desarrollo e implementación de un sistema inteligente, por medio del cual se realiza el monitoreo de cultivos de café, teniendo como herramientas mediadoras una aplicación móvil para el monitoreo en campo y una web para su administración, lo cual permite llevar el registro de avance de las plantaciones. Los usuarios que manejan el sistema no tienen acceso a todas las variables de medición y seguimiento. Por ello, se definen dos tipos de usuarios en un cultivo, como roles de actores:

- **El Administrador:** quien define los parámetros iniciales del cultivo. Parámetros que únicamente varían en caso de modificar el cultivo sobre el cual se está trabajando.
- **El Trabajador:** es la persona encargada de realizar el monitoreo y reportar las novedades en cuanto a las variables particulares que son propensas a variación continua por medio de la aplicación móvil.

Anteriormente se definieron tres factores sobre los cuales se han clasificado las variables, para tener en cuenta en la medición del sistema por parte de los actores. Recapitulando, los factores son:

- **Generalidades:** corresponde a las variables básicas de los cultivos sectorizados.
- **Manejo:** son las variables que el actor con el perfil de trabajador modifica para hacer seguimiento. Entre ellas se encuentran las enfermedades, las plagas y la fertilización.
- **Producción:** son variables igualmente monitoreadas por el actor con perfil de trabajador. Entre ellas encontramos el estado del fruto y la cantidad de fruto cosechado.

### Estructura de los sub-sistemas

Con el fin de generar un sistema que supla las necesidades establecidas en el proyecto, se establecen tres subsistemas

que al integrarse generan un modelo de monitoreo para los cultivos de café.

El **primer sub-sistema** hace referencia al sistema de identificación y es el que controla a los dispositivos físicos que tienen la posibilidad de realizar la transferencia de datos de información mediante tecnología de campo magnético cercano haciendo uso de la aplicación móvil.

El **segundo sub-sistema** está a cargo de generar el almacenamiento de los datos básicos del cultivo y las diferentes variables a tener en cuenta en el momento del monitoreo, así como los roles de usuario de los actores implicados y el seguimiento de los mismos.

Por último, se tiene el **tercer sub-sistema** que es de carácter operacional, que corresponde a una pasarela construida sobre un sistema operativo de smartphone encargado de funcionar tanto de aplicativo como de sistema integrador de información. A este último sub-sistema se le adiciona una plataforma web funcional para el rol de administrador.

Figura 1. Esquema de caracterización de la plataforma.



Fuente: los autores

El primer sub-sistema concierne a la identificación y se constituye por un equipo (Smartphone) con módulo de lectura NFC y una etiqueta NFC por cada zona de actuación. NFC es una tecnología de comunicación inalámbrica, de corto alcance y alta frecuencia que permite el intercambio de datos entre dispositivos. Esta tecnología inalámbrica se basa en una plataforma abierta pensada desde el inicio para teléfonos y dispositivos móviles.

El NFC está pensado para transferencia instantánea de información sin emparejamiento previo entre dispositivos; pero, sin embargo, esta comunicación debe realizarse desde



una distancia reducida ya que el alcance de esta tecnología es limitado a un máximo de 10 cm. (Caballero Nadales, 2012)

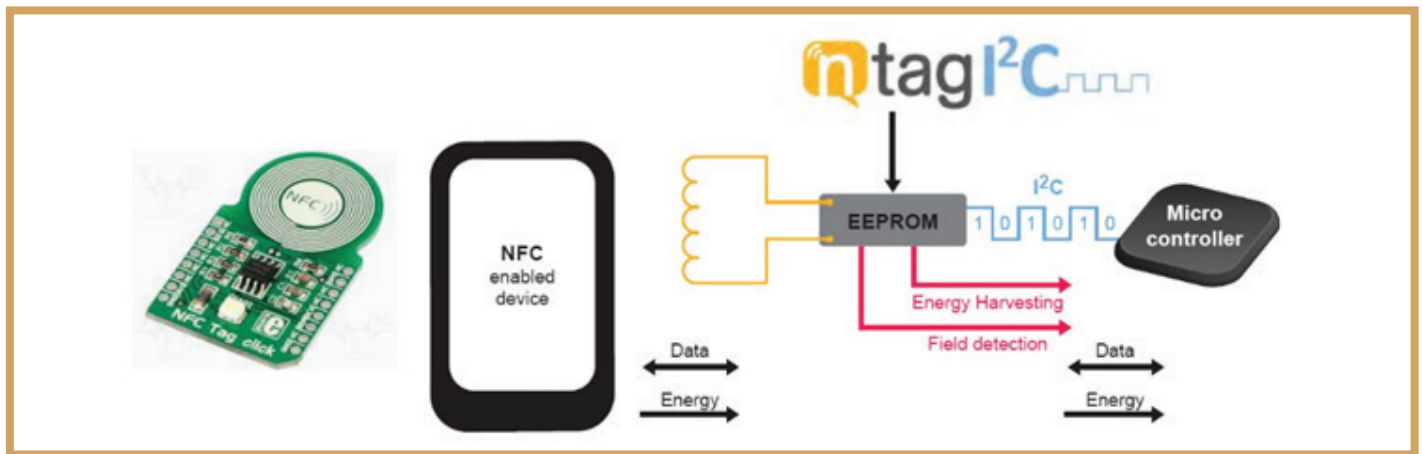
Dentro de los cultivos se instalan de manera sectorizada etiquetas que contienen una identificación por código de área, lo que permite el acceso mediante lectura de campo cercano del Smartphone, de esta manera, al tener activa la aplicación móvil y acercar el dispositivo a la etiqueta se abre la posibilidad de conexión a la base de datos que permite realizar los reportes de monitoreo.

