



# AgTech 19043. Digitalización de la Agricultura de Pequeña Escala

## Producto 23. Informe Técnico Final

Luis A. Sandoval M.  
2023





Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Luis A. Sandoval M.

Copyright © 2022 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

**FONTAGRO**

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)

[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)



# Tabla de Contenidos

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Abstract .....                   | 4  |
| Resumen.....                     | 5  |
| Antecedentes .....               | 6  |
| Objetivos .....                  | 8  |
| Metodología .....                | 9  |
| Resultados .....                 | 14 |
| Indicadores Técnicos .....       | 24 |
| Hallazgos Destacados .....       | 24 |
| Historias en el campo.....       | 25 |
| Conclusiones.....                | 27 |
| Recomendaciones .....            | 28 |
| Referencias Bibliográficas ..... | 29 |
| Instituciones participantes..... | 31 |



## Abstract

The digital and 4.0 agriculture revolutions have changed the decision-making landscape in agricultural operations. Not only do they allow us to collect and visualize data in real time, but they also allow us to collect data that was unimaginable a few years ago. However, small, and medium scale farmers have been excluded from this revolution, mainly because they are not an attractive target market for the developers of these technologies. The AgTech 19043 project set out to change this situation and bring the revolution of digital agriculture to all small and medium-scale farmers in the region. For this, a diagnosis of the use of digital agriculture technologies and a technological surveillance was carried out, a technological solution was developed that allows measuring soil moisture that is robust, low cost and highly usable, and its operability, was validated through a participatory methodology with farmers from Colombia, Honduras, and Nicaragua. The technological solution developed and the resources accompanying it are generally perceived as easier to use than the alternatives, at a lower cost, and as allowing easier decision-making. Therefore, the technological solution has a high probability of adoption in the commercial stage. Finally, the awards received by the project show great interest for the development of low-cost, high-impact technologies among extension and cooperation agencies.

Keywords: digital agriculture, soil moisture, Rogers, human-centered design, adoption.



## Resumen

La revolución de la agricultura digital y 4.0 ha modificado el proceso de toma de decisiones en las operaciones agrícolas. No únicamente permite tomar y visualizar datos en tiempo real, sino que nos permite recoger datos inimaginables hace algunos años. Sin embargo, los agricultores de pequeña y mediana escala se han visto excluidos de esta revolución, principalmente porque no son un mercado meta atractivo para los desarrolladores de estas tecnologías. El proyecto AgTech 19043 se propuso como objetivo cambiar esta situación, y llevar la revolución de la agricultura 4.0 a todos los agricultores de pequeña y mediana escala de la región. Para esto se realizó un diagnóstico de uso de tecnologías de agricultura digital y una vigilancia tecnológica, se desarrolló una solución tecnológica que permite medir humedad de suelo que es robusta, de bajo costo y alta usabilidad, y se validó su operatividad mediante una metodología participativa con agricultores de Colombia, Honduras y Nicaragua. La solución tecnológica desarrollada, y los recursos que la acompañan, de forma general son percibidos como más fáciles de usar que las alternativas, de menor costo, y que permiten tomar decisiones con mayor facilidad. Por lo tanto, la solución tecnológica cuenta con alta probabilidad de adopción en la etapa comercial. Finalmente, los reconocimientos recibidos por el proyecto demuestran mucho interés por el desarrollo de tecnologías de bajo costo y alto impacto entre organismos de extensión y cooperación.

Palabras Clave: agricultura digital, humedad de suelo, Rogers, diseño centrado en el humano, adopción.



## Antecedentes

Se estima que, dependiendo del país, entre el 75 y el 93% de las explotaciones agrícolas en América Latina pertenecen a agricultura familiar o de subsistencia (Salcedo y Guzman, 2014). Debido a su importancia en la generación de empleo y seguridad alimentaria, este tipo de agricultura es vital para la estabilidad de la región. Estos sistemas se caracterizan por bajos niveles de tecnología y mecanización, y por tanto suelen depender de los patrones de las lluvias.

Uno de los principales síntomas del cambio climático son las modificaciones de los patrones habituales de lluvias, haciendo más difícil la planeación de las fechas de siembra en los sistemas de agricultura de pequeña escala. Por tanto, el riesgo de pérdidas de cultivos asociados a estos sistemas es alto, ya que los cultivos tienen una dependencia alta no solo de las lluvias, sino también de la capacidad de almacenamiento de agua de los suelos. En dicho contexto, las opciones que les quedan a estos productores para seguir siendo productivos y rentables son las prácticas de manejo climáticamente inteligentes, y en particular las que permiten un mejor manejo de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. Pero ¿cómo saber qué prácticas serían la más indicadas?, y, ¿qué capacidad de retención de agua tiene un suelo? Para lograr una apropiada implementación de dichas prácticas, lo ideal es conocer en detalle las características y el comportamiento de los suelos trabajados.

La metodología tradicional para evaluar el comportamiento hídrico de un suelo es el balance hídrico. Tomando en cuenta variables como precipitación, temperatura, radiación, viento, y variables de suelo como textura y profundidad efectiva, se calcula una estimación de cuánta agua puede retener el suelo en determinado momento. Esta metodología permite determinar si un suelo está por fuera de los límites de humedad, que son el encharcamiento y el punto de marchitez permanente. Ambos límites resultan en situaciones de estrés hídrico en las plantas y por ende efectos negativos en la producción del cultivo.

En la actualidad, con el auge de los sensores conectados, tenemos nuevas opciones para evaluar el estado hídrico del suelo, incluso en tiempo real. Los sensores se han vuelto más pequeños, eficientes y económicos, permitiendo la implementación de soluciones tecnológicas para el seguimiento directo de la variable de humedad del suelo, removiendo el error asociado a la estimación por medio del balance hídrico.

En el mercado existen una variedad de sensores para la medición de humedad de suelo, de distintos principios de medición, tales como los sensores de reflectometría, capacitancia y/o volumétricos, los cuales se encargan de expresar en diferentes términos (unidades) la cantidad de agua que se encuentra disponible en el suelo para la planta. El costo de los sensores de humedad de suelo de mediciones confiables oscila entre 30 dólares y 900 dólares, de acuerdo con sus características de resolución, exactitud, robustez, principio de medición y marca, entre



otras características. Adicionalmente al costo del sensor, es necesario tener en cuenta el costo de la tecnología complementaria que permite brindar capacidades de autonomía, almacenamiento y protección, así como los costos de la estructura o sistema de soporte o instalación de este en campo. Los costos adicionales se estiman entre 300 y 600 dólares americanos.

Teniendo en cuenta los altos costos de implementación de la tecnología y limitaciones como acceso a internet o electricidad de las zonas rurales, en este proyecto se consideró una modificación de la tecnología vigente, que permita garantizar bajos costos y óptima respuesta en la medición de humedad de suelo. Se trabajó en un diseño y fabricación especial, que incluyó el desarrollo de un sistema electrónico de bajo consumo de energía y un sistema de carga de larga duración para el sensor de humedad de suelo, efectivamente llevando la tecnología de medición de humedad de suelo a su versión de mínimo producto viable. El desarrollo propuesto omitió el componente de conectividad en tiempo real, tanto para disminuir costos como para simplificar su implementación.

