



Producto 13: Digitalización de la agricultura de pequeña escala

Nota técnica de la investigación de mercado

Rut Félix, Luis Sandoval y Sarahí Morales

2023



Códigos JEL: Q16

ISBN:

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 Rut Félix, Luis Sandoval y Sarahí Morales

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

www.fontagro.org



Tabla de Contenidos

Resumen.....	6
Abstract	7
Introducción	8
Difusión de innovaciones	10
Antecedentes	10
La adopción y sus usuarios.....	11
Medición de Adopción e Intención de Adopción	12
Metodología	13
Evaluación de alternativas comerciales	13
Encuesta en línea	14
Instrumento.....	14
Difusión y Recordatorios.....	15
Software	15
Intención de Adopción	15
Análisis de factores que afectan la intención de adopción	15
Grado de innovación	16
Modelos de probabilidad lineal	16
Resultados	17
Comparación de alternativas comerciales	17
Características Sociodemográficas.....	23
De la relación con los productores.....	24
Intención de adopción.....	27
Innovación	28
Alfa de Cronbach (Análisis de confiabilidad).....	30
Modelos de probabilidad lineal múltiple	31
Conclusiones.....	34



Referencias	35
Anexos	38
Anexo A	38
Enlace de acceso video de presentación de la solución tecnológica	38
Anexo B.....	39
Encuesta en línea	39
Instituciones participantes	48



INDICE CUADROS

Cuadro 1. Ventajas y desventajas de los Sensores de humedad portátiles.	17
Cuadro 2. Sensores de humedad portátiles.....	18
Cuadro 3. Ventajas y desventajas de los sensores de humedad sondas.	20
Cuadro 4. Sondas para medir humedad del suelo.	21
Cuadro 5. Ventaja relativa de la solución tecnológica.	22
Cuadro 6. Estadísticas descriptivas de la participación sociodemográfica.	23
Cuadro 7. Estadísticas descriptivas de la relación con los productores.	25
Cuadro 8. Estadísticas descriptivas de los factores que afectan la intención de adopción.....	27
Cuadro 9. Medición de escala de innovación individual.....	29
Cuadro 10. Modelos de probabilidad lineal con interacciones disposición de adopción.	32

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Solución tecnológica.....	10
Figura 2. Categorías de innovación de acuerdo con la teoría de Rogers (2003).	12
Figura 3. Disposición de adopción.....	28
Figura 4. Comparación de grado de innovación estudio y literatura de Rogers.....	30



Resumen

La agricultura de pequeña escala sirve de sustento para una proporción considerable de la población de América Latina y el Caribe, pero es baja en tecnología, situación que los obliga a depender de lluvias y uso de sistemas tradicionales que no optimizan su producción. Para dar respuesta a estas detonantes, se creó el proyecto “**Digitalización de la agricultura de pequeña escala**” que da una mirada hacia el pequeño agricultor, buscando mejorar su calidad de vida. Este documento se realizó con el objetivo de evaluar las alternativas disponibles en el mercado y la intención de adopción de una solución tecnológica. Se realizó una búsqueda en línea de alternativas existentes en el mercado para hacer una comparación con la solución tecnológica y un estudio descriptivo, mediante una encuesta en línea, en el cuál, se incluyó un instrumento de medición de escala de innovación individual, con la finalidad de, estimar la intención de adopción, conocer el grado de innovación y determinar los factores que influyen la intención de adopción de los participantes. Se encontró que, la solución tecnológica manifestó superioridad ante la comparación con las alternativas encontradas. Así mismo, se estimó un grupo potencial con intención de adopción de la solución tecnológica. Finalmente, se determinó que los factores que influyen la intención de adopción son: región, rol, prueba piloto, accesibilidad económica, prácticas promovidas por los asesores técnicos y/o extensionistas y la interacción entre el rol de los participantes con el rango de productores asesorados y con la categoría de innovación.

Palabras clave: Sensor de humedad del suelo, pequeños productores, innovación, intención de adopción.

Abstract

Small-scale agriculture supports a considerable proportion of the population of Latin America and the Caribbean, but is low in technology, a situation that forces them to depend on rainfall and the use of traditional systems that do not optimize their production, do not address the threat of climate change and limit the satisfaction of the food demand of a growing population. In response to these triggers, the project "**Digitalization of small-scale agriculture**" was created to look at small farmers, seeking to improve their quality of life. This document was carried out with the objective of evaluating the market potential for adopting a soil moisture sensor, with the purpose of making Agriculture 4.0 reach the neediest sectors, providing a solution to the problem of moisture management in agricultural soils. An online search of existing alternatives in the market was carried out to make a comparison with the technological solution and a descriptive study, through an online survey, in which an individual innovation scale measurement instrument was included, in order to estimate the adoption intention, to know the degree of innovation and to determine the factors that influence the adoption intention of the participants. It was found that the technological solution showed superiority when compared to the alternatives found. Likewise, a potential group with the intention of adopting the technological solution was estimated. Finally, it was determined that the factors that influence the intention to adopt are: region, role, pilot test, economic accessibility, practices promoted by the technical advisors and/or extensionists and the interaction between the role of the participants with the range of producers advised and with the innovation category.

Keywords: soil moisture sensor, small farmers, innovation, adoption intention.

INTRODUCCIÓN

Una proporción considerable de la población de América Latina y el Caribe se sustenta de la agricultura de pequeña escala. Este tipo de agricultura mantiene la estabilidad de los agricultores, pero es bajo en tecnología, por ende, promueve su dependencia de las lluvias y el uso de sistemas tradicionales que dificultan la optimización de su producción y generan grandes pérdidas en el largo plazo. Indudablemente, “gran parte de la agricultura en Latinoamérica y el Caribe está basada en pequeños agricultores con sistemas tradicionales que no permitirán, en el mediano ni largo plazo, satisfacer la demanda de alimentos de una población creciente” (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria [FONTAGRO], 2019).

Mientras se prevé un crecimiento significativo de la población, los agricultores enfrentan grandes desafíos, entre estos: el acceso a sistemas de riego, modificaciones en los patrones habituales de lluvias y dificultad en planeación de siembras a consecuencia del cambio climático. Con tantas limitantes se hace difícil sostener la idea de que, en un futuro contribuirán al sustento incremental y satisfactorio de la población. Se aprecia que, “en el futuro el efecto del cambio climático es directa sobre las poblaciones rurales por las alteraciones del clima, que de por sí ya es hostil con rendimientos de producción cada vez más bajos” (Bandy, 2005 como se citó en, Belezario, 2015, p. 48).

Considerando que los cultivos dependen en gran cantidad de la capacidad de almacenamiento de agua de los suelos, resulta necesario que los agricultores tengan conocimiento sobre las mejores prácticas para un manejo climáticamente inteligente del suelo que incluye: la capacidad de retención de agua de este y en general las características y comportamientos de sus suelos en producción. Por esta razón se debe incorporar la tecnología en el campo, ya que esta se encuentra en la constante búsqueda de transformar la vida de los agricultores, de manera que puedan superar todas sus brechas. Para Bert (2021) “hay consenso de que las tecnologías digitales pueden aumentar la producción y resiliencia, disminuir impactos ambientales y externalidades negativas, ofrecer más transparencia, mejorar la comunicación e integración de actores y mejorar las condiciones de vida y trabajo rural” (p. 2).

El uso del balance hídrico permite evaluar la humedad del suelo determinando si el suelo está por encima de los límites de encharcamiento o punto de marchitez permanente de manera que no ocasione estrés u otro efecto negativo a las plantas. La estrategia 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” (Lemi, 2019).

No obstante, según, FONTAGRO (2020), el uso de sensores conectados provee una mejor alternativa para analizar el estado hídrico del suelo por su bajo costo, robustez, alta usabilidad y adaptabilidad para los pequeños agricultores. Es posible entonces implementar esta solución tecnológica para el seguimiento directo de la variable humedad del suelo,

removiendo el error asociado a la estimación por medio del balance hídrico.

Si bien se promueven tecnologías para mejorar la calidad de vida de los agricultores, también existen muchas limitantes con las que luchar. Según, FONTAGRO (2020), pocos habitantes rurales cuentan con aptitudes básicas para el manejo de tecnologías digitales como: enviar un correo, instalar un nuevo dispositivo, transferir datos e interpretar los resultados, además de que la mayoría no cuenta con los dispositivos necesarios para conectarse e incluso acceso a datos suficientes para esta y otras necesidades actuales en sus cultivos, por esta razón, la necesidad de una tecnología de fácil manejo y funcional que considere la ubicación de los agricultores y que les permita un uso grato.

