

CAPÍTULO 10

PROTOTIPO DE UN MODELO BASADO EN TICS Y LA AGROINDUSTRIA 4.0 Y BIOECONOMÍA EN EL CULTIVO DE PAPA: UNA INICIATIVA DE CIENCIA CIUDADANA EN CHOACÍ, CUNDINAMARCA



<https://doi.org/10.22533/at.ed.5551124101010>

Fecha de aceptación: 19/03/2025

Ramón Gabriel Aguilar Vega

Ph(c) Doctorado en Educación
MSc Prevención de Riesgos Laborales;
MSc Sistemas integrados de Gestión
y Responsabilidad corporativa; MSc.
Innovación Educativa; Esp. en Sistemas
de información Geográfica; Esp. En
herramientas virtuales de educación; Esp.
en higiene y seguridad salud en el trabajo;
Administrador Ambiental; Tecnólogo
en Gestión Ambiental. Docente PTC
Politécnico Grancolombiano
<https://orcid.org/0000-0003-3934-7047>

RESUMEN: En este artículo se presenta los resultados parciales para un prototipo, basado en Tics para la agroindustria 4.0 en la zona de Choachí Cundinamarca. En el ámbito nacional es fundamental implementar modelos sostenibles para la protección del medio ambiente y cumplir con los objetivos de la agenda 2030 propuesta por la Organización de las Naciones Unidas, especialmente en políticas públicas, soluciones de mejoramiento de los recursos naturales y ecosistemas estratégicos, reducción de la pobreza y lucha por el cambio climático. La agroindustria 4.0 es fundamental para el plan de desarrollo

Colombia potencia de vida, esta es una estrategia planteada para promover, fomentar el sector agrario y desarrollar modelos productivos con mejores en las técnicas agroecológicas en el pacto por la ciencia y la tecnología de la innovación y la gestión de la información. Mediante el desarrollo de este proyecto se pretendió generar una propuesta del prototipo de un modelo para la aplicación de la agroindustria 4.0 para la siembra y producción de papa en las veredas de El Pulpito y La Victoria. Se han propuesto técnicas, herramientas y enfoques agrícolas basadas en TICs que sin duda alguna mejoran el desempeño técnico y económico que permiten asegurar la continuidad efectiva en el cultivo y producción de papa en Choachí Cundinamarca. La agroindustria 4.0 en los sectores más vulnerables del campo tomara un referente importante en Colombia por ello es fundamental establecer procesos que permitan al pequeño agricultor implementar modelos basados en tecnologías de información para que se conviertan en pilares del desarrollo sostenible.

PALABRAS-CLAVE: Agroindustria 4.0, Choachí, agricultura de precisión, Big Data, cultivo de papa, sostenibilidad

PROTOTYPE OF AN ICT-BASED MODEL AND AGROINDUSTRY 4.0 IN POTATO CULTIVATION: A CITIZEN SCIENCE INITIATIVE IN CHOACHÍ, CUNDINAMARCA

ABSTRACT: This article presents partial results for an ICT-based prototype for Agroindustry 4.0 in the Choachí region of Cundinamarca. At the national level, it is essential to implement sustainable models for environmental protection and meet the objectives of the 2030 agenda proposed by the United Nations, especially in public policies, solutions for improving natural resources and strategic ecosystems, poverty reduction, and combating climate change. Agroindustry 4.0 is fundamental development plan. This is a strategy proposed to promote and foster the agricultural sector and develop production models with improved agroecological techniques within the Pact for Science and Technology, Innovation, and Information Management. Through the development of this project, the aim was to generate a prototype proposal for a model for the application of Agroindustry 4.0 for potato planting and production in the villages of El Pulpito and La Victoria. ICT-based agricultural techniques, tools, and approaches have been proposed, which undoubtedly improve technical and economic performance and ensure the effective continuity of potato cultivation and production in Choachí, Cundinamarca. Agroindustry 4.0 in the most vulnerable rural sectors will become an important benchmark in Colombia. Therefore, it is essential to establish processes that allow small farmers to implement models based on information technologies so that they become pillars of sustainable development.