**Figura 2.** Subsistema de identificación.



Fuente: los autores.

**Figura 3.** Etiquetas NFC tipo llavero



Fuente: Enewseurope (2018)

El segundo subsistema está a cargo del almacenamiento y corresponde a un sistema de bases de datos diseñado sobre SQLite. Su objetivo principal es proporcionar una forma de recopilar y recuperar la información de una base de datos, de manera que sea tanto práctica como eficiente, que además posee herramientas para asegurar la independencia, la integridad y la seguridad de los datos. (Gomez Ballester, y otros,)

Se selecciona la tecnología NFC debido a su costo de operación en cuanto a tiempos de respuesta y a energía de consumo. Estos equipos tienen tiempos de respuesta en el orden de los milisegundos, lo que quiere decir que la lectura de los identificadores es inmediata (Finkenzeller, 2010).

Otra razón por la cual se seleccionó este módulo de desarrollo es debido a que para poder hacer la lectura en cada una de las zonas monitoreadas se requiere estar cerca a la etiqueta de identificación, lo que exige, de alguna manera, al trabajador asignado para el lote que esté en contacto cercano con la planta de café.

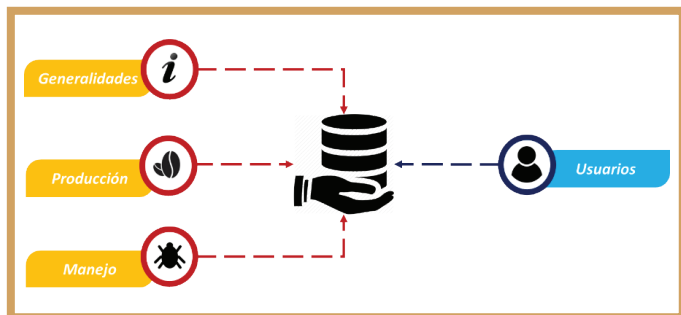
Las etiquetas seleccionadas corresponden a unos dispositivos pasivos tipo llavero con características resistentes a la humedad, golpes, manejo constante y condiciones climáticas. No necesitan alimentación eléctrica y se activan únicamente en el momento que el dispositivo activo haga contacto con estos.

El dispositivo de lectura corresponde a un celular Smartphone, adecuado para escribir y leer sobre la frecuencia de trabajo de las etiquetas seleccionadas.

Bajo esta estructura, se esquematiza un modelo de base de datos relacional que permite tener acceso a las variables definidas y clasificadas en los tres factores (Generalidades, manejo y producción). La base de datos está construida basada en un estudio sobre las diferentes características de cultivos de café. Para su construcción se realizó primero un modelo en tablas, que permitió entender las características de forma modular

de los cultivos para, posteriormente, hacer el modelado de las bases de datos en un software. La composición de la base de datos está estructurada acorde a los usuarios de acceso a la plataforma y conforme a los factores mencionados anteriormente. De ahí nacen las diferentes tablas intermedias que permiten generar los diferentes tipos de reportes entre usuarios e interacciones con el cultivo y la aplicación.

**Figura 4.** Subsistema de almacenamiento.



Fuente: Ilustración propia. 2019.

Este sub-sistema cumple con dos funciones importantes. La primera es la visualización de la aplicación móvil, la cual es utilizada por los actores de la operación definidos con el rol de trabajador. La segunda es la actuar como integrador entre subsistemas, pues permite la interoperabilidad entre el sistema de identificación y la base de datos mediante una pasarela gráfica (La aplicación). Adicionalmente, este sistema está constituido por una plataforma web a la cual únicamente tiene acceso el actor con el rol de administrador. La aplicación web recibirá los datos actualizados de las zonas del cultivo evaluadas mediante paquetes de datos entregados por la aplicación móvil inmediatamente esta tenga conexión a internet.

La aplicación maneja una serie de pestañas navegables para el rol de trabajador, donde luego de autenticarse puede hacer actualización de los datos clasificados en “Manejo” y “Producción”. La plataforma web tendrá una serie de pestañas de administración, que permitirá manejar los usuarios y los roles, así como los parámetros generales del cultivo y la posibilidad de crear reportes.

### Desarrollo tecnológico APP móvil

**Aplicación móvil:** se encuentra disponible para usuarios que tengan dispositivos móviles con sistema operativo Android y lector NFC, en este momento está disponible en un

archivo Apk instalable y ejecutable, el proceso de desarrollo de software ha llevado a tener una aplicación estable y confiable para instalación, sin generar ningún tipo de riesgo por virus u otras afectaciones.