Cabe destacar que muchas de las demás tecnologías fabricadas no siempre se ajustan a las necesidades reales de los agricultores, “se suma a esto que, si bien crece la cantidad de tecnologías disponibles, muchas no logran pasar la fase piloto y tienen margen para ajustar su funcionalidad a las necesidades reales de los usuarios y sus contextos” (BID, 2021, como se citó en Bert, 2021, p. 6).

Existen varios sensores de humedad del suelo en el mercado, dentro de estos: de reflectometría, capacitancia y volumétricos; pero estos suponen una amplia gama de costos que hacen que el precio de venta exceda la capacidad de los agricultores, esto muchas veces los obliga a optar por el camino más fácil. Los autores Casado y Mielgo (2007) en líneas generales, afirman que, “este marco de modernización agraria, apoyado desde la investigación y extensión agrarias de carácter público, ha supuesto que los agricultores hayan tenido que realizar fuertes inversiones monetarias para la adquisición de tecnología exógena” (p.24). Esto con el fin de que sus fincas se convirtieran en eficaces unidades de obtención masiva de mercancías agrarias, incrementando su productividad física y económica.

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. En la literatura de Lemi (2019) se menciona que, adicionalmente al costo del sensor es necesario tener en cuenta el costo de la tecnología 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, este costo adicional se estima en al menos 300 dólares con fabricación propia o incluso hasta 600 dólares con componentes y piezas directas de las marcas y/o fabricantes de sensores.

El sensor de humedad propuesto supone en su diseño, un sistema electrónico de bajo consumo de energía y un sistema de carga de larga duración, además de un sistema de protección basado en materiales disponibles en el mercado y de precios competitivos que a la larga buscan alcanzar la meta de un precio asequible para la población meta (pequeños agricultores).

Este documento es parte de la serie de materiales que forman parte del ecosistema de la solución tecnológica, y tiene tres objetivos: 1) realizar una observancia tecnológica para evaluar las alternativas disponibles en el mercado; 2) estimar la intención de adopción de la

solución tecnológica entre agentes de extensión y asesores técnicos; y 3) evaluar los factores que influyen la intención de adopción de la solución tecnológica.

DIFUSIÓN DE INNOVACIONES

Antecedentes

El **proyecto digitalización de la agricultura de pequeña escala** ha desarrollado un sensor encapsulado, para la medición de la humedad del suelo, que es viable, sin conexión remota y asequible para los productores de pequeña escala (Figura 1). Como indica, FONTAGRO (2020), la solución tecnológica tiene como propósito proveer información para administrar de manera eficiente tareas asociadas a planeaciones de siembra y manejo agronómico, generando impactos colaterales como: maximizar producción, mejorar calidad de vida de los productores, optimizar recursos hídricos, y promover el uso de tecnologías en la agricultura. La solución tecnológica contribuye con cuatro de los objetivos de desarrollo sostenible, que incluyen los objetivos 1, 2, 13, y 17, y permite que la revolución digital esté al alcance de los pequeños actores del campo.



Figura 1. Solución tecnológica.

Esta investigación de mercado tomó como marco conceptual la teoría de difusión de innovaciones de Rogers (2003) para sustentar toda la información generada en la búsqueda de proporcionar resultados a los objetivos planteados.

La adopción y sus usuarios

Según Rogers (2003) la difusión de una innovación dentro del sistema social ocurre a lo largo de un periodo de tiempo secuencial y de forma orgánica. Debido al orden secuencial en que ocurren la adopción, se puede categorizar a los miembros del sistema según su grado de innovación de cada miembro del sistema y su comportamiento en el proceso de difusión de innovaciones. La distribución acumulada de la adopción de innovaciones de los miembros del sistema tiene comportamiento de tipo S, a partir de una distribución normal de adopción. Por lo tanto, al medir el grado de innovación de los miembros del sistema, se puede categorizar según su prontitud a adoptar, y también se puede estimar la distribución de adopción. Según Rogers (2003) las categorías de innovación que dan lugar a la adopción de innovaciones son:

- **Innovadores:** son las personas que buscan las innovaciones y las adoptan rápidamente, suelen salir de su zona de confort para adquirir el conocimiento necesario de las innovaciones y toman riesgos en el proceso de adopción.
- **Primeros seguidores:** son las personas con liderazgo y cuya opinión es valiosa para el resto de los miembros del sistema, previo a decidir adoptar o no una innovación.
- **Mayoría precoz:** son aquellas personas que adoptan las innovaciones o ideas de manera más temprana que el promedio de los miembros del sistema. Estas personas requieren la opinión de aquellos con liderazgo para decidir adoptar.
- **Mayoría tardía:** son las personas que adoptan las innovaciones o nuevas ideas después que el promedio de los miembros del sistema. La adopción en esta etapa está vinculada a una necesidad económica o a la presión de sus pares ante las normas sociales que se dan a raíz de la innovación o idea.
- **Rezagados:** son las personas que adoptan las innovaciones o nuevas ideas por último en el sistema social. Muchas de estas personas están aisladas, tienden a sospechar de las innovaciones y los agentes de cambio, o tienen limitantes económicas que impiden la adopción más temprana.

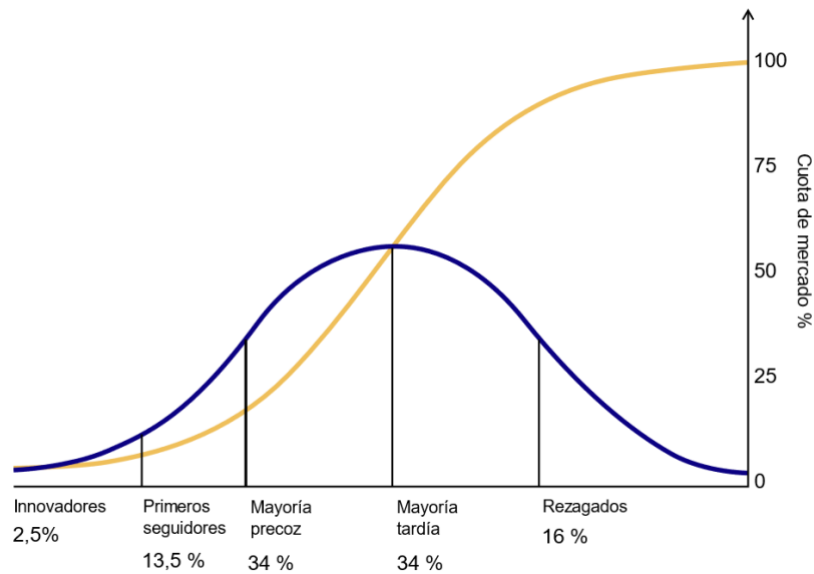


Figura 2. Categorías de innovación de acuerdo con la teoría de Rogers (2003).

Nota. Gráfico en línea de libre acceso

Medición de Adopción e Intención de Adopción

De acuerdo con Rogers (2003), “la adopción es un proceso mental por el que pasa un individuo desde que tiene conocimiento por primera vez de la existencia de una innovación hasta que toma la decisión final de adoptar”, del mismo modo, el índice de adopción es considerado la medida más directa para evaluar la adopción de innovaciones, este se refiere a la velocidad relativa con la que una innovación es adoptada por los miembros del sistema social, normalmente se representa como el número de personas que adoptaron la innovación en un periodo de tiempo específico. Del mismo modo, se requiere de un periodo tiempo significativo para desarrollar un índice de adopción, por lo que, es vital evaluar los atributos que mejor explican la adopción, los mismos se detallan a continuación:

- **Ventaja relativa:** grado en el que la innovación es percibida como mejor o que supera su antecesor/alternativas y puede ser expresada en términos económicos, sociales o similares. La percepción de los miembros del sistema social de que la innovación tiene una ventaja relativa afecta de manera positiva la adopción. Ejemplo: accesibilidad económica de la solución tecnológica versus las que están disponibles en el mercado.
- **Comparabilidad:** grado en el que la innovación es percibida de manera consistente con los valores y creencias socioculturales, experiencias previas y necesidades de los usuarios potenciales. La capacidad de comparabilidad de una innovación dentro del sistema social afecta de manera positiva la adopción. Ejemplo: comparación en la toma de decisiones con la solución tecnológica versus sensores de humedad portátiles.
- **Complejidad:** grado en el que la innovación es percibida como difícil de entender y utilizar. A medida que la innovación es percibida como más compleja, su adopción se ve afectada

negativamente. Ejemplo: Facilidad de interpretación de los resultados proporcionados por la solución tecnológica versus los sensores humedad del suelo (solo sondas).