KEYWORDS: Agroindustry 4.0, Choachí, precision agriculture, Big Data, potato cultivation, sustainability

INTRODUCCIÓN

En Colombia una de las estrategias planteadas por diferentes sectores es la agroindustria 4.0 en TICs tan importantes como los productos de “pan coger” (productos de consumo alto y de fácil manejo). Pero si miramos las estadísticas estamos muy por debajo de las expectativas latinoamericanas, frente a naciones como Brasil, Argentina y Chile (do Nascimento, Calle-Collado, & Benito, 2020) en el uso de técnicas analíticas y aplicaciones tecnológicas como agricultura de precisión y modelos digitales geográficos son deficientes para mejorar técnicas de cultivo. Pero las estimaciones en Suramérica son dramáticas, el déficit del suelo agrícola es una alerta, más de 15 millones de hectáreas presentan prospección para ser cultivados pero la tenencia de la tierra, la desigualdad y los malos manejos han hecho que se pierda productividad en los suelos agrícolas, especialmente de un producto tan tradicional como el de la papa. Las demandas de alimentos tan altas de los mercados internacionales, han propiciado la deforestación de las áreas de reservas como paramos, humedales y hasta zonas ancestrales del territorio amazónico para la agricultura. Sin embargo, en Suramérica, hay que tener en cuenta que hay 13,4 millones de hectáreas que están subutilizadas y 45,4 millones de hectáreas el 66% del suelo se utiliza inadecuadamente, y 16,8 millones de hectáreas (37% del total) presentan sobreutilización (Pajín & Zaragoza, 2016).

El aspecto normativo juega un papel primordial para analizar la problemática en el cultivo de papa, los páramos y su delimitación descritos en la Ley 1930 de 2018, cambiara las áreas de cultivo y otras actividades a conformar zonas de reserva forestal. Por ello dentro de las estrategias en la agricultura 4.0, es fundamental la actualización y maximización de espacio o terrenos campesinos, para lograr un rendimiento mayor en las zonas urbanas, los usos de suelos y actividades agrícolas en las regiones. La transformación digital y las nuevas tecnologías de información son claves en la formación y desarrollo económico de las comunidades vulnerables (Escobar Gómez, 2019). En Colombia la inversión en investigación debe ser creciente, en el desarrollo e innovación, especialmente en la seguridad alimentaria, en los proyectos especialmente con la bioeconomía y el capital natural.

En el CONPES 3975 referencia el cambio que debemos tomar en todos los sectores sociales y tecnológicos, la política nacional de transformación de inteligencia artificial y digital, expresa abiertamente el compromiso del gobierno para que todos se beneficien con la tecnología, la apuesta es dar una mirada fuera del campo de aplicación, sostenible inclusiva y ambientalmente responsable (Planeación, 2018). Sin embargo, cada sector tiene sus particularidades y, por lo tanto, los cultivos agrícolas, se están cambiando al manejo y análisis de la información, especialmente con Big Data y Analítica.

La seguridad alimentaria es clave en la utilización de nuevas tecnologías, la preservación dependerá de los tipos de cultivos y de los usos de suelos utilizados para la agroindustria y su eficiencia en la producción. Muchos cultivos como el de la papa, requieren suelos muy ricos en macronutrientes y micronutrientes, que limitan muchas veces la previsibilidad frente a las condiciones climáticas y la dosificación de parámetros necesarios para obtener un mayor rendimiento; especialmente por factores ambientales como variabilidad climática, plagas, patógenos del suelo entre otros (do Nascimento et al., 2020).

Actualmente algunos insumos agrícolas, tienen un valor elevado en el mercado y muchos son importados, y estos requieren cantidades altas de fertilizantes, lo que incrementa los costos directos a los agricultores. Muchas veces el agricultor por no conocer los parámetros y variables optimas, desperdicia producto y es ineficiente con los insumos generando un aumento del producto final. Con las nuevas posibilidades en la agroindustria 4.0, la recopilación y análisis de datos en tiempo real, todos estos problemas pueden tener una solución innovadora y traer nuevas perspectivas sociales agrarias, que permitan una precisión mucho mayor en la gestión de recursos, insumos y materiales. Los prototipos agroecológicos permitirán en teoría reducir estos costos que se trasladan directamente a los precios de los productos, con una eficiencia y utilización de TICs se podría optimizar los cultivos y mejorar la calidad de vida de los pequeños agricultores.

La agricultura en Choachí está orientada a la producción de plantas bioculturalmente adaptadas por la distribución de zonas térmicas, resultando, para las autoridades locales, ser este un modelo exitoso en sintonía con la política turística del territorio y en coherencia con la política del Distrito Capital para el uso de los recursos naturales, debido a los escenarios para la alimentación autóctonos y su influencia ambiental. El método CAS, también conocido como “crowdsourcing de sensores voluntarios” o “observatorios participativos de la naturaleza” busca posibilitar la generación de nuevas aproximaciones para la gestión de conocimientos e innovación, apoyándose en el compromiso social para incrementar la cantidad y calidad de la información que se puede reunir en torno a problemáticas definidas o de carácter específico y general. Esta alternativa se ajusta perfectamente a los ideales y capacidades dadas de la comunidad.