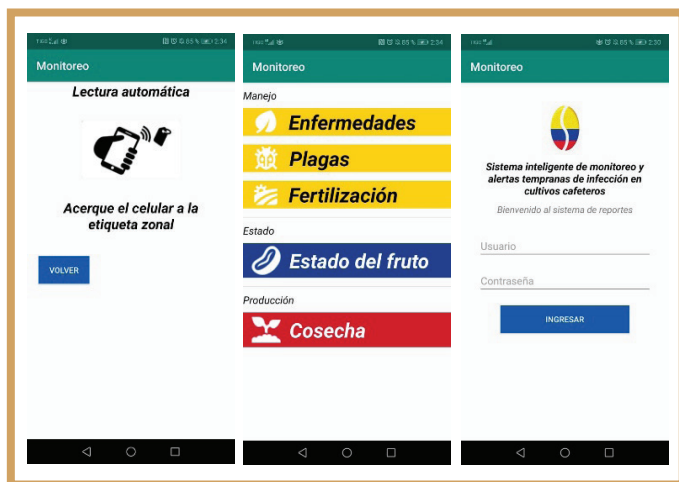
Respecto a su funcionamiento, lo primero que se encuentra al ejecutarse es el panel de autenticación e ingreso solicitando usuario y contraseña para acceder a las funcionalidades de la aplicación, estos datos son creados y asignados directamente por el administrador en el sistema web. Luego de acceder con el usuario asignado, se habilita la ventana de opciones de operación de la aplicación. Allí aparecerán las opciones “leer tag” y “Cargar revisión”. En cuanto a la primera opción referente al NFC, es importante mencionar que, al seleccionarla, permite hacer la lectura automática de la etiqueta que se acerque en la parte posterior del dispositivo. Una vez realizada la lectura, la aplicación expone al usuario las diferentes opciones de reportes, estas son:

- **Enfermedades:** en donde está disponible el listado de enfermedades seleccionado para el piloto de la aplicación. Al hacer check en una o varias de ellas se registra automáticamente con la fecha en la cual se reportó el hallazgo.
- **Plagas:** al igual que en el reporte de enfermedades, el trabajador puede reportar si ha evidenciado plagas en la zona que está monitoreando.
- **Fertilización:** contiene la opción de reportar si el cultivo se ha fertilizado o no a la fecha. En caso de no aplicarse fertilización por el tipo de cultivo, la aplicación ofrece la opción de reportar este caso.
- **Estado del fruto:** se puede realizar la modificación del estado del fruto. Las opciones que aparecen son las definidas dentro del piloto (Inmaduro, pintón, maduro y sobre maduro).
- **Cosecha:** corresponde a la última opción de actualización, permite conocer la cantidad de Kg que se han cosechado por parte del trabajador en la fecha de evaluación del cultivo. El valor se registra manualmente con el teclado digital del dispositivo móvil.

A medida que se van generando registros, en cada una de las opciones de actualización aparece un icono de Check sobre los diferentes elementos en los cuales se ha ingresado

información. Al finalizar la valoración del cultivo se debe hacer clic en el botón guardar. Automáticamente se generará un archivo de actualización con la fecha y los datos del cultivo que se cargan. Por otra parte, la opción “cargar reporte” que aparece en la pantalla inicial de la aplicación, tiene una importante finalidad, desde allí se visualizan los reportes que el usuario ha realizado sin conexión a internet, siendo esta una funcionalidad que permite la utilización de la aplicación en zonas y cultivos que no tengan dicha conexión. Para este caso, el reporte se realiza de igual manera, pero con la diferencia que al activar la opción de guardado, la aplicación automáticamente detectará que se encuentra sin conexión a internet y almacena el reporte de manera local en el dispositivo. Una vez se tenga conexión a internet, se pueden cargar los reportes por medio de la opción que se visualiza en la pantalla de inicio de la aplicación.

Figura 5. Aplicación móvil real.



Fuente: Ilustración propia. 2019.

**Aplicación web:** está diseñada para el uso administrador del sistema y se puede encontrar en la dirección <http://ritportal.udistrital.edu.co:10181>, al ingresar a ella se muestra un diseño básico con el nombre de la aplicación y un mensaje de bienvenida. A través de ella se accede a la plataforma de administración mediante las credenciales con rol “Administrador” proporcionadas ya sea desde la base de datos o desde la pestaña de usuarios de la misma plataforma.

Una vez se ingrese con las credenciales de acceso, el usuario administrador encuentra de forma general una barra de navegación con cuatro opciones: Home, General, Usuarios y Reportes. Adicionalmente, la barra de navegación cuenta

con el nombre del usuario que ingresó y un icono para cerrar sesión. De igual manera, cuenta con el nombre de la finca o parcela sobre la cual se realiza el monitoreo y los datos básicos como la ubicación, el número de hectáreas, el nombre del propietario y redes sociales de acceso rápido en caso de ser necesarios.