- **Capacidad de prueba:** grado en el que la innovación puede ser probada por los usuarios potenciales. Ejemplo: disponibilidad de la solución tecnológica para pruebas en el campo.
- **Observación:** grado en el que los resultados de una innovación son visibles para todos los miembros del sistema social. Ejemplo: acceso a los resultados arrojados por la solución tecnológica.

Por otro lado, y de acuerdo con Alcón et al. (2009), la elección de adoptar tecnologías por parte de los agricultores es arriesgada porque existe una incertidumbre en torno a la innovación que se irá reduciendo con la adquisición de conocimiento, al igual que Jensen (1982), que indica que, la tecnología se difundirá con mayor velocidad en aquellos lugares donde la información acerca del potencial beneficio de su adopción y manejo se encuentre fácilmente disponible, permitiendo a los agricultores evaluar los posibles beneficios derivados de su uso, ya que el desconocimiento aumenta la abstención ante las decisiones arriesgadas, por esta razón, en este estudio se ha buscado la manera de facilitar todos los conocimientos posibles sobre la tecnología que se propone desde explicación sobre los componentes físicos con ventajas relativas, videos sobre la instalación, almacenamiento y transporte de datos hasta asesoramiento personal para comprobar el funcionamiento del dispositivo. Con relación a las tecnologías para humedad del suelo, Foltz (2003) clasifica los factores que explican la adopción de innovación en la agricultura en: a) la escasez de recursos, b) las restricciones de capital, c) los costes de aprendizaje, d) la aversión al riesgo. En este estudio se trabajó con factores de accesibilidad económica, facilidad en toma de resultados y disposición en hacer prueba piloto, ya que, Rogers (2003) indica que al tener la tecnología tangible para hacer una prueba esto influye positivamente en la disposición del usuario en adquirirla.

METODOLOGÍA

Evaluación de alternativas comerciales

Para poder comparar las alternativas comerciales con la solución tecnológica se hizo una búsqueda en línea de dispositivos viables para medir humedad del suelo, haciendo énfasis en los más relevantes y populares, buscando explicar de manera clara y completa las características intrínsecas (diseño, costo, dominio de recomendación, efectividad, uso de insumos complementarios, entre los más importantes) de las tecnologías que, según Polar et al. (2017), son fundamentales cuando se busca difundir o promocionar un producto y se desea lograr una adopción exitosa. En la búsqueda se utilizó palabras claves como: ventas de sensor de humedad del suelo en países como Colombia, Honduras y Nicaragua, empresas de tecnología agrícola, soluciones tecnológicas para medir humedad del suelo, sensor de humedad del suelo para usos agrícolas, entre otras.

Encuesta en línea

Se elaboró una encuesta con el objetivo de comprender el mercado y las variables que influyen en su intención de adopción. La encuesta estuvo constituida de 18 preguntas dirigidas a técnicos y/o agentes que trabajan con los agricultores. De esta manera, la aplicación de la encuesta fue no probabilística por conveniencia debido a la distribución de los participantes.

Instrumento

La encuesta se dividió en cuatro secciones elaborados con el propósito de dar respuesta a los objetivos relacionados con la intención de adopción. Estas se desglosan a continuación.

Sección de atributos de adopción. Esta sección se inició, presentando un video a los participantes con información detallada sobre las características de diseño de la solución tecnológica como sus componentes físicos, forma de instalación, beneficios y accesibilidad económica con el fin de familiarizar a los participantes con el dispositivo. Posteriormente, la sección mostró a los participantes una serie de preguntas acerca de la solución tecnológica presentada a modo de comparación con las alternativas que conocen los participantes y se les consultó sobre su disposición de hacer una prueba y de adoptar la tecnología. Ejemplo, ¿estaría dispuesto a hacer una prueba piloto?

Sección de la relación con los productores. Para conocer la relevancia del manejo de la humedad del suelo en los actores, se presentó preguntas relacionadas a las prácticas que promueven los asesores técnicos y/o extensionistas, así como las capacitaciones que han recibido en la temática agrícola, las alternativas tecnológicas que utilizan para tomar decisiones, rango de productores que asesoran y el nivel de gravedad que perciben de la problemática del monitoreo de la humedad del suelo en sus cultivos. Ejemplo, ¿cuál es el rango de productores que asesora?

Sección de innovación. Los ítems en esta sección fueron desarrollados, tomando como referencia la literatura de Rogers (2003), haciendo énfasis en los cinco atributos identificados previamente en la literatura como variables que explican la mayor varianza en la intención de adopción. Del mismo modo, esta sección incluyó el uso de una escala para medición de innovación individual propuesta por Hurt et al. (1977), la cual, está diseñada y validada para medir la voluntad de innovar y no el comportamiento adoptivo real de los usuarios. Esta consiste en identificar qué tipo de adoptadores son los usuarios, haciendo uso de la escala de Likert de nivel 5: (5) completamente de acuerdo, (2) de acuerdo, (3) neutral, (4) en desacuerdo y (5) completamente en desacuerdo. Esta fue implementada en enunciados afirmativos como: disfruto probar nuevas ideas, generalmente soy muy cauteloso (a) para aceptar nuevas ideas, soy una persona inventiva, entre otros.

Particularmente, la escala ofrece ventajas como medir la capacidad de innovación de manera sistemática mediante técnicas de autoinforme, medir la capacidad innovadora y lo más importante, utilizar técnicas para que los investigadores puedan predecir la voluntad o capacidad de innovación. Para la validez predictiva del instrumento, Hurt et al. (1977)

afirmaron que, la tecnología a proponer debe estar acorde con la población meta y que los resultados en porcentajes no deben presentar diferencia significativa con la prueba de chi cuadrado.

Finalmente, se incluyó una sección sociodemográfica para conocer las características de los participantes. Se incluyeron variables como país, género, años de experiencia y su rol frente a los productores. Para la variable país se incorporaron varios países de América Latina, incluyendo los países meta del estudio (Colombia, Honduras y Nicaragua) y se dividió en tres regiones: Norte, Sur y Centroamérica y el caribe. Ejemplo, ¿cuál de las siguientes opciones es la que mejor describe su rol con los productores?

Difusión y Recordatorios

La encuesta fue difundida mediante la red de graduados de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Esto permitió que la encuesta alcanzara los países meta y diferentes países de Latinoamérica. Adicionalmente, la encuesta fue difundida a través de grupos de universitarios y/o académicos relacionados con agricultores, extensionistas y asesores técnicos.

De acuerdo con los lineamientos para maximizar el índice de respuestas de Dilman (2011), se realizó cinco recordatorios compuestos por un mensaje inicial de invitación a participar en el estudio, seguido de tres recordatorios de animación y seguimiento de la participación y un mensaje de despedida, esto con la finalidad de obtener mayor representatividad y menor sesgo en las respuestas.

La difusión de la encuesta se realizó vía correo electrónico, facilitando el enlace de acceso en cada recordatorio. El proceso de recolección de respuestas duró cinco semanas en total, una semana por cada recordatorio.

Software

Para el análisis de los datos se utilizó los programas JASP y Microsoft Excel para obtener estadísticas descriptivas, modelos de probabilidad lineal y gráficos para mejor interpretación de los datos.

Intención de Adopción

Para evaluar la intención de adopción de la solución tecnológica se hizo un análisis descriptivo de las preguntas de la sección de atributos de adopción para interpretar los factores, que, según Rogers (2003), afectan la intención de adopción de una solución tecnológica. Finalmente, se estimó la proporción de extensionistas y técnicos que estarían dispuestos a adoptar la solución tecnológica.

Análisis de factores que afectan la intención de adopción

Para determinar los factores que afectan la intención de adopción, se estimó el grado de innovación de los participantes seguido de la creación de tres modelos de probabilidad lineal,

que, según Montero (2016), “tratan de ajustar modelos lineales o linealizables entre una variable dependiente y más de una variable independiente”.

Grado de innovación

Para la estimación del grado de innovación individual se obtuvo estadísticas descriptivas de las categorías de innovación y se comparó con la teoría de Rogers (2003). La información obtenida también se incluyó en el modelo de probabilidad lineal múltiple para fortalecer para la comprensión y análisis de los factores que afectan la disposición de adopción de la solución tecnológica.