CONTEXTO DE LA AGROINDUSTRIA 4.0 EN EL CULTIVO DE PAPA

El aporte de la agroindustria 4.0 se vislumbra en el cultivo mecanizado en actividades como preparación de siembra, preparación de la tierra, siembra, aplicación de agroquímicos, maleza mecánica, riego, cosecha y almacenamiento de la papa, donde el uso de drones ha sido fundamental; acompañado de la implementación de diversos sensores en el análisis de suelo, cultivos, calidad, entre otros. Así mismo, mediante técnicas de Big Data y Data Mining en el análisis de un gran volumen de datos. Un segundo aporte relevante es el análisis de procesos para aumentar la eficiencia en las etapas y la toma de decisiones que conlleven a determinar el momento óptimo de utilizar agroquímicos, así como en la alineación de esta información de trazabilidad del producto, donde el uso de Blockchain nos ayuda a registrar todas y cada una de las interacciones que se dan con el mismo y puede compartirse con los usuarios en general, en tiempo real, garantizando que se están compartiendo datos reales e inviolables y que toda esa transacción realizada ha sido validada por una buena parte de los integrantes de la red.

Finalmente, entender un género de Arquitectura 4.0 en sistemas denominados como ciberfísicos o sistema ciberfísico, donde se enlaza un sistema digital con elementos considerados como físicos. Entre esta fusión nos encontramos con sistemas como la agricultura de precisión. Esta nace como un nuevo concepto en que las labores del agro han evolucionado gracias a la disponibilidad de sensores conectados a diferentes dispositivos que autoproducen gran cantidad de información que luego es procesada y transformada en decisiones prácticas que ahorran insumos y aumentan los rendimientos del campo.

CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LA AGROINDUSTRIA 4.0

Es importante tener claro que el desarrollo de tecnologías emergentes, en este caso, las TICs, vuelve obsoleto el modelo de la industria en términos de producción, concepto que se refiere a un conjunto de instalaciones o maquinarias que se usan para manufacturar un producto o realizar una actividad comercial. En general, estas tecnologías son engañosamente intuitivas, desarrolladas generalmente en la cuarta revolución industrial, también conocida como Agro 4.0, que incluye la robótica, la impresión 3D, el internet de las cosas, el machine learning, la electrónica cuántica, la bioimpresión, la agricultura inteligente, la trazabilidad, el blockchain, los drones, el big data, pruebas de concepto aplicadas en agricultura, los sistemas embebidos, los sensores, las redes inalámbricas, etc. están generando nuevas oportunidades de innovación y de desarrollo de bienes y servicios en los sectores de la comunicación y la información, en el transporte, la salud, la agricultura, la industria, etc.

En el sector agrícola, la adecuada utilización de las TIC podría generar importantes oportunidades que vayan más allá de automatizar labores manuales en la producción de alimentos. Por su parte, la Agroindustria 4.0 hace referencia a la aplicación que se le da a la cuarta revolución industrial por la cadena de las agroindustrias y, en especial, las características que se derivan por la aplicación de la I+D+I. El desarrollo de las tecnologías emergentes trae consigo la introducción de una gran cantidad de datos numéricos generados por los dispositivos sensores. Algunos ejemplos de estos datos se encuentran en bases de datos científicas con información de fenotipos, calidad de material de plantación; además, se están implementando muchos adelantos en aspectos técnicos.

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TICS) EN LA AGRICULTURA Y MARCO NORMATIVO

En los últimos diez y quince años, han ocurrido varios factores que han llevado a los procesos de agricultura a una nueva etapa, la Agroindustria 4.0. Uno de ellos es el cambio climático, es decir, un calentamiento global del planeta Tierra. Alcanzar una red de cooperación con socios afines en el mundo, fundamentada en líderes regionales, que conforman un líder global en la Agricultura de Precisión. Las políticas, estrategias, metodologías y servicios, creados con participación de instituciones y toda la comunidad, deben ser todos de manera gratuita, amigables con el ambiente y económicamente atractivos para los productores.