La página web brinda acceso a los datos básicos por zona. Para ello se encuentra un cajón de búsqueda en donde el administrador pueda realizar la recuperación de la información básica de la misma. Cabe recordar que cuando se habla de zona es un conjunto de plantas aglomeradas o sectorizadas que serán foco de revisión por parte de los trabajadores. En la parte inferior al cajón de búsqueda se encuentra una ubicación aproximada haciendo uso de la visualización satelital de Google Maps. En la parte derecha de la página web se ubican datos generales como el código de la zona, la ubicación, fecha de siembra, altitud, temperatura, humedad promedio y la clasificación o tipología de cultivo de café en la zona estudiada. Estos datos son proporcionados en la parametrización inicial de la base de datos cargada al sistema.

En la sección de usuarios es posible crear sobre la base de datos los diferentes usuarios que interactúan con el sistema. Hay que recordar que existen dos tipos de roles, el primero es el rol administrador, que gobierna principalmente la plataforma sobre la cual se está describiendo en el actual reporte; el segundo rol es trabajador, quien interactúa con la aplicación móvil.

El usuario administrador, mediante esta página puede crear, actualizar o eliminar usuarios de la base de datos. La página de reportes permite al administrador generar un informe de los movimientos de supervisión de los trabajadores sobre las zonas asignadas. Este informe se puede generar ya sea por trabajador haciendo uso de la cédula o documento de identificación registrado, por zona haciendo uso del ID o número de la zona o por medio de un reporte completo de todo lo alojado en la base de datos. El informe se descarga en formato hoja de cálculo de Excel y contiene los datos importantes almacenados desde la aplicación móvil, lo que permite no solo hacer un monitoreo de actividades al trabajador sino también generar filtros de incidencias en el manejo del cultivo.

## IMPACTO SOCIAL

Las finalidades que tiene el desarrollo tecnológico enfocado al sector agrícola van más allá de la productividad en sí misma.

El beneficio directo sobre los cultivadores es de gran potencial, y, si vamos más allá, no únicamente sobre aquellos que tienen bajo su poder grandes extensiones de tierra, sino también para pequeños y medianos productores; familias cuyos ingresos están orientados a su propia subsistencia. Finalidad que se encuentra como objetivo dentro de la reforma agraria integral pactada en el punto número uno (1) de los acuerdos de paz firmados en La Habana, Cuba, entre el gobierno colombiano y las Farc. Pero ¿de qué manera este proyecto podría llegar a favorecer dichos acuerdos?; para responder a ello es pertinente realizar un pequeño recorrido sobre los mismos y sobre la naturaleza misma del proyecto.

El desarrollo de este sistema de monitoreo, como ya se ha mencionado, fue financiado por el programa “Jóvenes investigadores” del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias en su edición del año 2017, siendo ejecutado durante el periodo 2018-2019. Allí, bajo el lema “*Jóvenes investigadores e innovadores por la paz*”, se otorgaron becas-pasantías a jóvenes que estuvieran respaldados por instituciones que hicieran parte del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, para desarrollar proyectos de intervención, investigación y desarrollo tecnológico y científico enmarcados en potenciales beneficios al proceso de construcción de paz en Colombia como momento clave para ese entonces. De esta manera, el proyecto guarda una estrecha relación con las dinámicas de investigación que se han venido gestando en favor de reforzar la aplicación de los acuerdos de paz en las poblaciones altamente afectadas por el conflicto armado interno.

“El desarrollo de este sistema de monitoreo, como ya se ha mencionado, fue financiado por el programa “Jóvenes investigadores” del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias en su edición del año 2017, siendo ejecutado durante el periodo 2018-2019”.

Siendo esto así, amerita hacer un rápido esbozo por lo que ha sido la lucha por la puesta en marcha de los acuerdos. El pasado 26 de septiembre de 2016, tras más de medio siglo

de conflicto armado interno y por medio del desarrollo de una ceremonia que contó con la presencia de altas personalidades del Estado colombiano y de países acompañantes, las comisiones negociadoras de las partes firmaron el acuerdo final de paz del proceso adelantado por el gobierno de Juan Manuel Santos y las Farc-EP. Allí se daba por finalizado el proceso de negociaciones mientras que a su vez se abría la posibilidad de que el pueblo colombiano asistiera a las urnas el domingo 2 de octubre de este mismo año para certificar si aceptaban o no los acuerdos. Acto con un contenido contradictorio dentro de su desarrollo mismo, en la medida de hacer necesario la consulta de finalizar o no el conflicto armado con la guerrilla más antigua del país, más aún, teniendo como eje articulador de la discusión a las víctimas, más allá de los tintes políticos que intervinieron el proceso desde sus inicios. Como es de conocimiento, los resultados del plebiscito negaron la posibilidad de aprobar los acuerdos en esta primera instancia, razón por la cual se hizo necesaria la modificación de algunos puntos (que no repercuten pertinencia al presente escrito) para, posteriormente, llegar a la segunda firma del acuerdo el día 24 de noviembre de 2016 en el Teatro Colón de la ciudad de Bogotá. Allí, en medio de dificultades y controversias, quedaron en firme los acuerdos de paz, dando paso a su implementación dentro de todas las esferas en las cuales debería moverse, desde las discusiones de carácter político y judicial, hasta su implementación en las comunidades afectadas. Precisamente, dentro de la estructura de seis puntos que fue definida para la implementación de los acuerdos, se encuentra la Reforma Rural Integral (RRI), prescindida por la premisa “*Hacia un nuevo campo colombiano*”, con un contenido extenso dentro del cual se resaltan estrategias de reforma estructural y económicas, hasta intervenciones de carácter local para los pequeños y medianos productores, e incluso para las familias sin tierra o con tierra insuficiente.

