

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Administración de Agronegocios
Ingeniería en Administración de Agronegocios



Proyecto Especial de Graduación
Sondeo de mercado para sensores de humedad de suelo en agricultura
de pequeña escala en la vereda Los Cerrillos, Cauca, Colombia

Estudiante

Carlos Arnulfo Valle Moreno

Asesores

Martin Alberto Leal Plata

Luis Alberto Sandoval Mejía

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

RAUL A. SOTO D.

Director Departamento de Administración de Agronegocios

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Agradecimientos

Este estudio ha sido posible gracias a las organizaciones con participación en el desarrollo de la agricultura en El Cauca, Colombia.

Contenido

Agradecimientos	3
Índice de Figuras	5
Índice de Anexos	6
Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Metodología.....	13
Investigación Exploratoria.....	13
Resultados y Discusión.....	16
Sensor ECH20-EC5.....	23
Sensor SW-10.....	23
Sensor SS200.....	23
Conclusiones	24
Recomendaciones.....	25
Referencias.....	26
Anexos.....	28

Índice de Figuras

Figura 1 Mapeo de actores del proyecto “Digitalización de la agricultura a pequeña escala”.	15
Figura 2 Proporción de área tecnificada en finca.	17
Figura 3 Razones de no adopción a la tecnología según los productores.	18
Figura 4 Percepción de tecnificación en finca.....	19
Figura 5 Uso de sensores según los productores de AF.....	20

Índice de Anexos

Anexo A Objetivos de desarrollo sostenible del proyecto.....	28
Anexo B Sensor ECH20-EC5. (Meter Group Inc., 2021).	29
Anexo C Sensor de humedad SW-10. (PINO-TECH, 2022).	30
Anexo D Sensor de humedad SS200 (Irrometer, 2022).	31
Anexo E Sensor de humedad del proyecto vigente.	32
Anexo F Diseño de entrevista para actores desarrolladores.	33
Anexo G Diseño de entrevista para actores implementado	34

Resumen

El proyecto digitalización de la agricultura a pequeña escala ofrece una solución tecnológica a los productores de agricultura familiar, quienes a pesar de representar un 80% en el total de las explotaciones agrícolas en Latinoamérica, son el sector más vulnerable a los diferentes factores del entorno. Para garantizar la sostenibilidad económica que les dé libertad de acceso a las tecnologías emergentes, se evaluó la situación de mercado en la vereda Los Cerrillos; mediante un sondeo, el cual amplió la información obtenida respecto a adopción y percepción de los agricultores, y sirvió para dar un panorama futuro de la implementación tecnológica en pequeña escala. Se hizo un acercamiento con actores identificados con un potencial de participación en la implementación de este proyecto, asimismo, se indagó en la oferta actual de sensores de humedad con características similares a las deseadas que podrían considerarse competencia directa como ser alta usabilidad, bajo costo y robustez. Este estudio forma parte de una serie de actividades que visualizan las necesidades y expectativas de los agricultores de pequeña escala, donde se pudo encontrar una relación directa entre las causas de la falta de adopción tecnológica y las condiciones de vida de los agricultores, asimismo, se plasmó cuáles son barreras de entrada son una potencial limitante de la correcta ejecución del proyecto, como ser: educación, acceso a conectividad, recursos financieros, entre otras. Del mismo modo, se identificó la oferta actual de sensores de humedad de suelos en el mercado, bajo criterios de accesibilidad en producciones de pequeña escala.

Palabras clave: Agricultura familiar, digitalización, solución tecnológica

Abstract

The digitalization of small-scale agriculture project offers a technological solution to family farming producers, who despite representing 80% of all farms in Latin America, are the most vulnerable sector to different environmental factors. To guarantee the economic sustainability that gives them freedom of access to emerging technologies, the market situation in the Los Cerrillos village was evaluated; through a survey, which expanded the information obtained regarding the adoption and perception of farmers and served to provide a future overview of small-scale technological implementation. An approach was made with actors identified with a potential to participate in the implementation of this project, likewise, the current offer of humidity sensors with characteristics similar to those desired that could be considered direct competition such as high usability, low cost and sturdiness. This study is part of a series of activities that visualize the needs and expectations of small-scale farmers, where it was possible to find a direct relationship between the causes of the lack of technological adoption and the living conditions of farmers, as well as It reflected that entry barriers are a potential limitation of the correct execution of the project, such as: education, access to connectivity, financial resources, among others. In the same way, the current offer of soil humidity sensors in the market was identified, under accessibility criteria in small-scale productions.

Keywords: Family farming, digitalization, technological solution

Introducción

La agricultura familiar (AF) en Latinoamérica representa la gran mayoría de todas las explotaciones agrícolas, constituyendo así la base de la seguridad alimentaria de toda la región. “El 80% de todos los alimentos que consumimos en el mundo son fruto del trabajo duro de los agricultores familiares” (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019). Se puede definir agricultura familiar como aquellas explotaciones agronómicas de carácter rural, cuya fuerza laboral está conformada por miembros de una familia que se dedican parcial o tiempo completo a labores en la finca. “La agricultura familiar es una forma de explotación agraria desarrollada por familias, generalmente en ámbitos rurales. Dicha actividad supone su principal fuente de ingresos y configura su modo de vida” (Galán, 2021).

Diversos estudios han resaltado la importancia económica y ambiental de la AF, del mismo modo que se han encontrado las falencias y adversidades que se enfrentan los productores al momento de competir y obtener beneficios por el trabajo que realizan. “En las últimas décadas ha surgido un interés especial por caracterizar a la agricultura familiar en los países de la región, debido a sus vínculos positivos con la seguridad alimentaria” (Salcedo et al., 2014). Los productores que entran en esta categoría por lo general cuentan con menos de 5 hectáreas de terreno, cuya actividad principal es el trabajo en finca. A pesar de esto, aún deben comprar sus alimentos a precio de mercado para poder satisfacer sus necesidades, consecuentemente son vulnerables a las alzas en precios. “Más del 80% de los pequeños productores son, en rigor, compradores netos de alimentos” (Schejtman, 2008).