La solución tecnológica aquí presentada, es un dispositivo o solución tecnológica que permite medir humedad de suelo, que es robusto, de bajo costo y alta usabilidad. Además de la solución tecnológica, se desarrolló una aplicación para descarga y visualización de datos, y un manual de prácticas de manejo de humedad de suelo, que son de acceso abierto. El ecosistema de la solución tecnológica desarrollada en el proyecto AgTech 19043 de Digitalización de la Agricultura de Pequeña Escala, busca eliminar las principales barreras de adopción de tecnologías de agricultura digital, y llevar así la revolución de la Agricultura 4.0 a los agricultores de pequeña y mediana escala de América Latina.



# Objetivos

## Objetivo general

Mejorar las tecnologías basadas en agricultura climáticamente inteligente, para productores en Colombia, Honduras y Nicaragua, mediante el desarrollo de una solución tecnológica para medir humedad de suelo de bajo costo, alta usabilidad, robusta y adaptada a agricultores de pequeña y mediana escala

## Objetivos específicos

1. Elaborar un diagnóstico del estado actual del uso de sensores y su impacto en la competitividad de la producción de medianos y pequeños productores.
2. Implementar la solución tecnológica en campo con productores de Colombia, Honduras y Nicaragua.
3. Elaborar un plan de negocio que facilite la sostenibilidad de la solución tecnológica desarrollada.
4. Implementar una estrategia de gestión del conocimiento y fortalecimiento de capacidades.





## Metodología

El proyecto de Digitalización de la Agricultura de Pequeña Escala se dividió en cuatro componentes para su ejecución. El componente 1 consistió en el diseño de una solución digital, bajo escenarios biofísicos y de arreglos institucionales diferentes. El componente 2 consistió en el desarrollo e implementación de la solución digital en fincas de productores en los países de interés. El componente 3 consistió en el desarrollo del plan estratégico para el escalado. Finalmente, el componente 4 consistió en la gestión del conocimiento. A continuación, se detallan la metodología seguida en cada uno de los componentes, desagregada por actividad.

### **Metodología del componente 1: Diseño de la solución digital, bajo escenarios biofísicos y de arreglos institucionales diferentes.**

El componente uno tenía como objetivo caracterizar y elaborar un diagnóstico del estado actual del uso de sensores y su impacto en la competitividad de la producción de medianos y pequeños productores de Colombia, Honduras y Nicaragua. Este componente se dividió en cinco actividades.


#### ***Actividad 1.1: Levantamiento de requerimientos a nivel de productores y de instituciones locales para la implementación de la solución digital en Colombia, Honduras y Nicaragua.***

Para el cumplimiento de esta actividad se desarrolló una encuesta que se aplicó a productores para caracterizarlos en cuanto a cultivo y prácticas agronómicas, y diagnosticar su conocimiento y uso de tecnologías digitales. Para esto, se desarrolló una encuesta que fue revisada y validada por el equipo del proyecto. La aplicación de la encuesta se hizo a través de encuestas presenciales con productores asociados al proyecto, usando versiones impresas y digitales de la encuesta. Se recolectó información de 73 productores de Colombia, Honduras y Nicaragua.

Adicionalmente, como parte de esta actividad se llevó a cabo un mapeo de actores a la implementación de tecnologías digitales siguiendo la metodología de für internati (2015). El mapeo de actores se limitó a la región de interés del proyecto en cada uno de los tres países. Esta metodología consiste en seis fases y da como resultado una visión acotada de los actores presentes, sus características y relaciones.

#### ***Actividad 1.2: Establecer la metodología, diseño experimental e indicadores objetivamente verificables relacionados a la adopción de la solución tecnológica.***

A partir del marco conceptual de Rogers (2003) de difusión de innovaciones se definió el sitio de estudio, población meta, e instrumentos cuantitativos y cualitativos para medir la intención de adopción de la solución tecnológica. Según la metodología de Rogers (2003), será más probable



que se adopte una innovación cuando esta es percibida como mejor con respecto a las alternativas existentes, cuando se perciba que comulga con los valores y creencias de los usuarios potenciales, y cuando sea percibida como menos compleja que las alternativas (toma de decisiones y uso fáciles). Adicionalmente, será más probable que haya adopción cuando la innovación pueda ser probada por los usuarios potenciales y que los beneficios de su uso puedan ser observados. El instrumento cuantitativo consistió en una encuesta en línea y el cualitativo de grupos focales. La población meta de la encuesta fue agentes de extensión y técnicos de campo, mientras que la población meta del grupo focal los agricultores que participaron de las pruebas de campo participativas de la solución tecnológica.

***Actividad 1.3: Análisis de tecnologías para responder a las necesidades identificadas.***

Para identificar y analizar las tecnologías vigentes en el mercado se utilizó la metodología general de Investigación, Desarrollo e Innovación de Visualiti SAS, organismo co-ejecutor de este proyecto. La metodología consiste en nueve pasos que a través de un proceso de vigilancia tecnológica permite analizar, filtrar e identificar alternativas deseables para su adaptación o mejora. Esta actividad permitió identificar las sondas para medir humedad de suelo que pudieran contribuir a desarrollar una solución tecnológica económica, robusta y de alta usabilidad (Caro et al., 2022).

***Actividad 1.4: Diseño de la solución digital***


A partir de la información generadas con la vigilancia tecnológica, experiencia de los expertos, y una actividad de visualización creativa con agricultores beneficiarios, se diseñó tres prototipos que fueron evaluados en condiciones controladas y de campo (Bulla et al., 2022).

***Actividad 1.5: Desarrollo de un módulo de generación automática de reportes.***

La metodología propuesta por el equipo del proyecto para el desarrollo del módulo de generación de reportes consistió en los pasos: (1) listado de roles de usuario, (2) lista de requerimientos funcionales y no funcionales, (3) diagrama de flujo del procesamiento de datos, y (4) listado de restricciones a considerar. Este proceso de desarrollo se gestionó en un marco ágil de gestión, con un total de seis iteraciones para el desarrollo de la herramienta de visualización de datos (Gómez et al, 2023).

**Metodología del componente 2: Desarrollo e implementación de la solución tecnológica en fincas de productores de los países de interés.**

***Actividad 2.1: Desarrollo y prueba piloto de los prototipos de sensor para medir humedad de suelo.***



Para el desarrollo de esta actividad, se utilizó un diseño cuasi experimental, donde se seleccionó dos sitios, uno en Colombia y uno en Honduras, para las pruebas de los prototipos en campo. La selección de la ubicación de los sitios de prueba se hizo por conveniencia, tratando de instalar los sensores en la mayor variedad de texturas de suelo posibles. Los prototipos fueron evaluados según su precisión, exactitud y costo, con respecto a un dispositivo de referencia ampliamente usado en la producción agrícola. La metodología de valoración consistió en un ranqueo de los prototipos según las medidas antes descritas (González et al., 2022).