La primera parte de la reforma hace referencia al acceso y uso de tierras improductivas, formalización de la propiedad, frontera agrícola y protección de las zonas de reserva campesina. Quedó establecida la creación de un fondo de tierras que se encargará de brindar acceso a tres millones de hectáreas durante sus primeros diez años de implementación. Esta cantidad de tierras provienen de extinción de dominio, tierras recuperadas a favor de la Nación, actualización y delimitación de reserva forestal, tierras inexploradas, adquiridas o donadas, entre otras. De la misma manera, se establecieron otros dos mecanismos para el acceso a

tierras, como lo son el subsidio integral de compra y el crédito especial para compra. Estas medidas están destinadas a beneficiar a trabajadores y asociaciones de trabajadores con vocación agrícola sin tierra o con tierra insuficiente, priorizando mujeres y población desplazada; segmento poblacional contemplado dentro de potenciales usuarios del sistema tecnológico desarrollado por la Universidad Distrital, respondiendo a las necesidades de esta y cumpliendo el rol de potenciar la productividad de los proyectos agrícolas que emprendan bajo este escenario.

Continuando con lo planteado en la reforma, se deja establecida la formalización de siete millones de hectáreas de pequeña y mediana propiedad, garantizando los derechos de los propietarios legítimos y estableciendo una condición inembargable durante siete años en caso de registrarse dentro del fondo de tierras. De igual manera, se estableció la realización de un proceso de formación y actualización del catastro e impuesto predial rural, así como el cierre de la frontera agrícola y la protección de las zonas de reserva.

Todos estos puntos tienen incidencia sobre las poblaciones afectadas por el conflicto armado, sin embargo, se formularon algunos programas y planes que tienen una mayor carga de intervención social, y dentro de los cuales, la inclusión de nuevas tecnologías desarrolladas por empresas, organizaciones o universidades, como es nuestro caso, entra a fortalecer el proceso. Hablamos de los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET), los planes de acción para la transformación regional y los planes nacionales para la reforma rural integral. Estos programas están propuestos para alcanzar la transformación estructural del campo y el ámbito rural bajo la garantía del bienestar de las comunidades que allí habitan, la protección de la riqueza pluriétnica y multicultural, el desarrollo de la economía campesina y familiar, la integración de las comunidades afectadas por el conflicto armado y el reconocimiento de las diferentes comunidades que allí confluyen, entre otros.

La aplicación de estos programas tendrá una planificación que prioriza los niveles de pobreza, el grado de afectación por acciones del conflicto, zonas de debilidad institucional y presencia de cultivos ilícitos. Su desarrollo deberá ser bajo un enfoque territorial acompañado de un diagnóstico de necesidades elaborado en conjunto con las comunidades. Más allá de todas las transformaciones planteadas y acordadas durante el proceso, que son de gran importancia para el me-

joramiento de las condiciones históricas de fragilidad que han tenido los pobladores de las zonas rurales del país, hay una estrategia que funge como punto de encuentro entre el proyecto desarrollado y la implementación de los acuerdos; ella es la tecnificación del campo.

Entendiendo la necesidad de actualización de los procesos por medio de los cuales la pequeña y mediana producción genera insumos a distribuir en los mercados, los acuerdos de paz integran aspectos enfocados hacia la tecnificación de estos. El primer punto que se menciona es el “Plan nacional de riego y drenaje para la economía campesina, familiar y comunitaria”, dentro del cual se considera la recuperación de los sistemas de riego familiar, así como el acompañamiento en el diseño y aplicación de nuevas soluciones tecnológicas de acuerdo con las particularidades de las zonas.

“El primer punto que se menciona es el “Plan nacional de riego y drenaje para la economía campesina, familiar y comunitaria”, dentro del cual se considera la recuperación de los sistemas de riego familiar, así como el acompañamiento en el diseño y aplicación de nuevas soluciones tecnológicas de acuerdo con las particularidades de las zonas”.

Por otra parte, se plantea el “Plan nacional de electrificación rural” y el “Plan nacional de conectividad rural”, dentro de los cuales se pacta una ampliación de la cobertura eléctrica, capacitación en el uso de la energía, instalación de infraestructura para acceso a internet en cabeceras, ofertas de soluciones de acceso comunitario a internet y, lo más importante para nuestros fines, promoción y aplicación de soluciones tecnológicas. Dentro de este concepto de soluciones tecnológicas se integran aquellos desarrollos que estén orientados a mejorar la calidad de vida de la población rural, así como la tecnificación, seguimiento y potencialización de la producción agrícola, priorizando zonas afectadas por el conflicto armado interno. Al respecto, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas no es ajena a estas dinámicas, puesto que ya ha liderado iniciativas de intervención social orientadas al desarrollo de soluciones tecnológicas a

implementar en zonas priorizadas por los acuerdos de paz y que han sido sustento teórico y práctico para el desarrollo del proyecto.