En Colombia existe interés de diferentes organizaciones, tanto públicas como privadas que están relacionadas con la AF, haciendo énfasis de la competitividad que pueden llegar a tener como país en un mundo globalizado, teniendo en cuenta que su mayor fuente de producción de alimentos se ha quedado desactualizada. “En Colombia el tema campesino está actualmente en el debate público y académico, fundamentado en preocupaciones sobre su futuro competitivo en una economía

globalizada y en las perspectivas de la política pública” (Machado y Bolleto, 2014). Además según Acevedo Osorio et al. (2016)., “Los temas relacionados con la agricultura y el desarrollo rural han vuelto a ocupar la atención de académicos, gobiernos e instituciones internacionales.”

Se han encontrado diferentes factores que influyen en la vulnerabilidad de los productores de pequeña escala, tales como: cambio climático, acceso escaso a recursos naturales y financieros, bajo nivel de educación académica y casi nula adopción de tecnología. Asimismo, las proyecciones de crecimiento poblacional aseguran que para 2050 habrá un incremento en la demanda de alimentos, y como parte de la solución se enfoca la AF. Dentro de los diferentes planes de acción que se están ejecutando, se prioriza la aplicación de tecnología en la agricultura, de manera que se pueda optimizar el uso de recursos, maximizar rendimientos, tomar decisiones con base a datos particulares de cada productor, entre otras funcionalidades. “Con el propósito de adecuarse a las condiciones imperantes en el mercado y a las políticas públicas de autogestión, los productores agrícolas han sido objeto de innumerables recomendaciones que aún abundan en el discurso añejo de la modernización de su agricultura” (Herrera Tapia, 2006).

Por otro lado, el recurso agua es considerado como uno de los principales insumos que influyen en el éxito o fracaso de un cultivo, mediante el uso de tecnología se reduce el riesgo implícito de manejo de agua. “La agricultura 4.0 no tendrá que depender más de la aplicación de agua de riego, fertilizantes o pesticidas a lo largo de todo un campo, en cambio, se necesitaran cantidades mínimas o incluso eliminarlo de la cadena de suministros” (Clercq et al., 2018). La agricultura 4.0 en su definición incluye todas aquellas herramientas tecnológicas aplicadas a las producciones agronómicas y pecuarias, con el fin de obtener precisión y ser eficientes en el uso de recursos. “La agricultura 4.0 (Smart farming), es un nuevo sistema de llevar a cabo los procesos convencionales de la industria agrícola con ayuda de tecnología innovadora como robótica agrícola, informática en la nube e internet, entre otras. Esta tecnología se caracteriza por el uso de inteligencia artificial y por la automatización de la obtención de datos relevantes para la toma de decisiones” (Lioutas et al., 2019).

La aplicación de tecnología debe ser adaptada a las condiciones actuales en las zonas rurales de Latinoamérica, en donde cada vez existe más dificultad en la disponibilidad del recurso agua. “Actualmente, una de cada cinco personas (20%) de la población mundial no tiene acceso al agua potable en el mundo, y se prevé que para el 2025 dos tercios de la población mundial, o sea 66.6%, enfrentará problemas de insuficiencia de agua, y un tercio de la población global (33.3%) vivirá en escasez absoluta” (Nieto, 2011). Por ende, la optimización de este recurso en los sistemas agronómicos cada vez tiene mayor prioridad para sostenibilidad productiva. Soothar et al. (2021)., aseguran que “Un desafío global para el sector agrícola es producir más alimentos con menos agua”.

En orden con los objetivos de desarrollo sostenibles programados por las Naciones Unidas para la agenda 2030 (objetivos 1, 2, 13, y 17, anexo 1.), Universidad Zamorano, Visualiti SAS y Alianza Internacional Biodiversity – CIAT desarrollaron una solución tecnológica que consiste en la implementación de sensores para medición de la humedad de suelo de bajo costo que permita maximizar la producción, mejorar la calidad de alimentos y optimizar el uso del agua. “La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que incluye 17 Objetivos y 169 metas, presenta una visión ambiciosa del desarrollo sostenible e integra sus dimensiones económica, social y ambiental” (Bárcena, 2018).

Este estudio como parte del proyecto, evaluó la situación actual de mercado en Colombia, donde se hizo énfasis en el segmento de mercado al que se desea llegar (agentes de extensión agrícola) mediante un sondeo de mercado el cual sirve como base para recopilación de información primaria. “El sondeo busca motivar a los encuestados para que amplíen, aclaren o expliquen sus respuestas; también los ayuda a concentrarse en el contenido específico de la entrevista y a que brinden sólo la información relevante” (Malhotra, 2007).

La región de interés de este estudio fue la vereda de Los Cerrillos en el municipio de Popayán, Cauca, Colombia; la delimitación del estudio está basada en el mapeo de actores realizado para este proyecto, Según Salas et al. (2022)., (quienes realizaron dicho mapeo de actores), este municipio fue

“seleccionado por ser un sitio con potencial de implementación tecnológica en la agricultura y por cercanía a proyecto con CIAT, Colombia”.

Las actividades agronómicas en Los Cerrillos, Cauca; son el principal motor económico de la comunidad, donde apenas un 47% de la población ha logrado terminar la educación secundaria, y donde la mujer juega un rol crucial en la comercialización de las cosechas. Bajo los criterios anteriores, el objetivo general de este estudio fue: Aportar información de mercado para adopción y sostenibilidad económica de agricultura 4.0 en el departamento del Cauca, Colombia; específicamente al proyecto “Digitalización de la agricultura a pequeña escala”. Asimismo, los objetivos específicos fueron:

Obtener información preliminar en la región de interés del proyecto con los actores actuales acerca de la opinión en cuanto a la aplicación y usabilidad de la solución tecnológica desarrollada, basados en la adopción y percepción tecnología agrícola de los productores.

Identificar posibles barreras de entrada según los actores implementadores y de apoyo del proyecto “Digitalización de agricultura a pequeña y mediana escala”.

Conocer la oferta de sensores de humedad de suelo existente enfocada en agricultura familiar.

Metodología

Investigación Exploratoria

Se realizó una recopilación de datos internos para tener un panorama amplio del proyecto, conocer la idea principal y los fundamentos a partir de los cuales se creó la iniciativa. “Los datos internos son aquellos que se generan dentro de la organización para la que se está llevando a cabo la investigación” (Malhotra, 2007). Además, la investigación cubrió otros aspectos de información secundaria relacionados con el objeto de interés de este estudio mediante informes, censos poblacionales, actividades agronómicas de la región, reportes, artículos científicos, tesis y documentos certificados; tomados de publicaciones de organizaciones colombianas cuya credibilidad es aprobada. “Los datos secundarios son información fundamental para el desarrollo de una investigación de mercado, información recabada para llevar a cabo otros estudios relacionados o no con el problema de estudio” (Malhotra, 2007).