***Actividad 2.2: Fabricación del dispositivo implementado con los productores.***

Esta actividad consistió en el análisis de los resultados de las pruebas piloto de los prototipos, discusión del equipo técnico, y elaboración y réplica de un diseño final (Bulla et al., 2022). Este diseño final fue utilizado para la validación de la solución tecnológica mediante una metodología participativa.

***Actividad 2.3: Instalación y seguimiento participativo de la solución tecnológica en campo.***


Luego del diseño final de la solución tecnológica se procedió a la elaboración de 90 réplicas, para distribuir 30 en cada país entre productores participantes del proyecto. Primero se realizó un taller inicial con productores y técnicos, donde se expuso esta etapa del proyecto y presentó el plan para el despliegue y seguimiento de los dispositivos en campo. Después del taller inicial se procedió a la instalación de 30 dispositivos en cada país. Se hizo un monitoreo del estado y funcionamiento de los dispositivos aproximadamente a la mitad del ciclo de cultivo de cada productor. Además de la revisión de los dispositivos, se hizo recolección de datos de los dispositivos y recolección de prácticas de manejo de los cultivos.

***Actividad 2.4: Colecta de datos con información de los ciclos de siembra de los productores y búsqueda de información secundaria.***

Durante el período en que los dispositivos estuvieron instalados en las fincas de los productores, se hizo seguimiento a las prácticas agronómicas e información del cultivo donde estuvieron instalados los dispositivos. Paralelo a la recolecta de información de los productores, se buscó e identificó bases de datos secundarias que pudieran usarse de forma complementaria a la información generada por los dispositivos, principalmente con información climática.

***Actividad 2.5: Procesamiento y análisis de los datos de humedad de suelo, junto con los ciclos de cosecha e información secundaria.***

Los datos fueron procesados y analizados utilizando el lenguaje de programación Python, versión 3.10.9., a través del entorno de desarrollo Spyder, versión 5.4.2. La rutina de procesamiento de los datos se enfocó en la depuración, corrección y transformación, con el fin de obtener una base



de datos unificada. Se llevó a cabo un análisis exploratorio y luego de aprendizaje automático (*machine learning*) para encontrar patrones en los datos (Estrada, 2023).

***Actividad 2.6: Discusión de los resultados con expertos y generación de recomendaciones agronómicas relevantes.***

Para el logro de esta actividad se llevó a cabo una reunión entre el equipo técnico que analizó los datos y un experto en suelos. El objetivo de esta reunión fue familiarizar al experto con los resultados obtenidos del análisis de los datos de la actividad 2.5, y que a partir de esta discusión se pudiera elaborar un manual de prácticas de manejo de humedad de suelo.

***Actividad 2.7: Medición de la intención de adopción de tecnologías de agricultura digital y prácticas climáticamente inteligentes.***

A partir del producto de la actividad 1.2 se llevó a cabo una encuesta dirigida a agentes de extensión y asesores agrícolas, y grupos focales y entrevistas semiestructuradas con agricultores beneficiarios del proyecto. La encuesta se mantuvo activa durante marzo y abril de 2023, mientras que los grupos focales y entrevistas semiestructuradas se realizaron durante el primer trimestre de 2023 en los tres países.

**Metodología del componente 3: Plan estratégico para el escalado.**

***Actividad 3.1: Investigación de mercado de la solución tecnológica.***


La investigación de mercado se dividió en dos actividades, identificación y caracterización de alternativas a la solución tecnológica propuesta (benchmarking), y encuesta dirigida a agentes de extensión para identificar la intención de adopción de la solución tecnológica. El benchmarking se condujo a través de una búsqueda en línea y con recomendaciones de proveedores hechas por actores clave del proyecto.

***Actividad 3.2: Plan de negocio de la solución digital.***

Esta actividad contempló la utilización de la información generada en la investigación de mercado para el desarrollo de un plan de negocio que permita garantizar la sostenibilidad económica y escalado de la solución tecnológica desarrollada en el proyecto. Se siguió la metodología expuesta por Luna González (2016).

**Metodología del componente 4: Desarrollo de capacidades y difusión de resultados técnicos y científicos.**

***Actividad 4.1: Capacitación a usuarios finales en el uso de la tecnología.***



Se capacitó a los agricultores beneficiarios en el uso de la solución tecnológica y buenas prácticas de gestión de humedad de suelo durante la instalación de los dispositivos en campo, durante la visita de seguimiento y en las visitas de retiro de los dispositivos.

***Actividad 4.2: Publicación de resultados por medios de divulgación.***

Se planteó la divulgación de los resultados del estudio por múltiples medios, incluidos Webinars, blogs, y noticias. La selección del medio de divulgación dependió del tipo de material que se iba produciendo a medida que avanzaba el proyecto; esto con el objetivo de redactar el contenido para audiencias específicas, y creando material apropiado para cada plataforma.

***Actividad 4.3: Publicación de resultados y metodología en medios académicos.***

Para la producción de trabajos académicos se vinculó al proyecto a tres estudiantes de pregrado en Agronegocios y un maestrante en agricultura tropical sostenible de la Universidad Zamorano. Los estudiantes realizaron sus proyectos especiales de graduación y tesis en actividades directamente relacionadas al proyecto, presentando parte de los resultados como parte de sus trabajos. Como resultado de su participación, se esperaba obtener al menos los trabajos de graduación aprobados, con intención de publicación como artículos académicos.

***Actividad 4.4: Desarrollo de un seminario sobre el uso del sensor para toma de decisiones basadas en análisis de datos y construcción de servicios.***

Para presentar los resultados finales del proyecto, y promover la solución tecnológica, se planteó que la última actividad del proyecto como un seminario que presentara el resultado final del diseño de la solución tecnológica, los recursos disponibles, y aplicaciones de los datos generados por el dispositivo para la toma de decisiones de gestión de humedad de suelo en los cultivos.

# Resultados

## Mapeo de actores

En Colombia se definió la región de los Cerrillos, departamento del Cauca, como la zona de interés. La zona de los productores es también conocida como TeSAC (Territorio Sostenible Adaptado al Clima). En Honduras, se definió a la región del corredor seco como la zona de interés, que se caracteriza por un fenómeno cíclico de sequía y alta vulnerabilidad a eventos climáticos. En Nicaragua se definió a los departamentos de Nueva Segovia, Jinotega y Estelí como la zona de interés, debido a que se trabajó directamente con asociaciones de productores de granos básicos. Al igual que en Honduras, esta zona se encuentra en el corredor seco Centroamericano.