Modelos de probabilidad lineal

La creación de los modelos se hizo tomando en cuenta cada sección de la encuesta aplicada con la finalidad de apreciar el comportamiento de las variables como términos independientes y en interacciones para la explicación de la variable de disposición de adopción.

Modelo 1. Variables demográficas. El modelo se creó solo con variables sociodemográficas para comprender su significancia como grupo y su contribución en la probabilidad de adopción de la solución tecnológica. Finalmente, fueron excluidas las variables que no presentaron significancia estadística para los modelos siguientes.

Modelo 2. Variables sociodemográficas y de atributos de adopción. El modelo se creó con las variables significativas del modelo 1 y se incluyó las variables consideradas como factores principales que afectan la disposición de adopción de la solución tecnológica (acceso a una prueba piloto, accesibilidad económica, facilidad de toma de decisiones y facilidad en la presentación de resultados) para evaluar el aumento en la probabilidad de adopción de esta. Igualmente, fueron excluidas las variables que no presentaron significancia estadística para los modelos siguientes.

Modelo 3. Variables sociodemográficas, de atributos de adopción e innovación. El modelo 3 se creó con todos los términos independientes y significativos de los modelos 1 y 2, y se añadió el componente de innovación por su contribución en explicar y su significancia estadística, además se realizó interacciones entre variables para interpretar su significancia y su influencia en el modelo. Con esto se logró un modelo completo con todas las variables con efectos significativos en los resultados.

RESULTADOS

Comparación de alternativas comerciales

Al investigar sobre alternativas vigentes en el mercado no se encontró alguna con diseño similar a la solución tecnológica, considerando las características de alta usabilidad, robustez y bajo costo para lograr una comparación más exhaustiva. Además, la solución tecnológica no únicamente consiste en el dispositivo, sino de los recursos que lo acompañan como los tutoriales, aplicación web y manual, que son todos de acceso abierto. Asimismo, las tecnologías que pudieran ser comparadas con mayor precisión se encuentran en etapa de prueba al igual que la solución que se propone, por esta razón, en búsqueda en línea solo se encontró dos categorías: dispositivos portátiles y sondas o sensores que son las alternativas más accesibles para los pequeños productores.

El resumen de las ventajas y las desventajas de los sensores de humedad portátiles encontrados en la búsqueda en línea se detalla en el cuadro 1 donde se puede apreciar que, efectivamente estos dispositivos son una opción para medir humedad del suelo, pero no tienen una funcionalidad completa en el sentido de proveer información precisa y constante para los usuarios.

Cuadro 1. Ventajas y desventajas de los Sensores de humedad portátiles.

Sensores de humedad portátiles	
Ventajas	Desventajas
Son opciones de respuesta inmediata.	No contienen una capa para protección contra daños físicos causados por eventos naturales, fauna o humano.
Realizan lecturas mínimas y máximas de humedad.	
Son de fácil operación (una sola mano).	El usuario debe contar con capacitación para determinar el área idónea para hacer la medición.
No requieren de conexión a internet.	No pueden permanecer de manera permanente en el suelo.
Algunos efectúan funciones adicionales como medición del PH y la luz solar.	No proporcionan una base de datos o algún dispositivo adicional de almacenamiento de la información.
Al ser portátiles se pueden trasladar de un lugar a otro sin complicaciones.	No facilitan resultados continuos para observar e interpretar.

Se pueden extraviar con facilidad.

No simulan las condiciones de robustez,
alta usabilidad y adaptabilidad.

Los sensores de humedad portátiles encontrados se muestran en el cuadro 2 donde se puede valorar que, algunos de estos cuentan con funciones adicionales además de la medición de la humedad del suelo, también mantienen una composición diferente, además de una diferencia sustancial en su precio.

Cuadro 2. Sensores de humedad portátiles.

Sensor de humedad portátil	Empresa	País	Precio
	Inversiones Riguero S.A.	Nicaragua	\$368
Medidor de humedad del suelo Sonda 8-EXTECH portátil			
	GuiAgro	Nicaragua	Precio no disponible
Medidor de pH y humedad portátil (2 en 1)			



R.R
Inversiones

Nicaragua y
Honduras

\$20

Medidor de pH, Humedad y Luz solar
portátil (3 en 1)



DICONSA S.A.

Honduras

Precio no
disponible

Medidor de humedad de la tierra portátil





El cuadro 3 contiene el resumen de las ventajas y las desventajas de los sensores de humedad o sondas, al igual que los sensores de humedad portátiles estos se consideran una opción para medir humedad de suelo, pero expresan la misma problemática de la funcionalidad completa para el usuario que permita tomar decisiones acertadas de manera continua durante todo el ciclo de su cultivo.

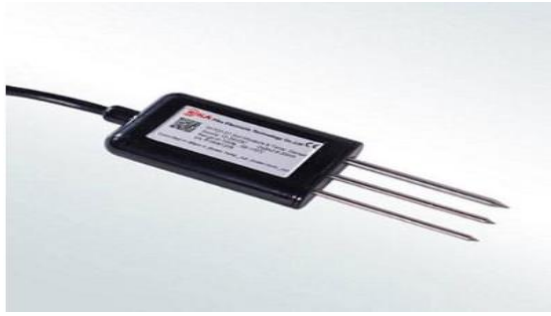
Cuadro 3. Ventajas y desventajas de los sensores de humedad sondas.

Sensores de humedad o sondas	
Ventajas	Desventajas
Son alternativas para medir humedad del suelo.	Solo se encuentran disponibles los terminales, en otras palabras, solo la sonda que hace la medición.
Son alternativas para medir humedad del suelo.	
Realizan mediciones con precisión similar a la solución tecnológica.	La salida no está calibrada, por lo que, los usuarios deben contar con conocimiento técnico sobre la forma de instalación del dispositivo, así como la capacidad de interpretar los datos recolectados. Por ejemplo: si se requiere de acceso a internet para el traslado de la información o cómo almacenarla.
Su tiempo de respuesta es rápida y este puede ser menor a un segundo.	
Están compuestos por materiales anticorrosivos, por lo que, pueden enterrarse en el suelo por largos	Se deben adquirir componentes adicionales como baterías para el funcionamiento, herramientas de protección externa y alguna tecnología para el almacenamiento de la información y el traslado de este.
	Están limitados a plantas de jardín como pequeñas macetas y están expuestas a cualquier daño.
	No simulan las condiciones de robustez, alta usabilidad y adaptabilidad.

Los sensores de humedad o sondas identificados se muestran en el cuadro 4 donde se aprecia que, no son dispositivos completos, en otras palabras, solo son sondas ofertadas en las páginas de las empresas sin indicaciones sobre su uso, manejabilidad, lectura, almacenamiento y transferencia de datos, además de que contienen un precio muy variado, por lo que, es un desconocimiento total por parte del usuario acerca del porqué de la adopción o adquisición de estas.

Cuadro 4. Sondas para medir humedad del suelo.

Sensor de humedad (sondas)	Empresa	País	Precio
 <p>Sensor de humedad de suelo HL-69</p>	Circuitos y Desarrollo en Tecnología	Honduras	\$6
 <p>Sensor de humedad del suelo</p>	Irrrometer	Colombia	\$114
  <p>Sensor de humedad del suelo anticorrosivo</p>	Electronilab	Colombia	\$5



I+D Electrónica Colombia \$89

Sensor de humedad y temperatura del suelo
RK520-01 12VDC

La solución tecnológica cubre las debilidades expuestas sobre las alternativas investigadas ya que fue desarrollada bajo los criterios de robustez, adaptabilidad y bajo costo, esta ventaja sobre los demás dispositivos se discute en el cuadro 5.

Cuadro 5. Ventaja relativa de la solución tecnológica.

Solución tecnológica: Sensor de humedad

Ventaja relativa

Es un ecosistema que incluye el dispositivo para medir humedad del suelo, videos tutoriales de instalación y visualización de los datos, la aplicación web y el manual de manejo de humedad del suelo.

Se compone de una cápsula interna que incluye tarjeta central de procesamiento y registro de datos y una sonda o sensor de humedad del suelo SOILWATCH10, en un mismo dispositivo compacto y robusto.

La cápsula puede ser instalada de forma visible u oculta para proteger al dispositivo de cualquier daño por condiciones ambientales, fauna, accidentes o hurto.