Dicha información secundaria consta de oferta actual de sensores de humedad de suelo que estén disponibles en el mercado para agricultura de pequeña y mediana escala en Colombia, uso de tecnología en ese segmento del mercado, cultivos y uso de tierra en la región de interés, población activa en producción agrícola de Los Cerrillos, Cauca, fichas técnicas del proyecto “Digitalización de la agricultura a pequeña escala”.

La información primaria que se recopiló se hizo mediante trabajo de campo con un enfoque de investigación cualitativa, realizando entrevistas en profundidad de secuencia escalonada, donde se evaluaron las características del producto en conjunto con las de los usuarios, mediante un enfoque directo (dado que los participantes conocen las intenciones del proyecto) con integrantes clave dentro de las organizaciones que se identificaron en un mapeo de actores para este proyecto, quienes implementaran en conjunto la ejecución con productores en campo. “Una entrevista en profundidad es una entrevista no estructurada, directa y personal en la que un entrevistador altamente capacitado interroga a una sola persona, con la finalidad de indagar sus motivaciones, creencias, actitudes y

sentimientos subyacentes acerca de un tema” (Malhotra, 2007). El diseño de estas entrevistas en profundidad está basado en la información recopilada y lo que se desea obtener según de los objetivos del estudio, con una duración promedio 20 minutos, dentro de las entrevistas realizadas hubo una categorización entre actores desarrolladores e implementadores (Anexo 6 y 7).

Los actores que se identificaron mediante un mapeo en el proyecto se dividieron en 3 categorías: desarrolladores, implementadores y de apoyo. Se lograron identificar 22 organizaciones cuya caracterización está relacionada con la implementación de tecnología en agricultura en la región de interés. En el trabajo de campo se realizaron 7 entrevistas, 3 con actores desarrolladores y 4 con actores implementadores. “Mapeo de actores se entiende como la identificación y caracterización de los sujetos sociales -relacionados entre sí- en un territorio y ambiente determinados” (Bustamante et al., 2014).

La comunicación con los entrevistados se realizó vía correo electrónico y WhatsApp, además las entrevistas fueron realizadas vía Zoom, donde se les comunicó acerca del motivo de este estudio y el por qué su opinión es de vital importancia dentro de la investigación. Adicionalmente, se trató de abordar la mayor cantidad de actores posibles, sin embargo, por razones ajenas a las del proyecto no se tuvo comunicación con ellos. Dentro de cada una de las categorías los actores tienen un cierto nivel de influencia, determinado bajo la denominación de jugadores con veto (participantes que hacen posible la realización de un proyecto), actores clave, actores secundarios. En la figura 1 se observa el resultado de dicho mapeo.

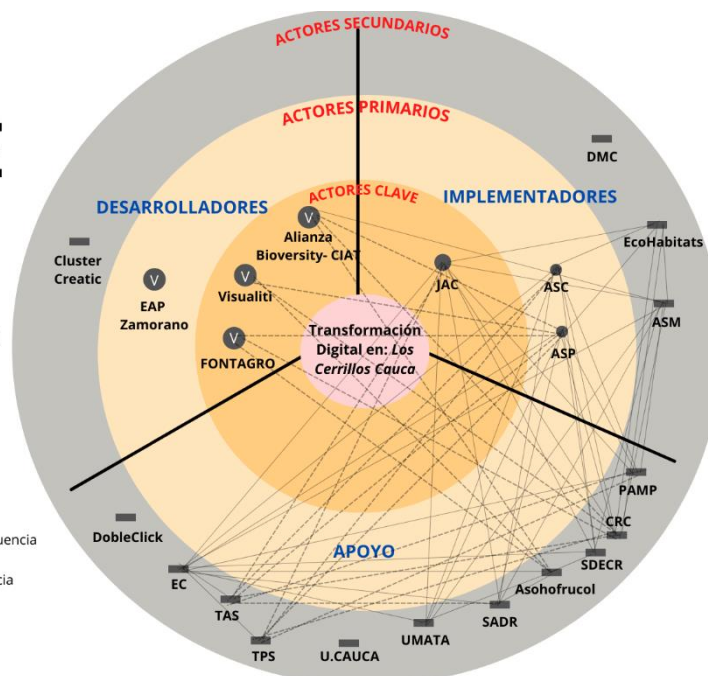
Figura 1

Mapeo de actores del proyecto “Digitalización de la agricultura a pequeña escala”.

MAPEO DE ACTORES CLAVE COLOMBIA

Para la implementación de la digitalización de la agricultura a pequeña y mediana escala en los Cerrillos Cauca.

- Actor clave o primario con pequeña influencia
- Actor clave o primario con gran influencia
- Ⓥ Jugadores con Veto
- Actor secundario



Nota. Tomado de Salas et al. (2022).