En Colombia, la red con mayor presencia es la de entidades de “apoyo”, que principalmente se dedican al desarrollo de tecnologías. En Honduras, se identificó a la Universidad Zamorano y la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA) como los actores con mayores relaciones e impacto. Finalmente, en Nicaragua, se resaltó la importancia de trabajar con asociaciones de productores para el desarrollo del proyecto, debido al grado de confianza de los productores en estas y su influencia en otros organismos. El gráfico 1 muestra el mapeo de actores de Honduras.

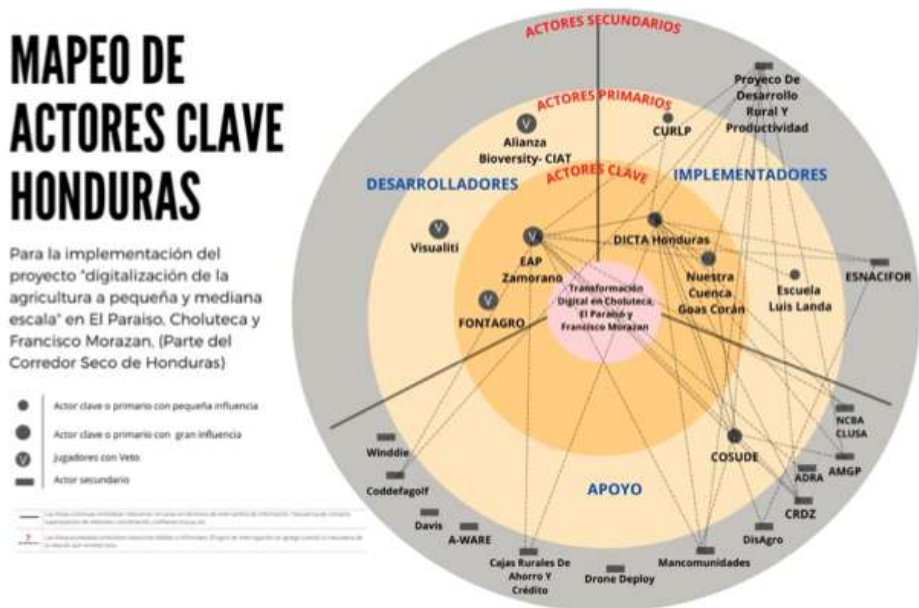


Gráfico 1. Mapeo de actores clave de Honduras.

## Diagnóstico de conocimiento y uso de tecnologías digitales, y caracterización de sistemas productivos de los sitios piloto de Colombia, Honduras y Nicaragua



En Colombia, Honduras y Nicaragua, se encontró un mínimo o nulo grado de adopción de tecnologías de agricultura digital, como imágenes satelitales, drones, y sensores, entre otros. Además, se identificó que los principales organismos promoviendo nuevas tecnologías y prácticas son organismos no gubernamentales en Honduras y Nicaragua.

En los tres países, la principal razón de adopción de tecnologías de agricultura digital fue el apoyo a través de asistencia técnica, seguido de iniciativa propia de los agricultores. También se identificó la principal razón de no adopción de tecnologías de agricultura digital como el desconocimiento de estas en los tres países.

En cuanto a la percepción del impacto de tecnologías de agricultura digital, los agricultores de Nicaragua indicaron tener una percepción positiva del impacto de las tecnologías en la sostenibilidad económica, ambiental y social de sus fincas, mientras que los agricultores de Honduras y Colombia prefirieron no dar su opinión del impacto percibido.

De forma general, los sistemas productivos de los agricultores se caracterizaron por integrar varios cultivos en la finca, hacer siembras adaptadas a los patrones de lluvia, implementar múltiples prácticas de conservación de suelos (principalmente adición de materia orgánica, barreras vivas, y rotación de cultivos), monitorear y usar agroquímicos para el control de plagas y enfermedades, y usar principalmente fertilizantes químicos.

### **Comparación de tecnologías vigentes**

A través de la aplicación de la metodología de Investigación, Desarrollo e Innovación, se logró identificar tres alternativas de sondas a ser evaluadas en el desarrollo de la solución tecnológica propuesta por el proyecto, con el fin de que esta sea de bajo costo, robusta y de alta usabilidad. Las sondas identificadas fueron SS200 de Irrrometer, SW10 de Pino Tech y EC5 de Meter (Caro et al., 2022). Estas sondas fueron luego evaluadas con un registrador de datos diseñado por Visualiti SAS.

### **Diseño de prototipos**

A partir de la información generada en la vigilancia tecnológica, experiencia de los expertos y una actividad de visualización creativa con agricultores beneficiarios, se diseñó tres prototipos de la solución tecnológica. Estos prototipos compartieron en su mayoría el diseño externo de la capsula que contiene la batería, registrador de datos y reloj (con adaptaciones para cada sonda en el circuito electrónico), y difirieron en la sonda que mide humedad de suelo (Bulla et al., 2022). De forma general, los prototipos consistieron en una sonda para medir humedad de suelo, una cápsula externa protectora y una cápsula interna que alberga los componentes electrónicos. En el Gráfico 2 se muestra un ejemplo de uno de los prototipos diseñados.



Gráfico 2. Ejemplo de uno de los prototipos diseñados (Modelo A).

### **Diseño de herramienta fuera de línea para visualización de datos**

A través de un marco ágil de gestión con seis iteraciones incrementales, se desarrolló una herramienta fuera de línea para la visualización de los datos registrados por los dispositivos para medir humedad de suelo. La herramienta consiste en una web app que una vez cargada en el navegador (Google Chrome, Microsoft Edge, por ejemplo) no requiere de conexión a internet para funcionar. Esta web app permite visualizar los datos de humedad de suelo guardados por el dispositivo (volumen de agua o porcentaje), y ajustar los niveles de marchitez permanente y saturación del suelo según la textura misma del suelo. Además de la visualización de los datos, la herramienta permite personalizar el reporte agregando información del agricultor y la finca. Finalmente, la web app también permite imprimir o guardar como pdf el reporte de la visualización de datos (Gómez et al, 2023).

### **Pruebas piloto de los prototipos y réplica del dispositivo final**

Las pruebas piloto de los prototipos dieron como resultado que el prototipo C con la sonda ECH20 fue el más preciso, que el prototipo A con la sonda SW-10 fue el más exacto, y que el prototipo A es también el más económico (menor costo). Adicionalmente se hizo un análisis cualitativo de los dispositivos, no habiéndose encontrado problemas de desgaste o daño por condiciones ambientales u operativas. Estas pruebas sirvieron para identificar la sonda SW-10 como la ideal



para el diseño final. Finalmente, el equipo técnico del proyecto se reunió para discutir la experiencia con los prototipos en campo y proceder al diseño de una versión mejorada de la solución tecnológica (González et al., 2022).

El diseño final del prototipo incluyó mejoras en el diseño de la cápsula interna, mejorándose el acceso a la memoria microSD, y encendido del dispositivo. En el diseño final, el equipo se enciende y apaga automáticamente al conectar la sonda, y la memoria y carga se hace en el extremo opuesto a la conexión de la sonda, sin necesidad de abrir completamente la cápsula interna. De este dispositivo final se hicieron 90 réplicas, para distribuir 30 en cada país participante (Gráfico 3).