No cuenta con conexión remota por la limitada disponibilidad de acceso a internet y electricidad de las zonas rurales.

La extracción de datos se hace mediante la memoria Micro SD y la visualización puede ser por medio de un teléfono móvil o computadora a través de la página web gratuita.

Los usuarios no requieren de entrenamiento especial para la instalación, esto lo pueden realizar siguiendo un video tutorial que está disponible.

Características Sociodemográficas

En la encuesta en línea se obtuvo respuesta de 70 participantes, entre agentes, técnicos e investigadores. El 100% de las respuestas fueron válidas y como se puede apreciar en el cuadro 6, se encontró que la participación en la encuesta fue principalmente masculina con 71.43% de los participantes identificándose con este género, el resto se identificó con el género femenino. A continuación, la región predominante en la encuesta fue la de Centroamérica y El Caribe con 61.43% de la participación, el resto corresponde a las regiones del Norte y el Sur respectivamente. Asimismo, el rol de participantes fue principalmente de asesor y/o extensionista con 65.71% del total de encuestados, el resto pertenece a otros roles donde se pueden incluir a los investigadores y profesores de la temática agrícola que, al igual que los asesores técnicos y extensionistas velan por el bienestar de la comunidad rural, aportando con la investigación y la educación.

Cuadro 6. Estadísticas descriptivas de la participación sociodemográfica.

Variables	Participación	
	Frecuencia	Porcentaje
Género		
Masculino	50	71.43
Femenino	20	28.57
Región		
Centroamérica y El caribe	43	61.43
Sur	24	34.28
Norte	3	4.29
Rol		
Asesor y/o extensionista	46	65.71
Otro	24	34.29

Según los datos, se puede afirmar que, se cuenta con una participación mayoritaria de los identificados con el género masculino, pero también se manifiesta un porcentaje significativo de los participantes identificados con el género femenino, esto es debido a que, “la participación de las mujeres como técnicos de campo ha aumentado en los últimos años” (Esquisabel, 2018).

Por otro lado, la región con mayor participación contiene dos de los países meta del estudio (Honduras y Nicaragua), así como la región Sur que abarca Colombia, con esto se demuestra que se abordó la zona de interés y se puede considerar la expansión hacia más países de Latinoamérica.

Finalmente, la abundante participación de los asesores y/o extensionistas es un buen indicador, ya que, son los que ayudan a promover la innovación mediante una transferencia efectiva de conocimiento sobre el funcionamiento de la tecnología agropecuaria, haciendo evaluaciones sobre las debilidades y fortalezas de esta, así como su contribución en la resolución de la problemática de humedad del suelo (Contreras, 2002 como se citó en Huesca et al., 2019). Esto es importante porque son los que tienen una relación más cercana y directa con los pequeños agricultores y, según Reyes (2013) “son los que buscan con el desarrollo de la agricultura un mejoramiento en las condiciones de vida de las familias campesinas y, el fomento a las innovaciones”.

De la relación con los productores

Se le preguntó a los encuestados respecto a la percepción de la problemática de humedad del suelo, así como las prácticas que promueven con los agricultores, las capacitaciones que han recibido en temáticas del suelo y requerimiento hídrico, cantidad de productores a los que asesoran y las tecnologías que están aprovechando para el manejo de la humedad del suelo. El cuadro 7 muestra que la mayoría (80%) respondió que el manejo de la humedad del suelo es moderado o grave para los productores con los que trabajan, el resto consideró que es leve o bajo, del mismo modo, las prácticas que más promueven son el riego y la adición de materia orgánica con 75.71% y 54.29% respectivamente, respecto a las capacitaciones la mayoría de los participantes (98.57%) ha recibido capacitaciones en riego y un 77.14% se ha capacitado en el manejo y clasificación de suelos, por otro lado, el mayor porcentaje de los participantes (42.86%) asesora a más de 30 productores, el resto asesora a menos. Por último, la tecnología que más utilizan es el sensor de humedad portátil con 64.29%, mientras que la tecnología menos utilizada (18.57%) es el sensor de humedad instalado de manera permanente en el suelo.

Cuadro 7. Estadísticas descriptivas de la relación con los productores.

Variables	Participación	
	Frecuencia	Porcentaje
Problemática		
Moderado o grave	56	80
Leve o bajo	14	20
Prácticas		
Riego	53	75.71
Adición de materia orgánica	38	54.29
Acequias o zonas de drenaje	36	51.43
Descompactación de los suelos	29	41.43
Siembra en cama o caballones	24	34.38
Capacitaciones		
Riego	69	98.57
Clasificación y manejo de suelos	54	77.14
Requerimientos hídricos	34	48.57
Uso de tecnologías para medir humedad del suelo	27	38.57
Productores asesorados		
Más de 30	30	42.86
1 a 10	27	38.57
11 a 20	8	11.43
21 a 30	5	7.14
Tecnología		
Dispositivo o sensor portátil	25	64.29

Mediciones de pluviómetros en las fincas o cultivos	41	58.57
Información de estaciones meteorológicas	39	55.71
Información de aplicaciones de clima	24	34.29
Sensores instalados de forma permanente en el cultivo	13	18.57

Ya que la mayoría que los participantes perciben como moderado o grave la problemática del manejo de la humedad del suelo, se considera una información primordial para resolver problemas que están vinculados a las necesidades de agua de riego, consideraciones ambientales y determinaciones de excedentes hídrico (Nuñez et al., 2013).

En el sentido de las prácticas que promueven, Rosas et al. (1987), indica que, promover prácticas con los agricultores los ayuda en el aprovechamiento de los recursos, herramientas y tecnologías locales para la resolución de problemáticas en sus cultivos, lo que impulsa un deseo de acelerar su proceso innovador para tomar decisiones puntuales. Asimismo, las capacitaciones son necesarias en la vida de los actores del campo, ya que, ayudan a que estén listos para los retos que supone la agricultura, en palabras de Vallejo et al. (2016), los programas de capacitación en el sector agrario tienen la intención de informar sobre nuevas tecnologías, preparar a los actores en dependencia de sus competencias laborales y mejorar su desempeño profesional.

Los diferentes actores reciben conocimientos recientes y reemplazan técnicas obsoletas, poniendo en práctica conocimientos que permiten incursionar en nuevos mercados y preservar los recursos naturales que son de provecho para las futuras generaciones. Por otro lado, el asesoramiento es vital en la vida de los productores, de acuerdo con Chía et al. (2003), el asesoramiento de tipo técnico es el principal instrumento utilizado para convencer a los agricultores de que existe la posibilidad de convertirse en autosuficientes y generar divisas, a condición de aumentar su producción. Esto da lugar a una combinación empresarial que le permite producir un beneficio para todos y, a la vez, asumir que también el riesgo es de todos, reduciéndose la esfera de acción individual.

Finalmente, el uso popular de dispositivos como sensores de humedad portátiles es debido a que, a pesar de que los medidores de humedad inalámbricos y permanentes son una opción más avanzada, estas no son tan populares como los medidores portátiles (mayoría entre \$500 y \$1200), de igual manera, esto está relacionado a los costos iniciales mayores (costos basados en el número de sensores instalados) que los de los medidores portátiles (Moeller, 2012).

Intención de adopción

Tomando como base la teoría de Rogers (2003), se consultó acerca de comparabilidad de la solución tecnológica con respecto a alternativas conocidas por los encuestados, también se les consultó sobre su disposición de hacer una prueba piloto con el dispositivo y como se observa en el cuadro 8, se encontró que, 44.29% de los participantes percibe como más accesible el dispositivo, 55.71% considera que provee mayor facilidad en la toma de decisiones y 51.43% razona que tiene mayor facilidad de presentar los resultados. Finalmente, del total de los encuestados, el 87.14% manifiesta tener disposición de realizar una prueba piloto.

Cuadro 8. Estadísticas descriptivas de los factores que afectan la intención de adopción.

Variables	Participación	
	Frecuencia	Porcentaje
Accesibilidad económica		
Más accesible	31	44.29
Igualmente accesible	19	27.14
Desconoce alternativas tecnológicas	12	17.14
Menos accesible	8	11.42
Facilidad en la toma de decisiones		
Más facilidad	39	55.71
Igual facilidad	13	18.57
No utiliza tecnologías para medir humedad del suelo	11	15.71
Menos facilidad	7	10
Facilidad en la presentación de resultados		
Más facilidad	36	51.43
Igual facilidad	18	25.71
Desconoce alternativas tecnológicas	9	12.85
Menos facilidad	7	10

Prueba piloto		
Sí	61	87.14
No	9	12.86

Con esto se puede hacer alusión a que los atributos evaluados, según Rogers (2003), se perciben como más consistentes en la solución tecnológica que en las alternativas que conocen los encuestados, por lo que, afectan positivamente la intención de adopción.