Este paradigma ha significado el acceso al productor a nuevos desarrollos tecnológicos de bajo costo en maquinaria, sistemas de información, colecta de información remota, sistemas autónomos de toma de decisiones en el cultivo y programados en ambientes descentralizados. A finales de noviembre de 2018, se firmó el acta de conformación del Comité de Coordinación Internacional de Agricultura de Precisión que

llevará adelante el Instituto Internacional de Agricultura de Precisión; el mismo surge del consenso de los actores presentes en la Asamblea, de estimular el intercambio de conocimientos entre empresas, entidades gubernamentales y grupos no gubernamentales, de modo de garantizar la equidad y libre competencia comercial en el sector y de contribuir al suministro de información vinculada con el desarrollo del mercado asociado al concepto de Agricultura de Precisión en el mundo. Podemos observar en la tabla 1 la normatividad frente a los procesos de sostenibilidad y mejoras del prototipo

Norma	Descripción
CONPES 3975	Política Nacional para la Transformación digital e inteligencia artificial en Colombia
Ley 1876 de 017	Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y se dictan otras disposiciones
Decreto 1076 del 2015	Decreto único del sector ambiental, código de los recursos naturales, manejo ambiental y desarrollo sostenible.
CONPES 3934	Política de Crecimiento verde, Economía Naranja plan de desarrollo
Ley 1731 de 2014	Por medio de la cual se adoptan medidas en materia de financiamiento para la reactivación del sector agropecuario, pesquero, acuícola, forestal y agroindustrial, y se dictan otras disposiciones relacionadas con el fortalecimiento de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (COPROICA)
Ley 811 de 2003	Por medio de la cual se modifica la Ley 101 de 1993, se crean las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, pesquero, forestal, acuícola, las Sociedades Agrarias de Transformación, SAT, y se dictan otras disposiciones.
Ley 607 de 2000	Por medio de la cual se modifica la creación, funcionamiento y operación de las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria, UMATA, y se reglamenta la asistencia técnica directa rural en consonancia con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología
La ley 1712 de 2014	Ley de transparencia y del derecho de tener acceso a la información pública.

Tabla 1 Marco normativo proyecto

Fuente: elaboración propia 2024

CIENCIA CIUDADANA Y SU APLICACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

La Ciencia Ciudadana implica la cooperación entre investigadores profesionales y no profesionales. Los proyectos de la CS han aumentado en la última década, principalmente gracias a las tecnologías de la información y la comunicación. En la investigación histórica centrada en cómo los agricultores gestionan el conocimiento de sus ecosistemas agrícolas, la CS ha sido llamada “agroecología indígena”; otras definiciones son etnoagroecología y agroecología participativa. De todas maneras, no dejamos de pensar que recopilar la información aportada por la ciencia ciudadana es muy fácil, sobre todo cuando ya hemos comentado que la responsabilidad de conocer y compartir el conocimiento termina siempre en manos de un pequeño grupo de investigadores que siempre resultan favorecidos de este trabajo.

La CS aplicada en temas relacionados con las ciencias agrícolas no se limita a “participar en la ciencia”, sino que su aplicación va más allá, enfocándose en varios aspectos de la educación y la investigación agrícola. De acuerdo con los primeros trabajos que se conocen con características propias de la Ciencia Ciudadana en el ámbito agrario son de los hermanos Lamothe entre los años 1833 y 1842 en Francia, quienes dejaron una serie de datos y publicaciones de carácter empírico, particularmente didácticas y prácticas. Desde entonces, se reconocen diversos espacios institucionales y comunitarios para extender los alcances de la socialización de la ciencia agropecuaria y ampliar la participación de los actores agrarios en la generación del conocimiento para el mejoramiento de sus condiciones de vida.

IMPORTANCIA DE LA CIENCIA CIUDADANA EN LA INVESTIGACIÓN AGROINDUSTRIAL

Mediante la reunión de múltiples fuentes de información, desde bases de datos de conocimiento para asegurar no duplicar el trabajo que otras disciplinas ya han adelantado, desde el saber de otros investigadores en los que existen aspectos coincidentes desde disciplinas diferentes, pero igualmente en el acceso directo a datos, en resultados de investigación y la restante protocolización experimental que se precisa para asegurar la calidad. También es un error desconocer la capa A2, los científicos y técnicos y la población potencialmente interesada en nuestros resultados. Tres puntos de vista han propiciado el nacimiento de la ciencia ciudadana: a) la necesidad de asistir a ejércitos de “neófitos expertos” (personal no profesionalizado pero competente desde el punto de vista cognitivo por sus habilidades técnicas y por ser usuarios avanzados de las tecnologías de la información); b) la creencia en una moderna política científica basada en el principio de la necesidad de ciudadanía, por el impacto de sus decisiones por la enorme repercusión económica de una mala gestión de la innovación y, c) la creencia en una moderna política científica basada en el principio de open innovation. El “fact checking” y la participación de la ciudadanía para favorecer la transparencia de las actividades financiadas con fondos públicos son absolutamente necesarios en cualquier ámbito, pero si la financiación se produce en áreas económicas, políticas e incluso religiosamente relevantes, aún es más.