Gráfico 3. Diseño final de la solución tecnológica.

### **Seguimiento participativo en campo**

Se instaló 30 sensores en cada país, con productores participantes del proyecto. Se realizó visitas de seguimiento, una por agricultor, para verificar el funcionamiento de los dispositivos y recoger una encuesta de las prácticas de manejo del cultivo. En Colombia, únicamente 24 de los dispositivos registraron datos durante todo el período. En Nicaragua, únicamente 16 de los dispositivos registraron datos de buena calidad durante todo el período. En Honduras, 20 de los dispositivos registraron datos de buena calidad durante todo el período. Las razones por las cuales no todos los dispositivos funcionaron como se esperaba son: instalación inadecuada de la sonda, daño de la electrónica del dispositivo por inundación, y fallas del dispositivo.



### **Datos de manejo de cultivos e información secundaria**

Se recogió información de los ciclos de los cultivos donde estuvieron instalados los dispositivos, y de las prácticas agronómicas implementadas durante el período que los dispositivos estuvieron instalados. La información obtenida de los agricultores fue agregada, anonimizada (a excepción de georreferenciación) y curada para su uso. Como fuentes de información secundaria se evaluaron las bases de datos de Copernicus y CHIRPS. Copernicus es el programa de observación de la tierra de la Unión Europea y CHIRPS es un programa de riesgos climáticos. De ambas bases de datos se extrajo precipitación (mm), temperatura (°K), radiación solar (MJ/m<sup>2</sup>), y humedad relativa promedio (%) para los sitios donde estuvieron instalados los sensores. Finalmente, la información de los cultivos (primaria) fue agregada con la información secundaria obtenida de Copernicus y CHIRPS (secundaria) para su análisis.

### **Procesamiento de los datos**

Se unificó los datos de los sensores, datos de manejo de los cultivos y la plataforma Copernicus en una sola base de datos. Se encontró que la mayoría de los suelos de estudio se mantuvieron en condiciones de saturación durante el período de recolección de datos. Durante las visitas de campo, se pudo corroborar las condiciones de saturación del suelo y el exceso de lluvias experimentado durante 2022. Este análisis exploratorio de los datos no permitió considerar el efecto de la temperatura del suelo, ni textura, en la medición de humedad de suelo. Temperatura no se midió porque el dispositivo no cuenta con sonda de temperatura, y textura porque de acuerdo con la base de Copernicus, la textura de los suelos es muy similar en los sitios de instalación de los dispositivos. El gráfico 4 muestra un ejemplo de los análisis exploratorios realizados, mostrando el comportamiento de la humedad registrada por un dispositivo y la precipitación, en un tipo de suelo franco.

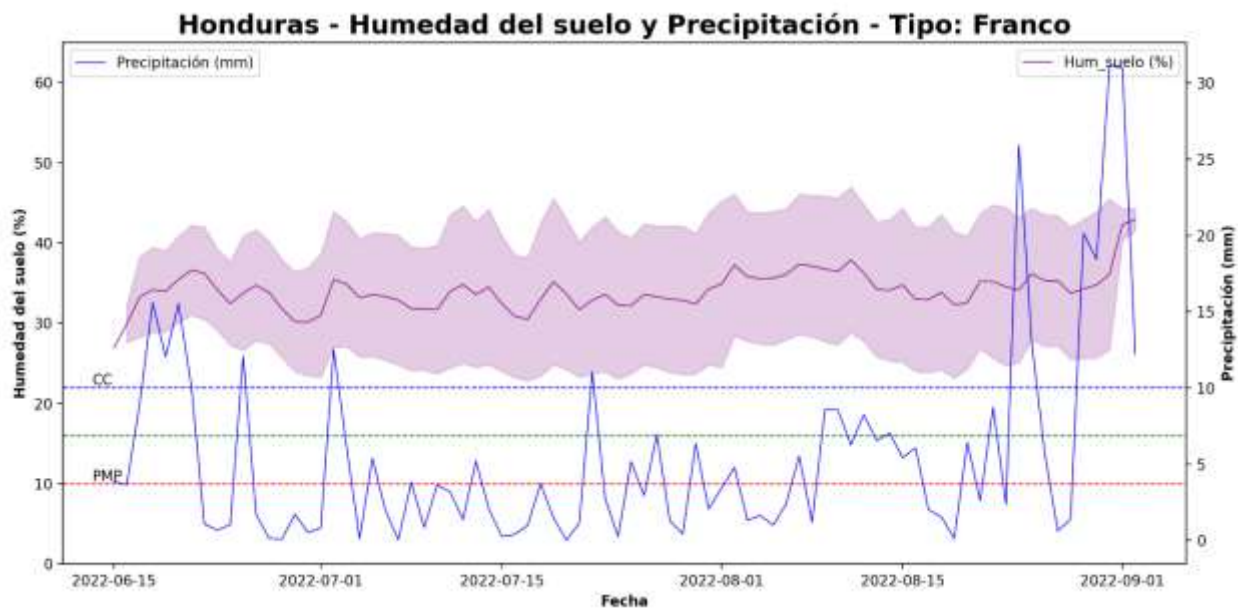


Gráfico 4. Relación entre humedad de suelo y precipitación en un suelo franco (Honduras).

El análisis de aprendizaje automático, o machine learning, se llevó a cabo con la técnica de bosque aleatorio. En este análisis si se incluyó información de precipitación y temperatura obtenidas de la plataforma Copernicus. El ajuste del modelo fue moderado, explicando únicamente 62.6% de la variación en la humedad de suelo registrada por los dispositivos. El potencial predictivo del modelo fue extremadamente bajo, llegando a explicar únicamente 10.7% de la variación observada en la humedad de suelo según la solución tecnológica. El bajo rendimiento del modelo de bosque aleatorio se atribuye a poca variación de los datos obtenidos de Copernicus y de la textura de suelo, y al hecho de que se contó con relativamente pocas observaciones (agregación diaria de la humedad de suelo) (Estrada, 20232’).

### Manual de manejo de humedad de suelo

En una reunión del equipo técnico, el especialista que analizó los datos consolidados de humedad de suelo de los dispositivos, prácticas agronómicas y datos secundarios, explicó al equipo los resultados de su análisis. Luego de la presentación, se procedió a una lluvia de ideas de la mejor forma de utilizar los datos del sensor para guiar buenas prácticas de manejo de humedad de suelo. Se concluyó que los agricultores objetivo del proyecto puede experimentar dos condiciones principalmente, exceso o déficit de humedad. Para crear una solución integral, el manual de manejo de humedad de suelo incluye el procedimiento de extracción y visualización de los datos, y un listado de prácticas de manejo de humedad de suelo divididas en dos categorías: prácticas para mejorar la retención de humedad de suelo, y prácticas para mejorar el drenado de los suelos (Peña et al., 2023).