En noviembre de 2017, el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones en alianza con la Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada, RENATA, y con el acompañamiento del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, dieron apertura a la convocatoria pública 04-2017 por medio de la cual buscaban incentivar soluciones tecnológicas para el programa “Bosques de paz”, programa que abrió la discusión en el país acerca del reconocimiento que se le debe otorgar al medio ambiente como víctima del conflicto armado, para ello, busca restaurar por medio de siembras e intervenciones, las zonas de mayor pérdida de recursos ambientales. De igual manera, exalta la consolidación de proyectos productivos para la vinculación de comunidades al proyecto, viabilizando el proceso de retorno de estas.

“De igual manera, exalta la consolidación de proyectos productivos para la vinculación de comunidades al proyecto, viabilizando el proceso de retorno de estas”.

La convocatoria buscaba crear un banco de propuestas a financiar, por medio de las cuales se fortaleciera el aspecto tecnológico de las zonas consideradas como bosques de paz. Allí, la Universidad Distrital propuso un sistema de gestión y monitoreo para el corregimiento de Aquitania en el departamento de Antioquia, el cual resultó financiable y fue ejecutado durante el primer semestre del año 2018. Este corregimiento fue ampliamente afectado por el conflicto armado, desplazando al 90% de su población, de manera forzada y masiva, hechos que se registraron el 20 de julio de 2003.

Actualmente, los pobladores de Aquitania se encuentran en proceso de retorno, y como medio generador de ingresos han emprendido diferentes actividades agrícolas. La mayoría de sus habitantes cuentan con pequeñas porciones de tierra en las cuales producen sus propios alimentos, e insumos y productos para la venta. La actividad del corregimiento se centra en los cultivos de cacao, café y cultivos de pan coger, de los cuales la mayoría se vincularon al proyecto de bosques de paz, contexto en el cual el proyecto de

la Universidad encajó perfectamente. El programa buscaba dotar de instrumentos tecnológicos los cultivos para su seguimiento y, a su vez, generar un escenario en el cual se fortaleciera el tejido social en torno a su desarrollo. Contaba con cuatro metas, de las cuales la primera era el monitoreo automático de los cultivos por medio del reporte de datos realizado por una estación meteorológica y sensores instalados directamente en los cultivos. La segunda, reforzar el monitoreo de los cultivos por medio de reportes realizados directamente por los cultivadores en una aplicación móvil bajo la lectura de Tags NFC, muy similar al proceso realizado dentro del proyecto esbozado en este artículo. La tercera generar una plataforma de divulgación, promoción y venta de los productos que los cultivadores procesaban y tenían disponibles para la venta, y, por último, en la cuarta meta se desarrollaron exposiciones fotográficas del antes y después del corregimiento como actividad concertada con la comunidad para exaltar los procesos históricos que han llevado a sus pobladores a restablecer su cohesión y tejido social.

En este proyecto, la Universidad Distrital tuvo un acercamiento importante a los procesos de generación de nuevas soluciones tecnológicas enfocadas e implementadas en comunidades afectadas por el conflicto armado. Experiencia que fue exitosa y que ha de figurar como sustento para la generación de proyectos futuros. Para este caso, el proyecto no es implementado con seguimiento de comunidades, pero se ha enfocado en llevar el desarrollo tecnológico más allá de lo realizado hasta ahora, con el fin de que sea adaptable a diferentes tipos de comunidades y cultivos.

Para este caso, y como ya se ha mencionado, se cuenta con una plataforma de administración robusta que tiene un grado de avance significativo, en el sentido que pasa de ser una solución tecnológica en la que quien entrega y revisa el reporte es el mismo actor, a beneficiar a los pequeños y medianos productores brindando la posibilidad de existencia de más roles por medio de los cuales se haga seguimiento a cultivos sin importar su extensión. De igual manera, la distribución por zonas y ubicación por medio de GPS se convierte también en un nuevo avance respecto a los desarrollos anteriores, el sistema tiene la posibilidad de hacer seguimiento por zonas en caso que la extensión del cultivo así lo amerite.

Sin duda alguna, el desarrollo de software realizado con ocasión de este proyecto tiene un alto grado de beneficio hacia los planes nacionales para la reforma rural integral

de los acuerdos de paz. Su puesta en marcha en poblaciones afectadas por el conflicto traería un sinnúmero de beneficios que van en el mismo sentido de lo acordado. Tener la posibilidad de realizar un monitoreo minucioso que permita evitar pérdidas y potenciar la producción, genera mejores ganancias y condiciones sobre las cuales obtener un mejor producto.