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Este proyecto surge como una respuesta a los retos de sostenibilidad alimentaria que viven los habitantes del mundo y, en particular, de los habitantes del campo a nivel mundial, nacional y local. En efecto, los más recientes informes destacan la importancia de la ciencia ciudadana en el aporte de soluciones y en el conocimiento sobre el comportamiento de los sistemas agroalimentarios, con el fin de contribuir al desarrollo de mayor bienestar y equilibrio en el sistema, teniendo en cuenta a los agricultores como generadores de tecnología.

Por este motivo, el proyecto nace como una contribución a la evaluación de un prototipo de modelo basado en TIC y las tecnologías emergentes asociadas a la Cuarta Revolución Industrial, aplicado al cultivo de papa en un predio de las veredas del municipio de Choachí, Cundinamarca. Es una propuesta que plantea demostrar el creciente papel que los agricultores tienen como generadores de conocimiento y tecnología en procesos de 4.0. En esta línea, siguiendo la apuesta que lidera el grupo de investigación, se plantea un ejercicio de ciencia ciudadana, con el cual se busca generar procesos de interacción y participación de la comunidad campesina de la localidad. En el marco de este estudio, se contempla la investigación de las aportaciones, objetivos de los jugadores e interacciones que realizan, en particular con la plataforma que soporta este modelo, la que deberá evolucionar de manera diferente en función de las dinámicas visibles.

METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Para este proyecto se utilizó una metodología mixta, que parte de aproximaciones cualitativas de factores y aplicaciones agrícolas en sistemas de información geográfica, para generar aplicaciones de las variables tecnológicas referentes al manejo masivo de datos e información (especificaciones y requisitos) en el cultivo de papa (véase figura 1).

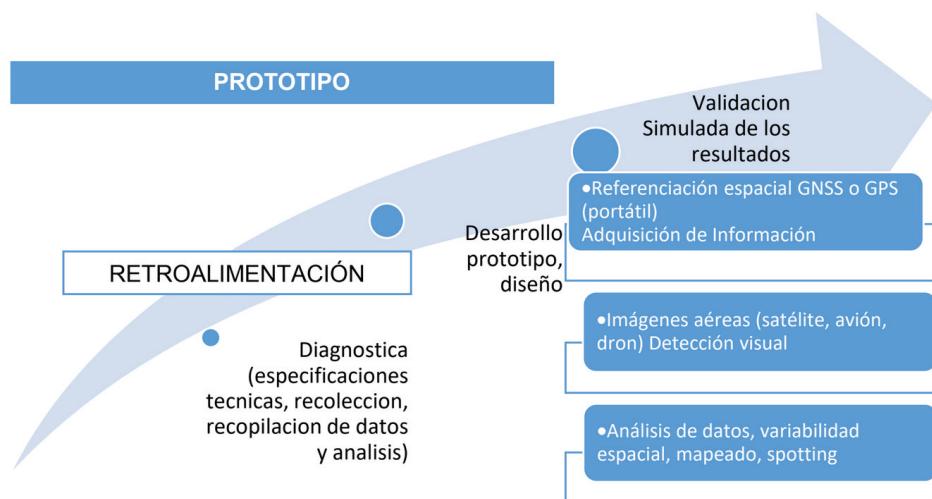


Figura 1. Fases de la metodología de Crecimiento Verde.

Fuente: (Howland et al., 2019)

Desarrollo de prototipo: A lo largo de este trabajo se realizó en primer lugar un proceso mediante el cual se evidencia el hecho u objeto de estudio, y luego se analizaron las causas y consecuencias posibles (mediante el uso de diagramas causa consecuencia); luego mediante la aproximación a las relaciones de tipo causa-efecto, apoyado en técnicas de análisis cuantitativas y estadística para lograr establecer un prototipo más adecuado para el manejo de los cultivos involucrados, especialmente el de papa en las veredas de Choachí, como la simbiosis con otros cultivos necesario como arveja y tomate.