## **Intención de adopción de la solución tecnológica**

Se obtuvo un total de 71 respuestas válidas de agentes de extensión y técnicos de campo, principalmente de Honduras, Ecuador, El Salvador y Nicaragua. La mayoría (39%) se identificó como asesor técnico, y 25% se identificó como agente de extensión, únicamente. Con respecto a las soluciones tecnológicas en el mercado, la mayoría considera que la solución tecnológica es más accesible económicamente (43%), que les permite tomar decisiones con más facilidad (56%), y que les permite presentar los resultados a los productores o clientes con más facilidad (51%). Adicionalmente, 87% indicó estar dispuesto a hacer pruebas piloto de la solución tecnológica con sus clientes y 86% indicó estar dispuesto a adoptar la solución tecnológica propuesta.

## **Difusión de resultados técnicos y científicos**

Los resultados del proyecto han sido disseminados por múltiples medios de comunicación, incluyendo Webinars ó seminarios web, blogs, noticias, conferencias académicas, y artículos científicos.


### ***Webinar***

Se realizaron tres Webinars para presentar los resultados del proyecto: (1) Agricultura 4.0: adopción, percepción, y actores en Colombia, Honduras y Nicaragua, y (2) AgTec para todos: desarrollo de un sensor para medir humedad de suelo, y (3) Alternativas para el cierre de brechas en el uso de tecnologías digitales en la agricultura. El objetivo del primer Webinar fue presentar la tasa de adopción de agricultura digital y los actores en los países participantes del proyecto. El segundo Webinar tuvo como objetivo compartir el proceso de prototipado, validación y diseño de la solución tecnológica en su versión final, y tercer Webinar tuvo el objetivo de presentar la solución tecnológicay su uso potencial. Los Webinar pueden ser visualizados en los vínculos a continuación.

- Agricultura 4.0: adopción, percepción, y actores en Colombia, Honduras y Nicaragua. [https://www.youtube.com/live/M\\_U6r4TayMU?feature=share](https://www.youtube.com/live/M_U6r4TayMU?feature=share)
- AgTec para todos: desarrollo de un sensor para medir humedad de suelo. <https://www.youtube.com/live/7jE114OM4og?feature=share>
- Alternativas para el cierre de brechas en el uso de tecnologías digitales en agricultura. [https://www.youtube.com/live/9BgaicDroYg?si=mjFf4houz\\_CwJqaf](https://www.youtube.com/live/9BgaicDroYg?si=mjFf4houz_CwJqaf)

### ***Blogs***

Se publicaron cinco blogs en la página del proyecto que tuvieron como objetivo servir de comunicaciones cortas de las metodologías y resultados del proyecto, y un sexto blog publicado



en la página de la Alianza Bioversity y CIAT resaltando los aspectos de agricultura digital inclusiva del proyecto. El primer blog en la página del proyecto contempla la instalación de los 90 sensores en los tres países, el segundo discute la metodología de co-creación utilizada durante la etapa de prototipado y diseño de la solución tecnológica, el tercero presenta la web app para visualización de los datos, el cuarto las actividades realizadas con los agricultores y comunidades/grupos de interés, y el quinto presenta todo el ecosistema que comprende la solución tecnológica. Los blogs se encuentran disponibles en los vínculos a continuación.


- Instalación de 90 sensores para acelerar la digitalización del agro. <https://www.fontagro.org/new/noticias/425/es/instalacion-de-90-sensores-para-acelerar-la-digitalizacion-del-agro>
- Co-creación: pensamiento de diseño centrado en el humano en el diseño de de Agetch. <https://www.fontagro.org/new/noticias/432/es/co-creacion-pensamiento-de-diseno-centrado-en-el-humano-en-el-diseno-de-agtech>
- Herramienta de visualización de datos fuera de línea. <https://www.fontagro.org/new/noticias/503/es/herramienta-de-visualizacion-de-datos-fuera-de-linea>
- Comunidades fortalecidas en manejo de humedad de suelo y uso de tecnologías digitales. <https://www.fontagro.org/new/noticias/519/es/comunidades-fortalecidas-en-manejo-de-humedad-de-suelo-y-uso-de-tecnologias-digitales>
- Una solución tecnológica para medir humedad de suelo para agricultura de pequeña escala. <https://www.fontagro.org/new/noticias/520/es/una-solucion-tecnologica-para-medir-humedad-de-suelo-para-agricultura-de-pequena-escala>
- Sensor de humedad de suelo de bajo costo gana concurso de soluciones tecnológicas. <https://alliancebioversityciat.org/es/stories/sensor-de-humedad-de-suelo-de-bajo-costo-gana-concurso-de-soluciones-tecnologicas>

### **Videos**

Como parte de los materiales de apoyo, se han publicado cuatro videos, dos tutoriales y dos de presentación/socialización del proyecto. Uno de los videos de presentación del proyecto es corto, con una duración de dos minutos, mientras que el segundo resalta la importancia e impacto del proyecto. Los videos están disponibles en los vínculos a continuación.

- Video de presentación del proyecto. <https://youtu.be/BRa0C9R7-T4>
- Video de presentación de resultados. <https://youtu.be/yAgl9Fealgg>
- Video de instalación del dispositivo. <https://youtu.be/-WjM-zOXESA>
- Video de descarga y visualización de datos. <https://youtu.be/0797er1Abg0>

### **Noticias**



Además de las noticias que están disponibles en la página del proyecto en la web de Fontagro, se publicó una noticia del proyecto en un medio no administrados por el equipo del proyecto, por la revista digital Bloomberg línea. La noticia destacó el objetivo del proyecto, que es llevar tecnología a los agricultores de pequeña y mediana escala.

- El sensor de humedad de suelo que busca acelerar la digitalización del agro. <https://www.bloomberglinea.com/2022/07/09/el-sensor-de-humedad-del-suelo-que-busca-acelerar-la-digitalizacion-del-agro/#:~:text=El%20sensor%20de%20humedad%20del%20suelo%20que%20busca%20acelerar%20la%20digitalizaci%C3%B3n%20del%20agro,-Un%20proyecto%20desarrollado&text=San%20Pedro%20Sula%20E2%80%94%20El%20Oagro,80%25%20de%20las%20unidades%20productivas.>
- 

### ***Participaciones en conferencias***

Con el objetivo de validar los resultados del proyecto en medios académicos, se envió resúmenes a tres conferencias. La primera conferencia fue la reunión anual de la Asociación Internacional de Educación y Extensión Agrícola (AIAEE por sus siglas en inglés), que se llevó a cabo del 26 al 29 de abril de 2023 en Guelph, Canada. Desafortunadamente, a pesar de que se aceptó como taller de desarrollo profesional el trabajo titulado “Design thinking and co-creation: engaging smallholder farmers in technological solutions for sustainable agriculture”, el equipo de investigación liderando la presentación no pudo participar por problemas de visado (período de aprobación excedió el plazo disponible para gestionar la visa y hacer planes de viaje). El taller fue reprogramado y se dará en la reunión anual de 2024 en Florida, U.S.A. Debido a que la participación en la conferencia de la AIAEE es en inglés, también se envió una versión del taller, pero en formato de presentación y en español al Congreso Internacional de Desarrollo Rural, organizado por la Universidad de Loyola, España, a llevarse a cabo en junio de 2023. No se recibió confirmación de aceptación o rechazo de la presentación.