La implementación de estas nuevas tecnologías se ha venido dando de manera paulatina en el agro colombiano y en el mundo, el proceso en los niveles de producción más pequeños ha tomado un poco más de tiempo, la adaptación a estos nuevos procesos se ha venido consiguiendo y cada día son más los cultivadores que optan por adoptarlos. Con relación a todo este proceso de implementación y adaptación, Pérez, Adriana, Milla, & Mesa (2006) mencionan lo siguiente:

Sin duda, incorporar estas nuevas tecnologías no es fácil. Es necesaria mucha capacitación y vencer las barreras de resistencia a este nuevo conocimiento y a todo el cambio que significa en los procesos de trabajo (20). Los agricultores que, estando orgullosos de trabajar en el sector más antiguo de la actividad cultural humana, se sienten capaces de sintonizar los avances tecnológicos, son los que dan pie a que pueda hablarse con toda propiedad de Informática y Agricultura, hasta el punto que haya una palabra que une ambos términos indisolublemente: la AGROMÁTICA

La Universidad Distrital ha sido una de las instituciones de educación superior que desde su quehacer científico ha venido apoyando la implementación de nuevas tecnologías en el agro, desde sus grupos de investigación se han gestado diferentes propuestas que se han convertido en proyectos a ejecutarse con un amplio sentido social y de beneficio hacia las comunidades del campo colombiano. La institución se ha convertido en referente de innovación a la hora de impulsar proyectos que permitan el mejoramiento de condiciones de vida de los beneficiarios.

## TRABAJO FUTURO

El sistema de monitoreo para cultivos de café ha sido diseñado y desarrollado de manera tal que permita reforzarlo en el tiempo con nuevas funcionalidades que mejoren su efectividad, así como, también, la posibilidad de extenderlo a otros escenarios del agro, razón por la cual se dejan planteados algunos puntos de trabajo futuro que permitirán alcanzar un mayor éxito.

- **Diseño gráfico.** Tanto la aplicación móvil como el portal web tienen un diseño gráfico básico que se elaboró para la realización de pruebas y puesta en marcha del sistema. Sin embargo, este es un punto para mejorar, puesto que con la implementación de un diseño especializado se garantizará una mejor experiencia de usuario.
- **Almacenamiento de reportes.** En este momento los datos que se guardan sin conexión a internet están siendo alojados directamente en la aplicación móvil, lo cual quiere decir que en caso de que el usuario desinstale la aplicación de su dispositivo móvil, estos se perderán. Un desarrollo a futuro será lograr guardar estos datos directamente en la memoria del dispositivo en el que se estén realizando las mediciones para resguardarlos en caso de desinstalación.
- **Parámetros de cultivos.** El sistema es completamente escalable a la amplia variedad de productos que se cultivan en el agro colombiano, la elección del café está marcada por la importancia que este producto tiene a nivel nacional e internacional, sin embargo, como desarrollo futuro, el sistema podrá alojar datos de seguimiento de distinta variedad de productos y realizar su monitoreo bajo una actualización de software que evite fallos a la hora de hacer el seguimiento de más de un producto a la vez.
- **Roles.** Uno avance significativo será crear más roles de administración para el control de gestión de la información, en este momento el monitoreo de resultados se encuentra disponible únicamente para el rol de administrador, sin embargo, para grandes plantaciones es importante poder contar con roles intermedios entre el cultivador y el administrador que permitan hacer un seguimiento más detallado y organizado.
- **Creación de zonas.** Esta funcionalidad se encuentra disponible únicamente en el manejo directo de las bases de datos del sistema, lo cual disminuye las posibilidades de que las personas que no cuenten con los conocimientos técnicos suficientes puedan realizar la creación de más zonas para monitorear. Dentro de desarrollos futuros se deberá crear esta funcionalidad con el fin de mejorar la usabilidad del sistema.

## CONCLUSIONES

Las aceleradas dinámicas socio económicas que caracterizan el actual modelo económico, tanto colombiano como a nivel latinoamericano y mundial, han llevado al surgimiento de estrategias y procesos de adecuación de la sociedad en sí misma a ellas. Dentro de este entramado, las herramientas TIC han surgido como medio que potencializa los avances que surgen a nivel de ciencia, tecnología e innovación.

En este contexto, el sector agro no ha sido ajeno y dentro de su proceso de actualización e inmersión de nuevos procedimientos y protocolos de mejoramiento, ha detectado la necesidad de adoptar nuevas tecnologías a los procesos de producción que le permitan mejorar el cuidado, rendimiento y productividad de los cultivos. Bajo el marco de estas dinámicas, la posibilidad de realizar un monitoreo cercano a las cosechas por medio de herramientas TIC, permite disminuir los índices de cultivos afectados por plagas, brinda la posibilidad de tomar acciones correctivas de manera temprana y permite el incremento en ganancias en la producción. Razón por la cual la presencia de dispositivos y elementos TIC se ha incrementado dentro de la actividad agrícola mundial.

“Razón por la cual la presencia de dispositivos y elementos TIC se ha incrementado dentro de la actividad agrícola mundial”.