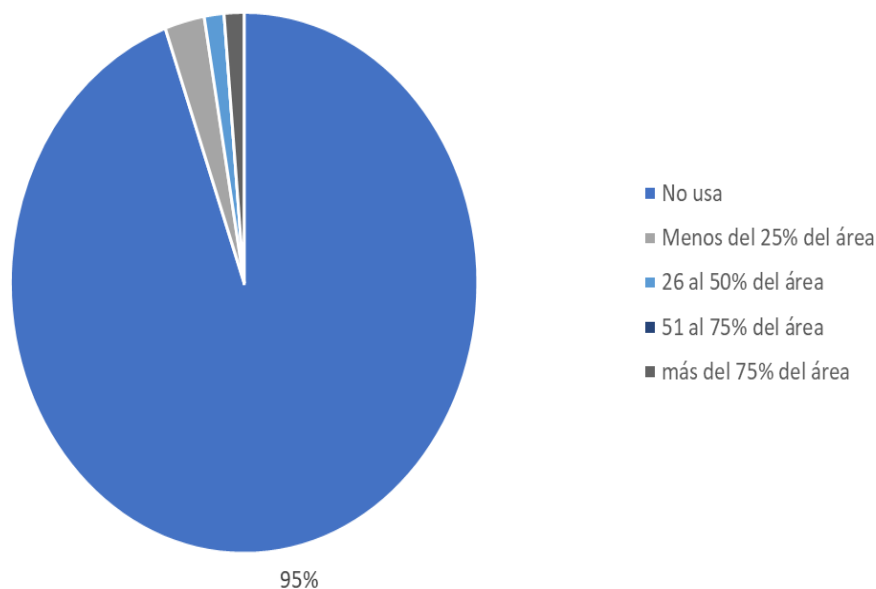
Resultados y Discusión

El 61% de los habitantes de la vereda Los Cerrillos tienen acceso a terrenos con áreas ≤ 5 hectáreas (categoría de agricultura familiar) de los cuales el 97.8% cultiva sus tierras. Los pobladores de esta localidad en un 79.3% tienen seguridad alimentaria, aunque la variedad de productos es poca. (Paz y Ortega, 2014). Dentro del contexto de reconocimiento en las regiones de interés del proyecto se encuestó directamente a los productores, obteniendo como resultado estadísticas que evidencian la situación en estas localidades en cuanto adopción y percepción del uso tecnológico en sus actividades agronómicas. La información adquirida define que hay una mínima proporción de área tecnificada en finca. Estos resultados reflejan la oportunidad de incorporación de tecnología agrícola en la vereda Los Cerrillos, Cauca, donde la diversificación de cultivos es casi nula (caña y café principalmente) y las técnicas de manejo agronómico son tradicionales, debido en gran parte a la falta de continuidad en las iniciativas o proyectos de extensión agropecuario, de acuerdo con los actores implementadores entrevistados.

Este hallazgo concuerda con la conclusión de Machado y Bolleto (2014), quienes aseguran que “Colombia tiene unas economías familiares especializadas que requieren una atención preferente del Estado con políticas y estrategias que busquen su fortalecimiento y estabilidad en el panorama rural y en los mercados de alimentos”, haciendo énfasis en el acompañamiento que deben de llevar los productores para obtener resultados deseados en la incorporación de cualquier herramienta en sus procesos productivos y refleja uno de los principales motivos de la baja aplicación tecnológica en finca. En la figura 2 se refleja la distribución porcentual del área tecnificada en las fincas de los productores encuestados, donde se aprecia que el 95% del área total de las fincas no tiene ningún tipo de tecnificación.

Figura 2

Proporción de área tecnificada en finca.



Nota. Tomado de Sandoval et al. (2022).

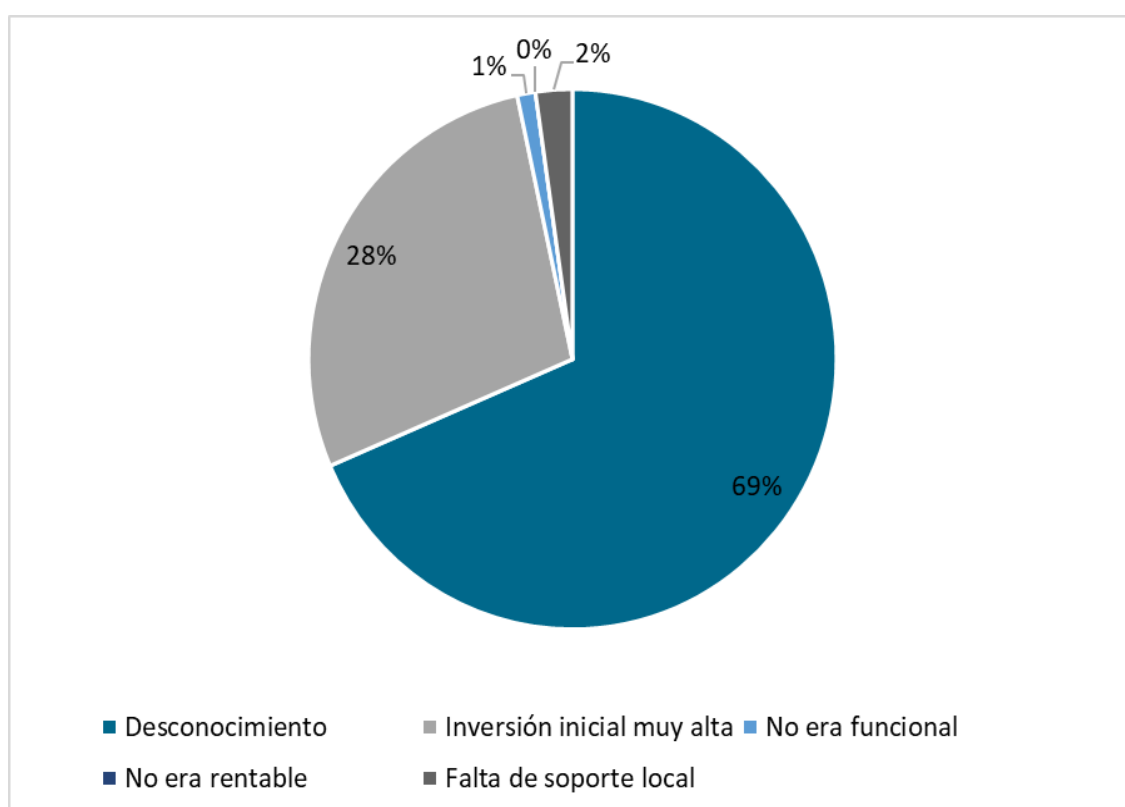
Por otro lado, en la figura 3 a continuación, se observa las principales causas de la no adopción de los productores respecto a tecnologías agrícolas disponibles. La no adopción de tecnología como un factor limitante para la implementación de agricultura 4.0 está directamente relacionado a otros factores sistemáticos de cada población, de acuerdo con los productores encuestados las principales razones son: desconocimiento de la tecnología, su aplicación y la sostenibilidad económica. Los actores implementadores afirmaron que en la mayoría de las ocasiones los productores no tienen retornos económicos de sus inversiones, simplemente buscan poder satisfacer su demanda de alimentos y subsistencia, no llevan un registro de contabilidad preciso que sirva como indicador económico, por ende, se resalta que la capacidad financiera para la incorporación de tecnología está fuera de sus posibilidades individuales.