Al consultarle a los encuestados sobre su disposición de adopción de la solución tecnológica, se obtuvo que, la mayoría (86%) tiene disposición de adoptar el dispositivo, mientras que el resto (14%) manifestó no tenerla (figura 3).

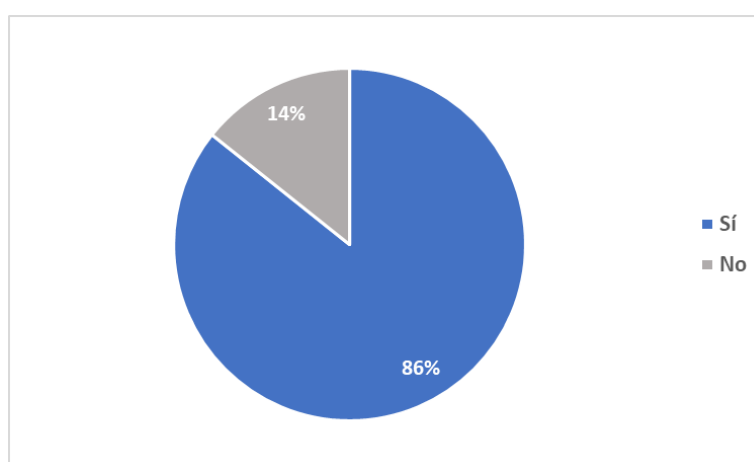


Figura 3. Disposición de adopción.

Innovación

Gracias a la implementación del instrumento de escala de innovación individual de 20 enunciados, se pudo clasificar a los participantes dentro de las categorías de innovación para conocer su voluntad de innovación. En el cuadro 9 se observa que, la categoría donde predominan los participantes es la de mayoría precoz con un valor porcentual de 54.28%. Del mismo modo, se encontró un porcentaje considerable de 21.43% correspondiente a la mayoría tardía quienes adoptan la tecnología después del promedio.

Cuadro 9. Medición de escala de innovación individual.

Grado de Innovación	Participación			
	Estudio		Teoría de Rogers	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Categoría				
Innovador	2	2.86	1.75	2.5
Mayoría tardía	15	21.43	9.45	13.5
Mayoría precoz	38	54.28	23.8	34
Primeros seguidores	8	11.42	23.8	34
Rezagado	7	10	11.2	16

Se debe recordar que, según la literatura de Rogers (2003), los que forman parte de la categoría de mayoría precoz son los que adoptan las innovaciones de manera más temprana que el promedio, es decir que estos tienen una mayor voluntad de innovar que el resto. Por otro lado, el porcentaje correspondiente a la mayoría tardía son quienes manifiestan una voluntad de innovación más reducida, ya que, necesitan validar el funcionamiento de la tecnología antes de su adopción.

Para verificar que los resultados observados son aceptables y acordes con los esperados Hurt et al. (1977), afirma que, los valores no deben diferir significativamente, así como sugiere la prueba de chi-cuadrado. En otras palabras, el valor de probabilidad de la prueba debe ser mayor al valor del alfa propuesto en el estudio. En este sentido, se realizó la prueba utilizando JASP y se obtuvo un valor de probabilidad de 0.98, mayor que los niveles de alfa de 0.10, 0.05 y 0.01 conocidos y popularmente utilizados, por lo que, efectivamente los resultados del estudio son congruentes y no difieren con la literatura de Rogers (2003). En la figura 4 se muestra el comportamiento de los resultados de las categorías de innovación del estudio sobrepuesta en los valores porcentuales de la literatura de Rogers (2003).

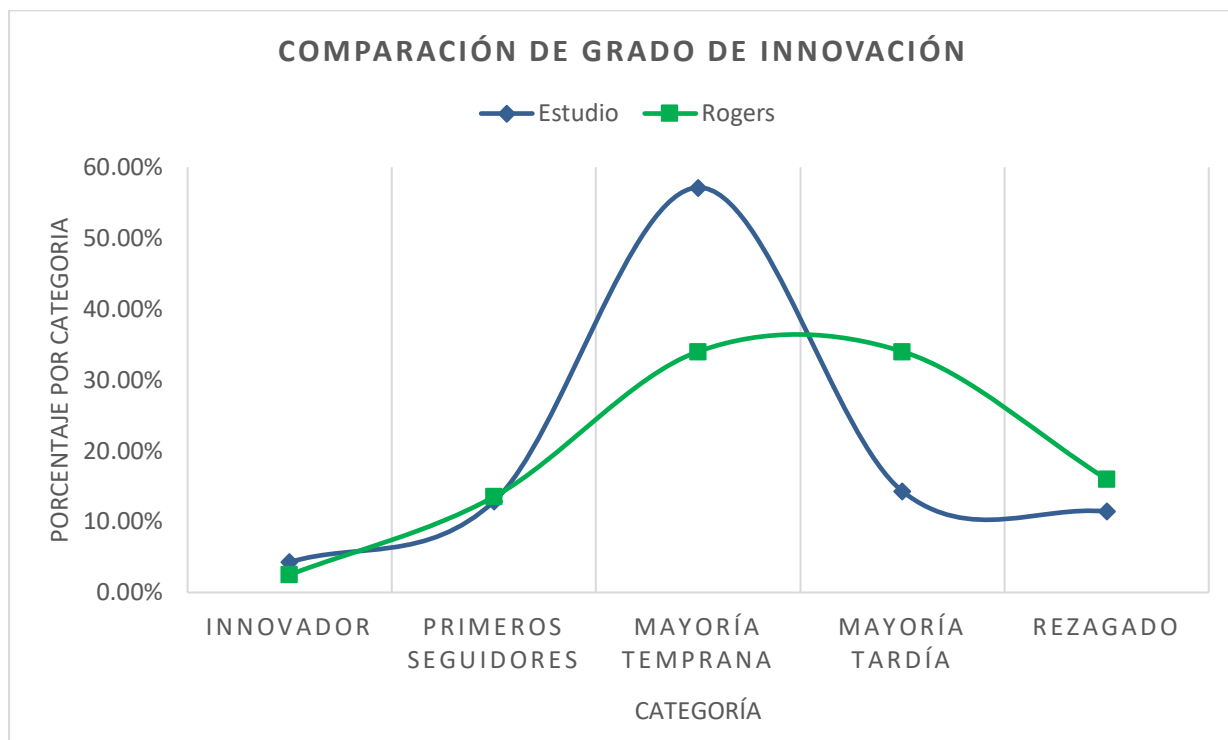


Figura 4. Comparación de grado de innovación estudio y literatura de Rogers.

Alfa de Cronbach (Análisis de confiabilidad)

Se estimó necesario hacer un análisis de la confiabilidad del instrumento de innovación individual para asegurar la consistencia o estabilidad de este. En palabras de Kerlinger y Lee (2002, como se citó en Quero, 2010), la confiabilidad se define como la ausencia relativa de errores de medición en un instrumento de medida, por lo que, dependiendo del grado en que los errores de medición estén presentes en un instrumento de medición, el instrumento será poco o más confiable. De esta forma, el caso específico del coeficiente de confiabilidad vinculado a la homogeneidad o consistencia interna se dispone del coeficiente Alfa, propuesto por Lee J. Cronbach en el 1951. El coeficiente Alfa es el promedio de todos los coeficientes de correlación e indica que, un promedio mayor de 0.7 es considerado confiable.

En este estudio se utilizó este coeficiente para evaluar los 20 enunciados de la herramienta de escala de innovación propuesta por Hurt et al. (1977) y se obtuvo un valor de Alpha Cronbach de 0.89 puntos porcentuales, con un intervalo de confianza de 0.845 y 0.923 respectivamente. Esto indica que, efectivamente la herramienta de innovación utilizada cumple con ser confiable para medir el nivel de innovación y está dirigida al grupo adecuado.

Modelos de probabilidad lineal múltiple

Para evaluar los determinantes de la intención de adopción, se estimó tres modelos de probabilidad lineal múltiples (cuadro 10), esto con la intención de analizar e interpretar las variables con significancia que mejor explican la disposición de adopción de la solución tecnológica.