El presente estudio se enmarca en investigación-acción participativa (IAP) y se desarrolla en seis fases: preparación, sensibilización, diagnóstico participativo, análisis participativo del diagnóstico e intervenciones, ejecución de las intervenciones y evaluación, reflexión y análisis crítico, para lo cual se utilizan recursos metodológicos participativos como el mapeo social y territorial, el calendario de cultivos, la línea de tiempo, entre otros. Ya que el proyecto busca generar conocimiento, se trabajará en la construcción conjunta de las diferentes partes del modelo, en el cual cada elemento expondrá su realidad para identificar espacios de cambio que permitan una retroalimentación y aprendizaje para el mejoramiento del mismo. Este trabajo se llevará a cabo mediante ejercicios de construcción de escenarios con cada parte interesada. También se plantea el uso de herramientas TIC para la recopilación de información de diferentes sensores que serán ubicados en la parcela, generación de big data y propuestas de analítica de datos.

En la primera fase del proyecto se realiza un mapeo social, agrológico y territorial del cultivo de papa en el área de interés, gestión que permitió identificar una zona que cumple los requisitos de área y altitud para el cultivo de papa única y a su vez cuenta con una propiedad que puede ser objeto de estudio.

DISEÑO DEL ESTUDIO Y ÁMBITO GEOGRÁFICO

El enfoque de investigación de ciencia ciudadana propone la participación efectiva de la comunidad en los procesos que se llevan a cabo dentro del proyecto, no solo para el procesamiento de datos, sino también para el diseño y desarrollo de la investigación. En este sentido, a medida que la comunidad va tomando posición activa dentro de esta planificación, se pueden conocer sus necesidades y problemáticas de índole variada, como sociales, económicas, agroindustriales y de divulgación científica, las cuales contribuirán a potencializar el cambio o la innovación en el bienestar del territorio. Por ello, en varios casos, los participantes de este tipo de iniciativas se encuentran entre el segmento de la población que reside o se desempeña en alguna actividad en el territorio donde se enfoca el proyecto, en este caso, la Victoria y el Pulpito. La investigación se llevará a cabo aquí, ya que es un lugar propicio para la agroindustria de la papa, ya que su ubicación aporta condiciones muy particulares, está en una zona de esplendor, cuenta con agua en abundancia y riega todos los cultivos de la vereda, rodeada por dos ríos que surten de pesca a la vereda. Entre otros atractivos, está muy cerca de toda la capital, brindando así la posibilidad de llevar productos de excelente calidad a un gran mercado. Los habitantes de la vereda están convencidos de trabajar en equipo, convivencia, respeto y humildad con el medio ambiente, siendo las prácticas agrícolas y pecuarias de los agricultores las que han permitido una mejor comprensión de la variabilidad agroclimática en la vereda, como resultado de sus observaciones históricas, y a su vez presentan adelantos tecnológicos basados en la intuición, ensayo y error.

RECOLECCIÓN DE DATOS Y MUESTRAS EN EL CAMPO

En el marco del pilotaje de campo en las veredas, en dos áreas dentro del polígono de estudio están cultivadas con papa, donde campesinos realizan una cosecha el 31 de diciembre, por lo cual decidieron recoger las primeras muestras el 27 de agosto para analizar los suelos y conocer la oferta actual. Posteriormente, sembraron dos hectáreas con dos diferentes variedades de papa, Parda Pastusa y Pastusa Suprema a las cuales los campesinos aplican sus conocimientos: reacciones y calendarios según las plagas y enfermedades de cada especie, análisis de laboratorio nutricional y suelos para desarrollar un fertilizante de origen europeo y computación para direccionar elementos químicos específicos para aumentar el rendimiento de la planta. Aplicaron estos mismos recursos didácticos para desarrollar un manual de siembra recomendando una dosis de semilla de 1,000 a 1,600 kilos por hectárea con el fin de recibir entrenamiento práctico para participar en el piloto.

ANÁLISIS DE DATOS Y MODELADO

Una base de 35 datos permite determinar cuáles son las cuadrículas con mayor temperatura y, por ende, cuáles son potenciales focos de aparición de la enfermedad. La importancia de estas cuadrículas radica en que, a pesar de que cuentan con las condiciones térmicas para la aparición del tizón, la temperatura que supera los 20 °C de las cuadrículas notificadas es un indicador un poco confuso, ya que no cumplen con el rango térmico de 20 a 25 °C, que es óptimo para el desarrollo de este. Esto claramente muestra el crecimiento del cultivo en etapas de la cosecha o etapa fisiológica similar; sin embargo, no permite viabilizar que desde estas cuadrículas se propague la enfermedad a las zonas ubicadas por encima. Por ejemplo, si se sumara la zona del “alto” (cuadrículas ubicadas por arriba de los 2600 msnm), se tendría un panorama del punto a analizar.