Se han evaluado diferentes situaciones de agricultura familiar en Colombia en donde los productores que tienen una mejor adopción de tecnología y métodos de producción, estos obtienen rentabilidades altas, tal y como lo afirman Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Universidad

Javeriana. , “En estos sistemas de producción coexisten y se complementan rasgos característicos de la cultura campesina y de lo que podría llamarse agricultura moderna empresarial, tales como la complementariedad entre agricultura comercial y de autoconsumo y la alta utilización de trabajo contratado combinada con trabajo familiar”. Si bien está demostrado que esta modernización agrícola estimula la rentabilidad de los productores, se debe empezar a abordar posibles soluciones económicas.

Figura 3

Razones de no adopción a la tecnología según los productores.



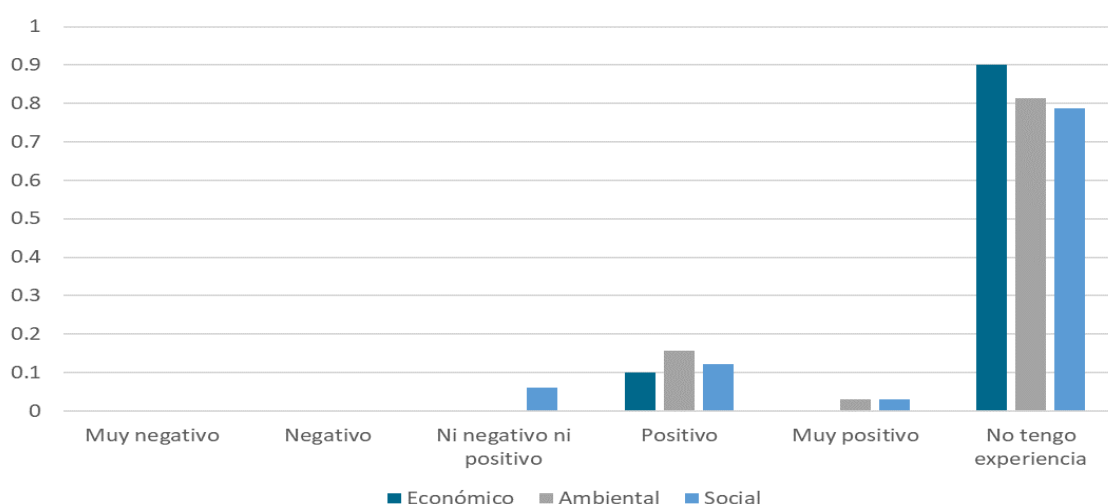
Nota. Tomado de Sandoval et al. (2022).

Sin embargo, a pesar de que no se haga uso de tecnología en campo, 10% de los encuestados reconocen que tener una finca tecnificada trae beneficios implícitos y tienen una percepción positiva del tema (en ámbitos económicos, sociales y ambientales), 80% de los encuestados no tiene ninguna experiencia relacionada con el tema. Este porcentaje de reconocimiento positivo está asociado a las

diferentes actividades de educación y transferencia tecnológica que varias organizaciones han desarrollado con productores. En la figura 4 se aprecia la percepción expresada en porcentaje (eje de las ordenadas) del impacto que tiene la tecnificación en finca.

Figura 4

Percepción de tecnificación en finca.

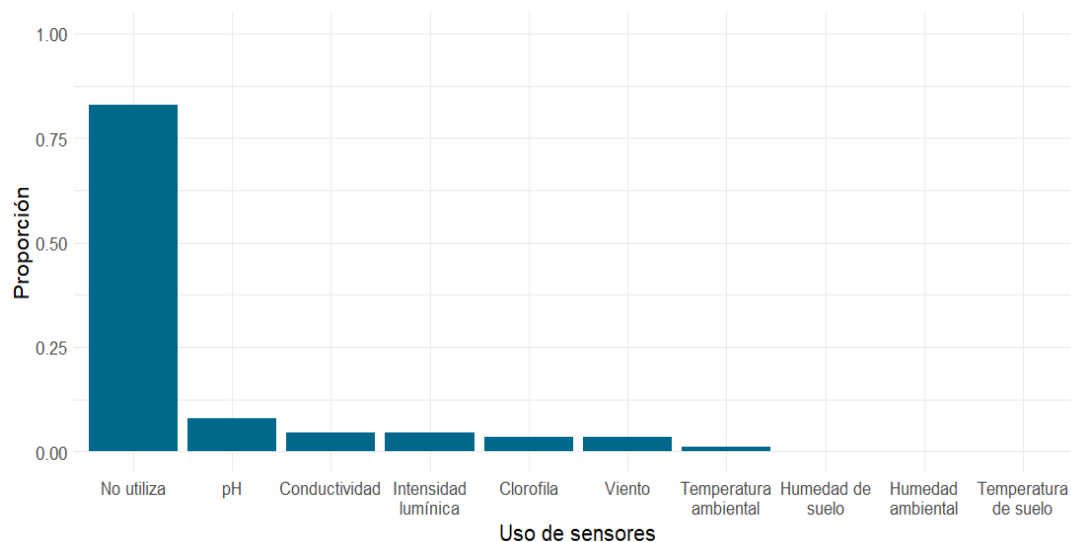


Nota. Tomado de Sandoval et al. (2022).

Se identificó que el uso de sensores es de las tecnologías que menor presencia tiene dentro de las pocas herramientas que se implementan en las regiones de interés del proyecto, se evidencia en la figura 5 la implementación porcentual de los diferentes tipos de sensores de agricultura 4.0. Para mitigar la falta de aplicación tecnológica y mejorar la productividad de los agricultores eficientizando sus prácticas agrícolas se debe comenzar a monitorear las condiciones ambientales mediante datos reales. La solución tecnológica del proyecto se enfoca en la optimización del recurso agua, mediante un sensor de humedad de suelo, una herramienta que según los productores encuestados no se utiliza del todo. El bajo nivel de utilización de sensores llama la atención particular de la mayoría de los actores, esto es debido en gran parte a la complejidad del manejo de los datos, algo que representa un reto para los agricultores de pequeña escala quienes cuentan con nivel educativo básico, lo que les impide una correcta lectura y comprensión de sus resultados en tiempo real.

Figura 5

Uso de sensores según los productores de AF.



Nota. Tomado de Sandoval et al. (2022).