Modelo 1. Variables sociodemográficas. En el modelo 1 se apreció que, es más probable que la solución tecnológica sea adoptada por las regiones de América Central y Sudamérica con respecto a la región de Norteamérica (nivel de referencia); 0.51 y 0.49 más probabilidad respectivamente. También, se encontró que, es más probable la intención de adopción cuando los participantes se identifican como asesores técnicos, con respecto a extensionistas o investigadores, 0.16 más probable concretamente. Finalmente, las variables años de experiencia y género no tuvieron significancia en el modelo.

Modelo 2. Variables sociodemográficas y de atributos de adopción. En el modelo 2 se observó que, es más probable adoptar la solución tecnológica cuando los participantes pueden realizar una prueba piloto y cuentan con mejor o más accesibilidad económica; 0.22 y 0.18 específicamente. Por otro lado, las variables de facilidad en la toma de decisiones y de presentación de los resultados no resultaron significativas.

Modelo 3. Variables sociodemográficas, de atributos de adopción e innovación. En el modelo 3 se encontró que, es más probable adoptar la solución tecnológica cuando los participantes se identifican como asesores técnicos y se relacionan con grupos de más de 30 productores con respecto a asesorar rangos de 1 a 10 productores (nivel de referencia); 0.55 más probabilidad respectivamente. Asimismo, la probabilidad de adopción de la solución tecnológica aumenta en 0.05 cuando se promueven prácticas con los productores. Finalmente, es más probable que se adopte la solución tecnológica en un 0.28 específicamente cuando un participante es identificado como asesor técnico y pertenece la categoría de innovador.

Cuadro 10. Modelos de probabilidad lineal con interacciones disposición de adopción.

Covariantes y factores	Modelo No. 1				Modelo No. 2				Modelo No. 3			
	Coeficientes (ES)	P	R ²		Coeficientes (ES)	P	R ²		Coeficientes (ES)	P	R ²	
			ajustado	ECM			ajustado	ECM			ajustado	ECM
Variables												
(Intercepto)	0.279 (0.203)		0.082	0.34	0.088 (0.1894)		0.221	0.311	0.072 (0.1965)		0.401	0.273
CAC	0.507 (0.203)	**			0.495 (0.1911)	**			0.373 (0.173)	**		
SUR	0.489 (0.209)	**			0.484 (0.1934)	**			0.392 (0.177)	**		
Asesor técnico	0.157 (0.083)	*			0.210 (0.078)	***			(-0.0168) (0.113)			
Género (Femenino)	-0.013 (0.095)											
Años (experiencia)	0.0194 (0.086)											
Prueba piloto					0.221 (0.116)	*			0.246 (0.104)	**		
Accesibilidad					0.179 (0.080)	**			0.286 (0.078)	***		
Facilidad Decisiones					0.061 (0.089)				0.127 (0.084)			
Facilidad Resultados					0.065 (0.084)				0.006 (0.083)			
10 a 20 P									-0.056 (0.149)			
20 a 30 P									0.320 (0.1931)			

Más de 30 P	-0.348 (0.144)	***
Prácticas	0.048 (0.024)	**
Innovador	-0.754 (0.312)	**
Asesor* Innovador	1.03 (0.378)	**
Asesor* 10 a 20 P	0.057(0.259)	
Asesor* 20 a 30 P	0.167 (0.285)	
Asesor* Más de 30 P	0.5665 (0.175)	***

Nota. (ES)= Error estándar, *= significancia 10%, **= significancia 5%, ***= significancia 1%, ECM= Error cuadrático medio, CAC= Centroamérica y el Caribe, 10 a 20 P= 10 a 20 productores asesorados, 20 a 30 P= 20 a 30 productores asesorados, Más de 30 P= Más de 30 productores asesorados.



Con la información generada, se puede afirmar que, los participantes de las regiones de interés tienen una influencia positiva en el incremento de la probabilidad de adopción de la solución tecnológica. Asimismo, la literatura de Rogers (2003) sobre los atributos que mejor explican la adopción de una solución tecnológica, resultó eficaz por la contribución positiva de las variables de disposición de hacer una prueba piloto y la mayor accesibilidad económica percibida.

Por otro lado, la variable de prácticas que promueven los asesores con los productores demostró una contribución efectiva en la disposición de adopción de la solución tecnológica y esto es coherente con la afirmación de Rosas et al. (1987), que indican que, promover prácticas como alternativas de manejo de problemáticas en el campo puede inducir a una recepción positiva de soluciones innovadoras.

Por último, los asesores técnicos que son innovadores y los que se relacionan con más de 30 productores, afectan positivamente la disposición de adopción de soluciones innovadoras y según Chía (2003) y Rogers (2003), ayudan a fomentar el comportamiento receptivo de los agricultores hacia nuevas soluciones que incrementen su autosuficiencia.

CONCLUSIONES

- Se realizó la observancia en línea de las alternativas para medir humedad del suelo y la solución tecnológica demostró superioridad en los criterios de robustez, y alta usabilidad por su diseño completo. Asimismo, algunos de los dispositivos encontrados demostraron precios competitivos, pero son incongruentes con las soluciones limitadas que ofrecen, de manera que, no muestran un enfoque distintivo hacia la agricultura de pequeña escala.
- Se estimó la intención de adopción entre agentes de extensión y asesores técnicos y, se concluye que, la mayoría (86%) tiene intención de adopción de la solución tecnológica, por lo que, efectivamente se cuenta con un grupo potencial dispuesto a adquirir el dispositivo.
- Los factores que influyen la intención de adopción de la solución tecnológica fueron las estadísticamente significativas como: región, rol, prueba piloto, accesibilidad económica, prácticas promovidas por los asesores técnicos y/o extensionistas y la interacción entre el rol de los participantes con el rango de productores asesorados y con la categoría de innovación. Estas afectan positivamente la adopción por medio del incremento de su probabilidad.



REFERENCIAS

- Belezario, G. (2015). Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú. *Revista Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Investigation*, 17(1). <https://doi.org/10.18271/ria.2015.77>
- Bert, F. (2021). *La digitalización e la agricultura, proceso necesario para la transformación positiva de los sistemas alimentarios*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/20476/BVE22068598e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Casado, G. y Mielgo, A. (2007). La investigación participativa en agroecología: una herramienta para el desarrollo sustentable. *Ecosistemas*, 16(1), 24–36. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=466>
- Chía, E., Testut, M., Figari, M. y Rossi, V. (2003). Comprender, dialogar, coproducir: Reflexiones sobre el asesoramiento en el sector agropecuario. *Agrociencia*, 7(1), 77–91. <https://agrocienciauruguay.uy/index.php/agrociencia/article/view/1040/1131>
- Dilman, D. (2011). *Encuestas por correo e internet: El método de diseño a medida 2007, Actualización con nueva guía de internet, visual y de modo mixto*. John Wiley & Sons (2ª ed.).
- Esquisabel, E. (2018). *Descripción del trabajo de las promotoras asesoras del Programa Cambio Rural en el cinturón hortícola platense con perspectiva de género (1993-2017: Mujeres extensionistas* [Informe]. Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/65972/Documento_completo._Descripci%C3%B3n_del_trabaj.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Foltz, J. (2003). La economía de la adopción de tecnología de conservación de agua en Túnez: una estimación empírica de la elección de tecnología de los agricultores. *Desarrollo Económico Y Cambio Cultural*, 51(2), 359–373.
- Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria. (2019). *Digitalización de la agricultura de pequeña escala*. <https://www.fontagro.org/new/proyectos/digitalization-small-scale/es>
- FONTAGRO. (2020). *Digitalización de la agricultura de pequeña escala*. [https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/19043_Agtech_\(Final\).pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/19043_Agtech_(Final).pdf)