Los objetivos que persigue el aumento de los desarrollos tecnológicos dirigidos hacia este sector productivo van más allá del mejoramiento del proceso en sí mismo. Existen beneficios que se reflejan directamente en las comunidades que adoptan estos nuevos desarrollos, y que se extienden desde el conjunto de grandes propietarios, hasta familias de pequeña y mediana producción. Estas tecnologías vienen cumpliendo un papel social de alta relevancia, puesto que la optimización de costos, el seguimiento cercano e incremento en las ganancias, incide de manera directa en la calidad de vida de los cultivadores. En Colombia, el desarrollo tecnológico dirigido hacia la agricultura se ha centrado en la producción de dispositivos y aplicaciones que permiten realizar monitoreos, toma de fotografías aéreas para la detección temprana de plagas, sistemas de riego automatizados, minería de datos, inteligencia artificial y, en algunos casos específicos, inclusión de robótica en procesos

de manejo de cosecha. Esta inmersión tecnológica ha llevado a mejorar los índices de competitividad en el mercado, mientras que, a su vez, genera una sinergia entre los conocimientos autóctonos y técnicos que lleva a potenciar las habilidades de los sujetos a cargo de los cultivos.

El proyecto de monitoreo a cultivos de café permitió realizar desarrollos que generaron nuevo conocimiento respecto a funcionalidades técnicas a implementar en el contexto de la inmersión tecnológica dentro de la actividad agrícola colombiana. Todo esto con el objetivo de hacer la tecnología más asequible a comunidades con baja experticia en el manejo de este tipo de dispositivos. Por último, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de la ciudad de Bogotá, Colombia; ha venido consolidándose como una de las instituciones de educación superior pioneras en el desarrollo de nuevas tecnologías con enfoque social, tanto para el sector agrícola como para otros. Desde sus grupos de investigación se han gestado diferentes proyectos que gracias a su calidad han sido financiados por instituciones del Estado colombiano, lo que le ha permitido como institución, entregar valiosos aportes a la producción en el campo de la ciencia, tecnología e innovación (CTel).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agriulturers (2017). *El uso de los sensores para optimizar el manejo integrado de plagas*. de <http://agriculturers.com/el-uso-de-los-sensores-para-optimizar-el-manejo-integrado-de-plagas/>
- Cárdenas. A., J. (2016). *Drones granjeros para el campo colombiano*. <https://www.elespectador.com/tecnologia/drones-granjeros-el-campo-colombiano-articulo-644858>
- ColombiacoMTW. (2017). *MipUN: App que informa sobre plagas y enfermedades en uva Isabella*. <https://www.colombia.com/tecnologia/destacadas/sdi/167320/mipun-app-que-informa-sobre-plagas-y-enfermedades-en-uva-isabella>
- El Tiempo (2017, Agosto). Ya utilizan drones para monitorear cultivos de palma africana. <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/drones-para-monitorear-cultivos-de-palma-africana-125054>
- Finkenzeller, K. & Müller, D. (2010). *RFID Handbook Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication*; Wiley: New York.



- HISPANTV. (2017). *Aplicación Plantix detecta plagas sobre las plantas*. <https://www.hispanTV.com/noticias/ciencia-tecnologia/329147/plan-tix-aplicacion-plagas-plantas>
- Jacques. T., E. (2016). *Innovación mexicana detecta plagas de* <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/eduardo-torreblanca-jacques/innovacion-mexicana-detecta-plagas-de-cultivos>
- Montalvo, Barriga. y Rojas. (2016) *Tecnología aplicada en el agro colombiano: asimetrías evidenciadas en la competitividad entre los subsectores café y maíz durante el periodo 2005 – 2015*. Bogotá, Colombia.
- Near Field Communications Forum. (2018). Available online: <http://nfc-forum.org>
- Ojeda, D. (2018). *Internet de las cosas avanza en el agro colombiano*. Recuperado de: <https://www.elespectador.com/economia/internet-de-las-cosas-da-sus-primeros-pasos-en-el-agro-colombiano-articulo-741563>
- Orizont. (2016). *Agropestalert, la tecnología que detecta e identifica plagas agrícolas en tiempo real*. Tomado de: <http://www.orizont.es/agropestalert-la-tecnologia-que-detecta-e-identifica-plagas-agricolas-en-tiempo-real/>
- Ozdenizci, B.; Coskun, V.; Ok, K. NFC internal (2015). An indoor navigation system. *Sensors* 15, 7571–7595.
- Pérez, A., Milla, M. & Mesa, M., (2006). *Impacto de las tecnologías de la información y la comunicación en la agricultura*. *Cultivos Tropicales*. La Habana, Cuba: redalyc.org
- RED RITA. (2019) *Sistema inteligente de monitoreo y alertas tempranas de infección en cultivos cafeteros*. <http://ritaportal.udistrital.edu.co:10181/>
- Semana. (2016). Así funciona el ‘Waze’ del agro creado por colombianos. <https://www.semana.com/tecnologia/articulo/farmapp-la-aplicacion-que-monitorea-la-productividad-del-agro/474153>
- Senasa. (2017). *Nueva tecnología permitirá pronta detección y diagnóstico de plagas agrícolas*. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/senasa-nueva-tecnologia-permitira-pronta-deteccion-y-diagnostico-de-plagas-agricolas/>