La baja tasa de adopción tecnológica que tienen los productores en Los Cerrillos es resultado del desconocimiento que existe acerca de herramientas que ayuden en el manejo agronómico cotidiano, las respuestas de las entrevistas en profundidad tuvieron como factor común que no hay realmente valores de medición que permiten informar si las prácticas culturales están siendo eficientes o no; más allá del método tradicional de rendimiento de sus cosechas.

Los proyectos que se han implementado en esta región carecen de un seguimiento adecuado, en donde una vez estas iniciativas caducan, termina el alcance que podrían haber llegado tener. Todos los actores implementadores manifestaron que esta falta de seguimiento se debe a la sostenibilidad económica que tiene implícita cada iniciativa, por otro lado, también aseguran que un productor individualmente no tiene la capacidad financiera de implementar tecnología en sus cultivos dado que no le resulta rentable.

En cuanto al tema de adopción, hay varias limitantes, el nivel de educación que predomina en los productores, la oferta académica es poca y de baja calidad. Asimismo, la dificultad de acceso a

tecnología debido a la falta de actualización general en las condiciones de vida de esta comunidad como ser: conectividad, calidad de energía eléctrica, entre otras.

La mayoría de los actores implementadores en El Cauca, Colombia, manifestaron que la manera apropiada de hacer llegar este tipo de soluciones tecnológica a productores es mediante la demostración de resultados, los cuales van desde reducción de costos operativos, hasta resultados directamente relacionados con la productividad de sus cultivos en términos de rendimiento o calidad de producto. También, se hizo referencia al acompañamiento técnico a lo largo del proceso de adopción, el cual implica apropiación de los datos recopilados en campo y las decisiones a tomar una vez la lectura e interpretación de esos resultados este hecha.

Este acompañamiento técnico desempeña un papel de suma importancia en la continuidad de las aplicaciones tecnológicas en la región, a manera de perpetuar el alcance de cualquier iniciativa una vez caduque su plazo de ejecución. Si bien los factores limitantes o barreras de entrada tienen un trasfondo bastante amplio, la adopción de este tipo de herramienta por parte de los productores tiene mucho que ver con la manera de abordar e incursionar esta clase de proyectos, tal y como lo es “Digitalización de la agricultura a pequeña escala”.

En cuanto al interés que existe para la implementación de tecnología en la agricultura a pequeña escala de esta región, los entrevistados en general coincidieron en que es necesario empezar a fomentar el uso de estas herramientas, no solo por el hecho de que la competitividad lo exija, sino, que la vulnerabilidad al cambio climático es una realidad a la que se debe hacer frente, en la búsqueda de ser eficientes en cuanto al uso de recursos es vital la precisión.

El precio de la solución tecnológica planteado de un inicio ronda los US\$195, un precio que está por debajo de la competencia con características similares. Los actores implementadores con más cercanía a los agricultores manifestaron que se debe indagar en las bondades de esta solución tecnológica para que las organizaciones que le den seguimiento junto con los productores puedan tener una referencia con la cual juzgar ese precio. Los actores desarrolladores participantes en la

ejecución del proyecto mencionaron que hay acercamiento e interés por parte de organizaciones de adquirir los sensores como una medida de mitigar el riesgo, tal y como lo mencionan los actores desarrolladores “hay entidades financieras que ven esta tecnología como una garantía y una manera de disminuir el riesgo en sus créditos agrícolas, si se da el debido acompañamiento incrementan las posibilidades de que los productores puedan alcanzar sus objetivos en tiempo y forma”.

Los factores limitantes bordados están relacionados a las condiciones de vida cotidiana a las que se enfrentan los productores en la vereda Los Cerrillos, existe una limitación de comunicación mediante el uso de telefonía móvil o acceso a internet, una oferta académica de calidad, las carreteras y caminos están en mal estado. Esto es algo que impide la movilización tanto de personas, como de productos a mercados aledaños. Las organizaciones criminales tratan de expandir el cultivo de coca mediante productores de pequeña escala en las diferentes veredas del Cauca en Colombia, lo cual genera una preocupación en las familias de la zona y a organizaciones con intereses de inversión en esta región. Además, hay un problema en la titulación de terrenos que es consecuencia directa de la reforma agraria en Colombia.

Si bien todas estas barreras en su conjunto limitan la participación de agricultores con fincas tecnificadas, hasta el momento sobresale el desconocimiento de las diferentes herramientas tecnológicas, el acceso a recursos financieros y el acompañamiento técnico que sirva como garantía de una aplicación adecuada para posteriormente la obtención de resultados. Por otro lado, los actores implementadores de la región de interés manifestaron que hay oferta de tecnología en el mercado agrícola, sin embargo, esta tecnología no es transferida ni utilizada en agricultura familiar. También, se resalta que no existe nada comparable con el sensor de humedad desarrollado en este proyecto, según sus características particulares (robustez, usabilidad, bajo costo). El único monitoreo en cuanto a la disponibilidad de agua se hace mediante pluviómetros o el método del tacto.

La oferta de mercado en sensores de humedad de suelo se divide de acuerdo con su principio de funcionamiento, en este proyecto se tomaron en cuenta: Reflectómetro de dominio de frecuencia

(FDR) y Matriz granular (MG). Las empresas encargadas de comercializar estos sensores en Estados Unidos son Irrometer Inc., Meter Group Inc., y PinoTech. Los sensores que fueron utilizados en la comparación del estudio técnico este proyecto fueron:

Sensor ECH20-EC5

De acuerdo con su fabricante, Meter Group Inc. (2021) el EC5 determina el contenido volumétrico de agua (VWC) midiendo la constante dieléctrica del medio usando tecnología de dominio de capacitancia / frecuencia. En la cotización realizada se obtuvo el precio de US\$260 con envío incluido dentro del país (USA).

Sensor SW-10

Permite medir el contenido relativo de agua en el suelo, este sensor es superior a los sensores resistivos de humedad del suelo.

Sensor SS200

Es un dispositivo resistente que responde a los cambios en la humedad del suelo. Una vez plantado en el suelo, intercambia agua con el suelo circundante por lo tanto se mantiene en equilibrio con él.