- Huesca, J., Hernández, M., Hernández, O., Fernández, Y., Díaz, H. y Estrella, N. (2019). El extensionismo en programas agrícolas regionales: plan puebla y MasAgro. *Estudios Sociales. Revista De Alimentación Contemporánea Y Desarrollo Regional*, 29(53). <https://doi.org/10.24836/es.v29i53.667>
- Hurt, T., Joseph, K. y Cook, C. (1977). Escala para la medición de la capacidad de innovar. *Human Communication Research*, 4(1), 58–65.
- Jensen, R. (1982). Adopción y difusión de una innovación de rentabilidad incierta. *Revista De Teoría Económica*, 27(1), 182–193. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022053182900217>
- Lemi, T. (2019). Efectos de la variabilidad del cambio climático en la productividad. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 17(1). <https://doi.org/10.19080/IJESNR.2019.17.555953>
- Moeller, A. (2012). Identifique el estado de la humedad del suelo ¡con más precisión que nunca! *Green Section Record*, 50(9).
- Montero, R. (2016). *Modelos de regresión lineal múltiple* [Documento de trabajo en economía aplicada]. Universidad de Granada, Departamento de Economía Aplicada. https://www.ugr.es/~montero/matematicas/regresion_lineal.pdf
- Núñez, E., Ruiz, M., Chuck, D. y Rossini, B. (2013). Determinación de los perfiles de humedad en suelos homogéneos a través de un método geoelectrónico. *Ciencia Del Suelo*, 31(2), 271–277. https://www.cee.edu.mx/rlee/revista/r1981_1990/r_texto/t_1987_3_02.pdf
- Polar, V., Babini, C., Velasco, C., Flores, P. y Fonseca, C. (2017). *La tecnología no es neutral: Factores que influyen en la potencial adopción de tecnología agrícola por hombres y mujeres*. Centro internacional de la Papa. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/90134/La%20Tecnolog%C3%ADa%20no%20es%20neutral%20ESP.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quero, M. (2010). Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbac. *TELOS*, 12(2), 248–252. <https://padron.entretemas.com.ve/INICC2018-2/lecturas/u2/kerlinger-investigacion.pdf>
- Reyes, S. (2013). *El servicio de extensión rural en México: Propuestas de política pública* (1ª ed.). *Biblioteca Básica de Agricultura: Vol. 50*. El Colegio de Posgraduados.
- Rogers, E. (2003). *Difusión de innovaciones* (5ª ed.). Free Press.



- Rosas, L., Rojo Flavio y Hernández Oscar (1987). La transformación de la práctica educativa del extensionista agrícola: una experiencia. *Revista Latinoamericana De Estudios(GXFDWLYRV,* 17(3), 9–55.
https://www.cee.edu.mx/rlee/revista/r1981_1990/r_texto/t_1987_3_02.pdf
- Vallejo, Y., Pérez, T., Nuñez, E., Arozarena, N. y López, A. (2016). La capacitación agraria desde la visión del agricultor, en el municipio La Habana, Cuba. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 149–154.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4106.3922>



ANEXOS

Anexo A

Enlace de acceso video de presentación de la solución tecnológica

<https://youtu.be/BRa0C9R7-T4>



Anexo B

Encuesta en línea

Intención de adopción de una tecnología para medir humedad del suelo

El proyecto Digitalización de la agricultura de pequeña escala ha desarrollado una solución tecnológica para medir humedad del suelo, que es robusta, de bajo costo y de alta usabilidad. Para conocer el potencial de mercado de esta tecnología, se creó este formulario que tiene el objetivo de determinar la intención de adopción del Sensor de humedad del suelo por parte de los agricultores, técnicos y/o agentes de extensión que trabajan con ellos.

En esta encuesta, se le pedirá que responda de manera objetiva preguntas relacionadas con el manejo de humedad del suelo, las prácticas que promueve, así como las tecnologías que conoce y su opinión de la tecnología.

Su participación es voluntaria. Esta encuesta le tomará un máximo de 15 minutos. Su nombre no estará vinculado a ningún material en informes, publicaciones o presentaciones. Solo los investigadores asociados con este proyecto tendrán acceso a los datos sin procesar. No hay riesgos ni beneficios anticipados por su participación en esta investigación, con su apoyo se recibe información valiosa que ayuda a promover el uso de tecnologías agrícolas para el desarrollo de las zonas rurales. Agradecemos su tiempo y esfuerzo invertidos en este estudio.

Si tiene consultas, puede escribir a Luis Sandoval investigador principal del proyecto al correo lsandoval@zamorano.edu o a la asistente de investigación Rut Félix al correo rut.felix@est.zamorano.edu.

Atributos de adopción

Con respecto a las soluciones tecnológicas en el mercado, la solución que se le acaba de presentar es:

- Más accesible económicamente
- Igualmente accesible



- Menos accesible económicamente
- Desconozco otras soluciones para medir humedad del suelo

Con respecto a la tecnología actual que utiliza para medir la humedad del suelo, la solución tecnológica le permitirá tomar decisiones para el siguiente ciclo productivo con:

- Más facilidad
- Igual facilidad
- Menos facilidad
- No utilizo ninguna solución para medir humedad del suelo

En comparación con otras tecnologías disponibles en el mercado, la solución tecnológica le permite presentar los resultados a los productores o clientes con:

- Más facilidad
- Igual facilidad
- Menos facilidad
- No conozco otras tecnologías disponibles en el mercado

¿Estaría dispuesto a hacer una prueba piloto?

- Sí
- No

¿Estaría dispuesto a adoptar la tecnología propuesta?

- Sí
- No

De la relación con los productores o clientes

Para usted y los productores/clientes con los que trabaja, el manejo de humedad del suelo es un problema:

- Leve



- Moderado
- Bajo
- No es un problema

Las prácticas de manejo de humedad del suelo que promueve con sus productores/clientes son (Seleccione todas las que apliquen):

- Acequias o zonas de drenaje
- Descompactación de suelos
- Siembra en camas o caballones
- Adición de materia orgánica
- Coberturas vivas o muertas
- Riego
- Ninguna
-

De las siguientes tecnologías seleccione las que utiliza para medir humedad en suelo. (seleccione todas las que apliquen)

- Dispositivo o sensor portátil
- Sensores instalados de forma permanente en el cultivo
- Mediciones de pluviómetros en las fincas o cultivos
- Información de estaciones meteorológicas
- Información de aplicaciones de clima
- No monitoreo la humedad del suelo
-



¿Cuál es el rango de productores/clientes que asesora?

- 1 a 10
- 11 a 20
- 21 a 30
- Más de 30

Seleccione todas las áreas en las que ha recibido capacitaciones en el pasado.

- Riego
- Clasificación y manejo de suelos
- Uso de tecnologías para medir humedad del suelo
- Requerimientos hídricos
- Ninguna de las anteriores
-

Instrumento de escala de innovación individual



	Completamente en desacuerdo (1)	Desacuerdo (2)	Neutral (3)	De acuerdo (4)	Completamente de acuerdo (5)
Mis pares suelen preguntarme consejos o información. (1)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disfruto probar nuevas ideas. (2)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Busco nuevas formas de hacer las cosas (3)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Generalmente soy cauteloso(a) para aceptar nuevas ideas. (4)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Frecuentemente, improviso métodos para resolver un problema cuando no hay una respuesta aparente . (5)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desconfío de los nuevos inventos y las nuevas formas de pensar. (6)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Raramente confío en la nueva idea hasta que pueda ver si la gran mayoría de la gente a mi alrededor la acepta. (7)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Siento que soy un miembro influyente de mi grupo de pares. (8)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Me considero creativo(a) y original en mi pensamiento y comportamiento. (9)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Soy consciente de que normalmente soy una de las últimas personas de mi grupo en aceptar algo nuevo. (10)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Soy una persona inventiva. (11)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disfruto participar en las responsabilidades de liderazgo del grupo al que pertenezco. (12)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Soy reacio(a) a adoptar nuevas formas de hacer las cosas hasta que las veo siendo utilizadas por la gente que me rodea. (13)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Me estimula ser original en mi pensamiento y comportamiento. (14)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Me desafían las ambigüedades y los problemas sin resolver. (16)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Debo ver a otras personas usando nuevas innovaciones antes de considerar utilizarlas. (17)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Soy receptivo(a) a nuevas ideas. (18)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Me desafían las preguntas sin respuesta. (19)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A menudo me encuentro escéptico(a) de las nuevas ideas. (20)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Demográficos

Favor seleccionar país de residencia

- Colombia
- Costa Rica
- Chile
- El Salvador



- Ecuador
 - Guatemala
 - Honduras
 - México
 - Nicaragua
 - República Dominicana
 - Argentina
 - Haití
 -
-

Género

- Masculino
- Femenino
- Prefiero no decirlo

Años de experiencia profesional (Ingrese únicamente el número, por ejemplo 15)

¿Cuál de las siguientes opciones es la que mejor describe su rol con los productores?

- Asistente o asesor técnico
- Agente de capacitación o extensionista
- Investigador
-

¿Estaría interesado en participar en una entrevista para conocer mejor su opinión?



- Sí
- No



INSTITUCIONES PARTICIPANTES



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org