La presencia de especialistas y entomólogos que aportarán con su conocimiento a la iniciativa generando conocimiento conjunto, los puntos de monitoreo y registro fitosanitario del cultivo a través del ciclo del mismo (el cual consta de 3 partes: pre-cosecha, cosecha y pos-cosecha) deben poseer los datos correspondientes a 1. óptimo estado fisiológico del cultivo y 2. estado fisiológico con problemas asociados (pre-cosecha como enfermedades, plagas, malezas, enfermedades fisiológicas, nutricionales, mecánicas; 2. cosecha: priorizando que se estará recogiendo de un lote “exclusivo” y 3. pos-cosecha: presentación de las condiciones de calidad y duración, así como del valor que adquiere el producto por cantidad para poder realizar un rastreo económico al mismo).

En primer lugar, se identificó mediante revisión bibliográfica, y datos suministrados y almacenados los componentes y variables para el desarrollo del proyecto, en segundo lugar, mediante el uso de diagramas causa-efecto el modelamiento de causalidad frente al problema de investigación, una vez identificadas estas variables y mediante el uso de herramientas como “Data Analytics”, algoritmos estadísticos, consultas analíticas, sistemas de información geográfica y técnicas de “Machine Learning”. El proyecto actualmente está en la fase 1 pero se está desarrollando fase2 y 3.

Fase 1 Diagnóstica, especificaciones técnicas, recolección y recopilación de data: Es muy importante los datos iniciales del proyecto, especialmente de la Corporación Autónoma Regional CAR, Instituto de hidrología y meteorología IDEAM, alcaldía municipal y planeación local. Con el compromiso y normatividad de datos abiertos del sector.



Figura 2. Área de estudio

Fuente: Autores 2024

Fase 2 Desarrollo del prototipo y diseño, formulación del modelo, análisis de datos y tratamiento información, análisis causal, el procesamiento con software estadístico y geográfico como SPSS, R, PRO -Arc o Qgis, que permiten el análisis de algoritmos estadísticos y el modelamiento de data análisis.

Fase 3 Validación y resultados. Con los parámetros y algoritmos se planteará la simulación para la optimización de la siembra y cultivo de la papa en la geografía dada.

RESULTADOS PRELIMINARES

Como resultados iniciales se implementaron los modelos sistematizados en la agricultura en el área de Choachi, Cundinamarca, con un valor agregado en las operaciones comunitarias y de logística necesarias en los mercados emergentes. Por otro lado, los agricultores locales chiguanos están generando ventas adicionales con los sistemas de información especialmente SIPRA pueden utilizar los recursos invertidos, en los procesos más exactos y precisos que generen menos costos y más ingresos. La problemática de la venta minorista en toda la cadena de valor sería más eficiente si los productores crearan cooperativas campesinas que generaran mayores rendimientos y utilidades, sin que

tuvieran tantos intermediarios para vender sus productos. También se obtuvieron ventajas de información a partir de los datos de los cultivos en tiempo real, como necesidades fitosanitarias, prospección foliar o crecimiento reticular. Los efectos de la estructuración en Big Data en las cadenas de valor en el sector agroalimentario, aún no se pueden anticipar por completo a los cambios climáticos, heladas, plagas, por ejemplo. Esta problemática es de importancia central en Cundinamarca, este modelo podría replicarse a otros municipios y otros cultivos, dada las condiciones competitivas y los nuevos modelos de innovación que prevalecen en el uso de tecnologías, especialmente en sectores con importaciones de papa, que en los últimos años empobrecen el campo y generan desempleo. En el mercado nacional, la calidad y los usos de recursos de nuestras comunidades serían más sostenibles, ganarían más, sus utilidades a corto y largo plazo se pueden expandir en las redes de trabajo que actualmente tienen en el municipio (véase figura 3).