También se envió resumen a la IX Conferencia Internacional en Estadísticas Agrícolas, que se llevó a cabo del 17 al 20 de mayo de 2023 en la sede del Banco Mundial en Washington DC. El resumen enviado, titulado Agtech for all: A technological solution to measure soil moisture (Case study), fue aceptado para presentación. Detalles del evento y programa se encuentran disponibles en este vínculo: <https://www.icas2023.org/event/81d4aa3a-b001-4bbe-b474-b351cd20d6d1/summary>. El proyecto, como estudio de caso con énfasis en el análisis de los datos fue presentado por el investigador principal del proyecto, Luis Sandoval.

### ***Artículos científicos***



El proyecto producirá tres publicaciones científicas. La primera es un artículo científico titulado “Evaluación y estimación de curvas de calibración de dispositivos para medir humedad de suelo”, que fue sido aceptado para publicación en la revista *Agronomía Mesoamericana*<sup>1</sup>. A la fecha de actualización de este documento, el artículo aún no había sido publicado. El artículo presenta la validación de los dispositivos y la estimación de curvas de humedad de humedad de suelo ajustadas para temperatura, textura y conductividad eléctrica. El segundo artículo se encuentra en redacción para envío a *Journal of International Agricultural and Extensión Education*” [Revista de Educación y Extensión Agrícola Internacional] y cubrirá la metodología y resultados de la intención de adopción de la solución tecnológica. El envío a la revista se hará en diciembre de 2023. Finalmente, la tercera publicación científica que se derivará del proyecto es un estudio de caso con el título tentativo de “AgTec para Todos: el reto de digitalizar la agricultura de pequeña escala en América Latina”. El actor principal del caso será la CEO de una AgTec que de forma noble quiere desarrollar un dispositivo para medir humedad de suelo, destinado para agricultura de pequeña escala (familiar principalmente), y que deberá (i) entender el entorno de la agricultura digital en América Latina, (ii) desarrollar la solución tecnológica para que sea inclusiva, y (iii) evaluar su potencial de mercado. En el contexto del proyecto, el actor principal del caso es la CEO del co-ejecturo Visualiti, de cara al escalado de la solución tecnológica. El caso será sometido a la *International Food and Agribusiness Management Association* [Asociación Internacional de Gestión de Alimentos y Agronegocios] con notas de enseñanza en los temas de innovación y diseño centrado el humano para desarrollo de Agtecs, y análisis de regresión aplicada a decisiones estratégicas (modelos de probabilidad lineal y regresión logística)

---

<sup>1</sup> <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso>

## Indicadores Técnicos

A continuación se presentan los indicadores técnicos alcanzados en el proyecto según la tabla de indicadores socializada en el memorándum FTG-6670/21, enviado el 17 de febrero de 2021 (Tabla 1).


Tabla 1. Indicadores Técnicos alcanzados por el proyecto.

| #  | Indicador                                 | Valor   |
|----|---|---|
| 2  | # Personas capacitadas                    | 111   |
| 3  | # Tesis (estudiantes que se benefician)   | 4 (3 estudiantes de licenciatura y 1 de maestría)                 |
| 5  | # Mujeres beneficiadas de las iniciativas | 49  |
| 6  | \$ Inversión I+D+I Total                  | \$ 404,686  |
| 7  | \$ Inversión I+D+I FONTAGRO               | \$ 200,000  |
| 8  | \$ Inversión I+D+I Contrapartida          | \$ 200,686  |
| 22 | Fortalecer capacidades institucionales    | 6 (3 ejecutores del proyecto y tres cooperativas de productores). |
| 31 | # Visitas                                 | 702 (webinars)  |
| 32 | # Seguidores                              | 71 (twitter, @AgtechParaTodos)                                    |

## Hallazgos Destacados

En los países participantes de este proyecto se encontró que la tasa de adopción de tecnologías de agricultura digital y de agricultura 4.0 es de menos del 2% entre los agricultores de pequeña y mediana escala. Las principales razones de no adopción de tecnologías son desconocimiento de su existencia y costos de adopción. Adicionalmente, aunque los agricultores tengan teléfonos inteligentes que puedan facilitar la adopción de estas tecnologías, aún existe poca conectividad a internet en las zonas rurales, y los dispositivos inteligentes suelen ser de baja gama.





A pesar de los últimos avances en telemetría y agricultura digital y de precisión, donde cada vez su pueden recoger más datos, y analizarlos en tiempo real, existe un mercado para tecnologías de agricultura digital de bajo costo y alto impacto. La demanda de tecnologías de agricultura digital de bajo costo se ve evidenciada en los reconocimientos recibidos por el proyecto, y la buena percepción de usabilidad de la solución tecnológica e intención de adopción identificada en el sondeo de mercado.

## Historias en el campo

### **INCLUDAS**

La solución tecnológica desarrollada fue incluida en el catálogo de INCLUDAS (Inclusive Digital Agriculture Technologies). La plataforma INCLUDAS es gestionada por la Acción Colectiva en Agricultura Digital Inclusiva, que es impulsada por el Foro Global en Investigación Agrícola (GFAR). La solución tecnológica fue incluida en la categoría de diseño inclusivo y co-diseño tecnológica de familias productoras, como una buena práctica de piloto y acompañamiento. Para conocer más de la plataforma clic aquí: <https://includas.gfar.net/es>, para conocer más del reconocimiento al proyecto clic aquí: <https://includas.gfar.net/sites/default/files/2022-07/Experiencias%20seleccionadas.pdf#page=30>

### **PLACA: Plataforma de Acción Climática en Agricultura de Latinoamérica y el Caribe**

El proyecto recibió un reconocimiento por parte de PLACA, en la categoría de adaptación, por haber desarrollado una solución tecnológica de bajo costo y/o basada en recursos locales (Gráfico 5).



Gráfico 5. Reconocimiento al proyecto otorgado por la Plataforma de Acción Climática en Agricultura de Latinoamérica y el Caribe.

### Semana de la Agricultura Digital 2023

La Semana de la Agricultura Digital es un evento organizado por el Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura (IICA). Del 29 de mayo al 1 de junio de 2023, 15 AgTechs tuvieron la oportunidad de participar y presentar sus soluciones tecnológicas enfocadas a mejorar la producción, sostenibilidad e inclusión de los sistemas agroalimentarios. Debido a que la solución tecnológica desarrollada en el proyecto contribuye a la seguridad alimentaria, ayuda a mitigar el impacto negativo del cambio climático, y contribuye a la gestión del agua, el proyecto fue presentado por el co-ejecutor del proyecto Visualiti.