De estos 3 tipos de sensores se realizaron pruebas en campo con un prototipo de cada uno para evaluar las bondades y limitaciones de cada uno, del cual el que tuvo mejor resultado en las diferentes condiciones expuestas fue el SW-10. Este resultado es atribuido a una matriz de selección, donde se evaluó: precisión, costo y exactitud; siendo el SW-10 el que mejor costo y exactitud tiene en comparación a los demás. A pesar de que estos sensores cuentan con las características que sirven a modo de comparación y referencia con la solución tecnológica del proyecto “Digitalización de la agricultura a pequeña escala”, no están dirigidos a este sector específico, su precio final es más elevado debido a las tarifas de envío desde Estados Unidos de América y tampoco cuenta con la garantía de un acompañamiento técnico que pueda servir para una adopción apropiada.

Conclusiones

La solución tecnología del proyecto “Digitalización de la Agricultura a Pequeña Escala” tiene un panorama amplio de desarrollo a largo plazo en El Cauca, Colombia. Se resalta que existe un nicho interesante para el sensor de humedad, desde entes financieros para mitigar riesgo hasta organizaciones de extensión o gremios agrícolas que estén promoviendo la aplicación de tecnología en las explotaciones de agricultura familiar para mejorar productividad y uso de recursos.

Existen diversas barreras de entrada en el entorno que deben ser tomadas en cuenta para lograr una transferencia adecuada de la tecnología, en donde sobresalen limitantes críticas como: gobernanza, crimen organizado, logística, medios de comunicación, educación y conectividad remota. Las que más tienen mayor incidencia en la usabilidad y adopción de los sensores de humedad de suelo son la educación y la capacidad financiera de los productores.

Existe una oferta conocida de sensores de humedad de suelo, sin embargo, no es dirigida a la agricultura de pequeña y mediana escala. A pesar de que existen dispositivos con características apropiadas para este sector productivo, la adopción de estos conlleva un largo trabajo de acompañamiento técnico.

Recomendaciones

Se recomienda profundizar este proyecto con una investigación de mercado que tome en cuenta datos de campo cuantitativos para medir la escalabilidad del proyecto y de seguimiento a los resultados obtenidos. Esta investigación a posteriori debe incluir intención de compra por parte de actores implementadores y de apoyo, precios de venta, y modelo de negocios para distribución.

Crear un plan de contingencia para las barreras de entrada identificadas en la región de interés con el apoyo de todas las partes con intereses en el proyecto.

Fomentar la adopción de tecnología en los productores mediante demostraciones de beneficios obtenidos para cada caso en particular, como ser: días de campo, jornadas educativas y monitoreo de uso adecuado de la tecnología. Para de esta manera poder tener un mayor nivel de certidumbre en cuanto a la continuidad de la aplicación de la solución tecnológica.

Referencias

- Acevedo Osorio, Á., Martínez Collazos, J. y Niño Martínez, C. (2016). *La agricultura familiar en Colombia*. Fondo Editorial Universidad Cooperativa de Colombia.
- Bárcena, A. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Bustamante, M., Charvet, E., Crespo, M., Herbas, M. y Peralvo, M. (2014). *Caracterización y monitoreo de actores relacionados a la gestión de recursos naturales*. Quito, Ecuador. CONDESAN/RUBOL/COSUDE. <https://condesan.org/wp-content/uploads/2017/07/protocolo-investigacion2.pdf>
- Clercq, M. de, Vats, A. y Biel Alvaro. (2018). *Agriculture 4.0: The future of farming technology*. World Government Summit. <https://www.marshmcclennan.com/content/dam/mmcmweb/insights/publications/2018/november/agriculture-4-0/Oliver-Wyman-Agriculture-4.0.pdf>
- Eficiencia económica de la agricultura familiar colombiana y sus potencialidades para superar la pobreza rural.*
- Galán, J. S. (2021, 2 de octubre). Agricultura familiar. *Economipedia*. <https://economipedia.com/definiciones/agricultura-familiar.html>
- Herrera Tapia, F. (2006). Innovaciones tecnológicas en la agricultura empresarial mexicana. Una aproximación teórica. *Gaceta Laboral*, 12(1). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-85972006000100005
- Irrrometer. (2022). *Irrrometer Sensors*. <https://www.irrometer.com/sensors.html>
- Lioutas, E. D., Charatsari, C., La Rocca, G. y Rosa, M. de (2019). Key questions on the use of big data in farming: An activity theory approach. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90-91, 100297. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.04.003>
- Machado, A. y Bolleto, S. (2014). *La agricultura familiar en Colombia: Informe del proyecto de análisis de la pobreza y la desigualdad en América Latina rural* (Programa Cohesión Territorial para el Desarrollo). Santiago, Chile.
- Malhotra, N. K. (2007). *Marketing research: An applied orientation* (5. ed.). Pearson Prentice Hall.
- Meter Group Inc. (2021). *Estimate*.
- Nieto, N. (2011). La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-77422011000200007
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *Introducción al Decenio de las Naciones Unidas de la Agricultura Familiar*. FAO. <https://www.fao.org/3/i3788s/i3788s.pdf>
- Paz, L. P. y Ortega, L. A. (2014). *CCAFS Informe de Línea Base de Hogares-sitio Cauca, Colombia*. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/77728>
- PINO-TECH. (2022). *SoilWatch 10 - Soil Moisture Sensor - PINO-TECH*. <https://pino-tech.eu/soilwatch10/>

- Salas, D., Dorado, H., Sandoval, L., Mañunga Jimmy y Pereira, E. (2022). *Digitalización de la agricultura a pequeña escala: Mapeo de Actores*. Valle del Cauca, Colombia. Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Fontagro.
- Salcedo, S., de la O, Ana Paula y Guzmán, L. (Eds.). (2014). *Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Políticas*.
- Sandoval, L., Dorado, H. y Salas, D. (2022). *Agricultura 4.0*. YouTube.
- Schejtman, A. (2008). *Alcances sobre la agricultura familiar en América Latina*. RIMISP - Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural, Santiago, CL. <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/handle/10625/39808>
- Soothar, R. K., Singha, A., Soomro, S. A., Chachar, A.-u.-d., Kalhor, F. y Rahaman, M. A. (2021). Effect of different soil moisture regimes on plant growth and water use efficiency of Sunflower: Experimental study and modeling. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00580-4>

Anexos

Anexo A

Objetivos de desarrollo sostenible del proyecto.