## Conclusiones

Se elaboró un diagnóstico del estado actual del uso de sensores entre agricultores de pequeña y mediana escala, encontrándose niveles de adopción de cualquier tipo de tecnología digital para agricultura de menos del 2%. La baja tasa de adopción de innovaciones tecnológicas, específicamente de agricultura digital, pone en una desventaja competitiva a los agricultores de pequeña y mediana escala, con respecto a los agricultores que si han adoptado tecnologías de agricultura digital. La agricultura digital ha cambiado el entorno de toma de decisiones en la administración de los agronegocios, y productores con acceso a información oportuna y valiosa podrán tomar decisiones educadas que mejoren su rentabilidad y los hagan resilientes antes eventos adversos.

A pesar de que los últimos avances en agricultura digital y de precisión permiten tomar más y mejores datos, incluso algunos que no podíamos hace algunos años, las tecnologías actuales han excluido a los agricultores de pequeña y mediana escala de la revolución de la agricultura 4.0. Los factores de desconocimiento, costo, y falta de soporte local son las principales razones de no adopción de nuevas innovaciones en agricultura digital.

Como este proyecto ha evidenciado que es posible utilizar tecnologías de agricultura digital existentes y llevarlas a su versión de producto mínimo viable, reduciendo costos y adaptándolas a las expectativas y necesidades de los agricultores, particularmente aquellos de pequeña y mediana escala. Además, existe un nicho de mercado insatisfecho para estas tecnologías, ya que las tecnologías existentes no están diseñadas para este segmento y por lo tanto no satisfacen sus necesidades. Es importante considerar que, el agricultor de pequeña y mediana escala es beneficiario de estas tecnologías, pero no siempre es el cliente. En algunos casos, los agricultores son los beneficiarios de estas tecnologías de bajo costo y alto impacto, mientras que los clientes son organismos de extensión o cooperación internacional interesados en la promoción de la adopción de estas tecnologías, o de su uso en los procesos de capacitación en el uso de prácticas agronómicas climáticamente inteligentes.



## Recomendaciones


FONTAGRO es un actor clave en el desarrollo y transferencia de innovaciones tecnológicas en agricultura en América Latina y el Caribe. Como tal, debe ejercer un rol clave en la investigación que permite el desarrollo y/o adaptación de nuevas innovaciones. Sin embargo, el modelo actual de cofinanciamiento de proyectos exige la gestión de proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) de igual forma que los proyectos de transferencia de tecnología. La gestión de proyectos de innovación debe crear un ambiente seguro para los investigadores, dando lugar al error y aprendizaje del error, sin requerimientos de escalamiento y número de beneficiarios en las primeras etapas de desarrollo de nuevas innovaciones. A la vez, proyectos exitosos de I+D+i deberían tener acceso privilegiado a fondos de escalamiento de las tecnologías.

Este proyecto ha demostrado que existe interés y demanda por innovaciones tecnológicas de bajo costo y alto impacto en agricultura digital para pequeños y medianos productores. Los organismos de extensión y cooperación internacional deben redirigir sus esfuerzos a la generación y/o adaptación de tecnologías usando recursos locales, que genuinamente satisfagan las necesidades y expectativas del productor local, y no únicamente importándolos de otros países. El desarrollo de innovaciones en agricultura digital usando recursos locales permitirá un desarrollo paralelo de servicios de asesoría y servicios de mantenimiento de las tecnologías, aumentando la probabilidad de adopción de nuevas innovaciones, y generando un entorno favorable de negocio para startups de agricultura digital.

El mecanismo de cofinanciamiento actual de FONTAGRO no hace diferencia entre tipos de organizaciones. Por ejemplo, la contrapartida requerida para un instituto nacional de transferencia de tecnología es la misma que para universidades y centros de innovación. Sin embargo, las políticas de extensión de estos organismos son diferentes. Dado que el mecanismo actual de cofinanciamiento no es atractivo para universidades, ni centros de investigación, FONTAGRO debería considerar requerimientos diferenciados de contrapartida según el tipo de organización y su capacidad de cofinanciamiento.

## Referencias Bibliográficas

- Bulla, B., Gómez, O., Castaño, C. Sandoval, L., Dorado, H., Muñoz, L. (2022). *Producto 4. Nota Técnica del Diseño de los prototipos*. Working report.
- Bulla Caro, B., Gómez, O., Sandoval, L., Dorado, H. (2022). *Producto 7. Ficha técnica del modelo final*. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/Agtech\\_19043 - Producto 7 - Ficha t%C3%A9cnica de modelo final.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/Agtech_19043_-_Producto_7_-_Ficha_t%C3%A9cnica_de_modelo_final.pdf)
- Caro, B., Gómez O., Sandoval, L., Dorado, H., Muñoz, L. (2022). *Producto 3. Nota Técnica Comparativa de Tecnologías Vigentes*. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/AgTech\\_19043 - Producto3.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/AgTech_19043_-_Producto3.pdf)
- Estrada, O. (2023). *Nota técnica 10. Rutinas de procesamiento y análisis de datos*. Working report.
- für internati, G. I. Z. G. D. G. (2015). *Cooperation Management for Practitioners: Managing Social Change with Capacity WORKS*. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Gómez, O., Caro, B., Nasayo, C., Sandoval, L., González, A., Dorado, H. (2023). *Producto 5: Diseño de herramienta fuera de línea de visualización de datos*. Working report.
- González A., Sandoval., L., Gómez O., Caro, B., Dorado, H. (2022). *Producto 6: Nota técnica de pruebas piloto*. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/Agtech\\_19043 - Producto 6 - Nota t%C3%A9cnica de pruebas de prototipos.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/Agtech_19043_-_Producto_6_-_Nota_t%C3%A9cnica_de_pruebas_de_prototipos.pdf)
- Luna González, A. C. Plan estratégico de negocios. ed. México D.F: Grupo Editorial Patria, 2016. 289 p. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/bvuzamorano/40472?page=4>.
- Peña, R., Gonzalez, A., Sandoval, L., Estrada, O. (2023). *Producto 11. Manual de prácticas de manejo de humedad de suelo*. Working document.
- Roger, E.M. (2003). *Diffusion of Innovations*. Free Press, New York.
- Salas, D., Dorado, H., Sandoval, L., Mañunga, J. Pereira, E. Muñoz, A. (2022). *Producto 1. Mapeo de Actores y Diagnóstico de conocimiento y uso de tecnologías digitales y caracterización de sistemas productivos de productores de los sitios pilotos de Colombia, Honduras y Nicaragua*. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/Agtech\\_19043 - Producto 1 compiladoAB \(1\).pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/Agtech_19043_-_Producto_1_compiladoAB_(1).pdf)



Salcedo, S., Guzmán, L. (2014). Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: recomendaciones de política. FAO. [Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Políticas \(fao.org\)](#)

## Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)