Objetivos de desarrollo sostenible



Anexo B

Sensor ECH20-EC5.



Nota. Tomado de Meter Group Inc. (2021).

Anexo C

Sensor de humedad SW-10.



Nota. Tomado de PINO-TECH (2022).

Anexo D*Sensor de humedad SS200*

Nota. Tomada Irrometer (2022).

Anexo E

Sensor de humedad del proyecto vigente.



¡AgTech para todos!

AgTech ó Agricultura 4.0 es una agricultura que integra una serie de innovaciones en la producción agrícola. Estas innovaciones incluyen agricultura de precisión, internet de las cosas y big data, para lograr una mayor producción y eficiencia.

El proyecto **Digitalización de la Agricultura a Pequeña Escala**, diseña un sensor de humedad de suelo, robusto, de alta usabilidad y bajo costo, para llevar la revolución de la agricultura 4.0 a todos los agricultores de la región.

¿Cuáles son los beneficios del uso de esta tecnología?

- Monitorear la humedad del suelo durante el ciclo de cultivo.
- Relacionar las prácticas climáticamente inteligentes y agronómicas con la humedad de suelo.
- Comparar el impacto de diferentes métodos de producción y su impacto en la humedad de suelo.
- Toma de decisiones informadas a partir del comportamiento de la humedad de suelo.

¿Qué actividades estamos realizando?



Para consultas general puedes escribir al correo lsandoval@zamorano.edu



<https://www.fontagro.org/new/proyectos/digitalization-small-scale/es> | [@AgTechParaTodos](https://twitter.com/AgTechParaTodos)

Anexo F

Diseño de entrevista para actores desarrolladores.

Datos del entrevistado

Para comenzar, platíqueme un poco acerca de usted; ¿Cuál es su rol dentro de la organización?
¿Cuánto tiempo lleva en su puesto actual? ¿Qué experiencia tiene en general relacionadas con su trabajo?

Preguntas semi estructuradas

1.

¿Qué problemática identifico su organización que los llevo a indagar en el segmento de agricultura familiar?

¿Cómo nace la iniciativa de cooperación entre los actores implementadores del proyecto?

¿Qué hallazgos han sobre salido de la recopilación de información entre los actores implementadores?

1.1

Aspectos comerciales

¿Existe tecnología que esté disponible en el mercado y, sobre todo, que este dirigida hacia ese sector de la industria? Si su respuesta es afirmativa, ¿Cuáles son estas y quienes son los encargados de hacerle llegar de manera asertiva a los productores para un uso adecuado?

Uno de los principales objetivos de la Agricultura 4.0 es proveer herramientas tecnológicas a los productores con el fin de eficientizar el uso de recursos, tomando decisiones con base a los datos particulares y condiciones de cada uno de ellos, ¿Cree usted que hay oportunidad de aceptación por parte de los productores a tecnología que les ayude a tomar decisiones en sus labores de campo?

En su opinión, ¿Estarían dispuestas las diferentes organizaciones que apoyan de manera activa la agricultura en Los Cerrillos a financiar un sensor de humedad de suelo para los productores de agricultura familiar?

¿En que se basa el precio de inicial de \$195 planteado por sensor de humedad?

Cierre

Para finalizar me gustaría conocer un poco la visión a futuro de su organización respecto a este proyecto, ¿encuentra una oportunidad para el desarrollo agrícola de la región en particular mediante la aplicación de un sensor de humedad de suelo?

¿Qué barreras cree que pueden existir para la aplicación de esta tecnología?

¿Qué desventajas piensa que se podrían encontrar en el uso de un sensor de humedad de suelo?

¿Algún comentario adicional?

Agradecimiento

Muchas gracias por su tiempo, su colaboración será de mucha ayuda en nuestro proyecto.

Anexo G

Diseño de entrevista para actores implementado

Datos del entrevistado

Para comenzar, platíqueme un poco acerca de usted; ¿Cuál es su rol dentro de la organización? ¿Cuánto tiempo lleva en su puesto actual? ¿Qué experiencia tiene en general relacionadas con su trabajo?

Preguntas semi estructuradas

La agricultura colombiana es muy variada y de singular importancia para su economía, más del 80% de la producción agrícola es proveniente de agricultura familiar. Sin embargo, no existe una adopción a tecnología emergente para estos productores, ¿Cuál considera usted que es el principal factor que limita el acceso y utilización de estas tecnologías a los productores de los Cerrillos, Cauca?

¿Existe tecnología que esté disponible en el mercado y, sobre todo, que este dirigida hacia ese sector de la industria? Si su respuesta es afirmativa, ¿Cuáles son estas y quienes son los encargados de hacerle llegar de manera asertiva a los productores para un uso adecuado?

Uno de los principales objetivos de la Agricultura 4.0 es proveer herramientas tecnológicas a los productores con el fin de eficientizar el uso de recursos, tomando decisiones con base a los datos particulares y condiciones de cada uno de ellos, ¿Cree usted que hay oportunidad de aceptación por parte de los productores a tecnología que les ayude a tomar decisiones en sus labores de campo?

Según un reporte de CIAT (centro Internacional de Agricultura Tropical) y la Fundación Eco Hábitats, los productores de Los Cerrillos tienen dificultad de acceso a recursos hídricos, ¿Considera que el uso de un sensor de humedad de suelo sea de ayuda para el monitoreo y el aprovechamiento del recurso agua en sus cultivos?

En su opinión, ¿Estarían dispuestas las diferentes organizaciones que apoyan de manera activa la agricultura en Los Cerrillos a financiar un sensor de humedad de suelo para los productores de agricultura familiar?

¿Considera usted que US\$195 es un precio adecuado y sobre todo accesible para la compra de un sensor de humedad de suelo?

¿Cree usted que en el tiempo hay oportunidad de crecimiento dentro de la agricultura familiar y mayor implementación de tecnología como un sensor de humedad de suelo?

Cierre

Para finalizar me gustaría conocer un poco la visión a futuro de su organización respecto a esta clase de tecnología, ¿encuentra una oportunidad para el desarrollo agrícola de la región en particular mediante la aplicación de un sensor de humedad de suelo?

¿Qué barreras cree que pueden existir para la aplicación de esta tecnología?

¿Qué desventajas piensa que se podrían encontrar en el uso de un sensor de humedad de suelo?

¿Algún comentario adicional?