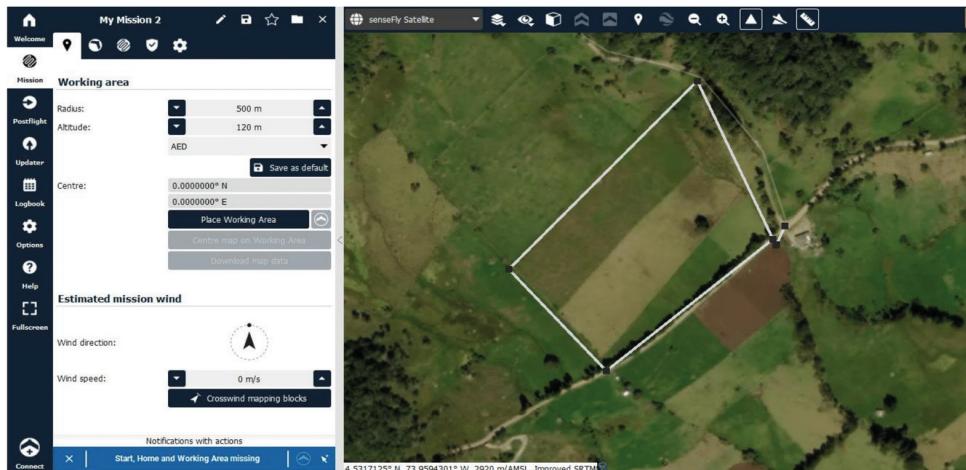


Figura 3. Mapeo del cultivo

Fuente: Autores 2024

En la sostenibilidad agraria chiguana, los campesinos son actores dentro de la cadena de valor del mercado (gestión de recursos humanos, logística, operaciones y ventas), desde la producción hasta la venta final. Por ello los agricultores deben afrontar el reto de las expectativas cambiantes frente al rendimiento de productos químicos, fertilizantes, nuevas tecnologías y los insumos utilizados en sus cultivos. En los últimos años esta resistencia al cambio ha generado presión para la implementación de las Tics agrícolas, por la adaptación a nuevas formas tecnológicas (véase figura 4).

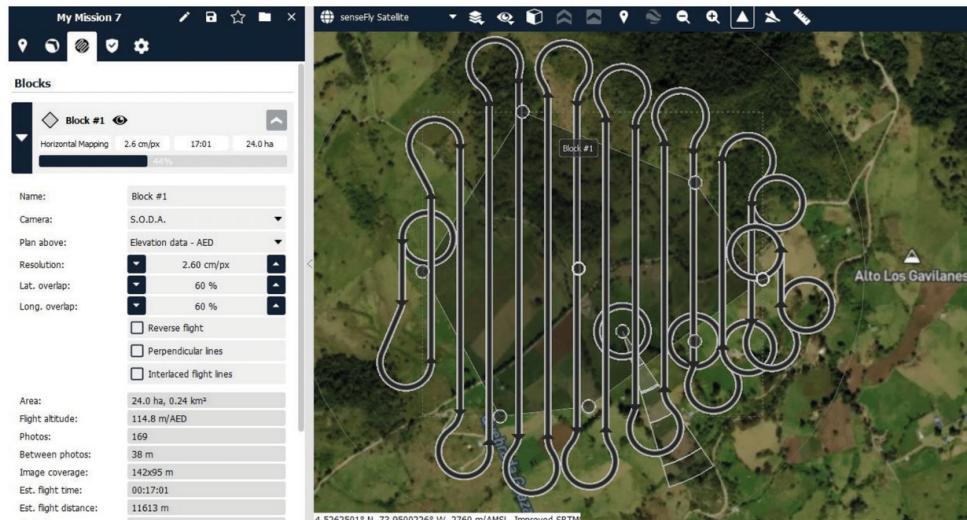


Figura 4. Delimitación de ruta dron sensores remotos

Fuente: Autores 2024

En el prototipo se recolectan las variables mencionadas a través de TICs en la zona diagráfiada utilizando una estación de radiomonitoreo del IDEAM, conectada a la plataforma. Toda la información recopilada se almacena y procesa a través de la base de datos ofrecida por el modelo. La lectura de imágenes, radiancias, reflectancias y otros indicadores se hace a través del dron quadricóptero, con cámara híbrida RGB y NIR. La imagen recolectada por el quadricóptero, además de ser rastreada luego de su despliegue, pasa por un pre-tratamiento para compensar factores atmosféricos que optimizan un procesamiento posterior con el fin de pesquisar índices de reflectancia de la imagen, que finalmente, después de procesarla, se guardan en la plataforma. Esta última también proporciona datos a través de su programación de fotografías aéreas tomadas con sistema de vuelo autónomo y GPS.

La retroalimentación con productores y miembros de la comunidad es permanente y mensual a través de las actividades de educación técnica y de la información almacenada en labores de campo y a través del proceso de aplicación a tecnologías de la información específicas a la explotación de datos de investigación. Tales serán las bases para la posibilidad de conectar otros proyectos de nación y caracterización de semillas que serán desarrollados en el corregimiento, gracias a un acuerdo de voluntades entre los habitantes de la vereda.

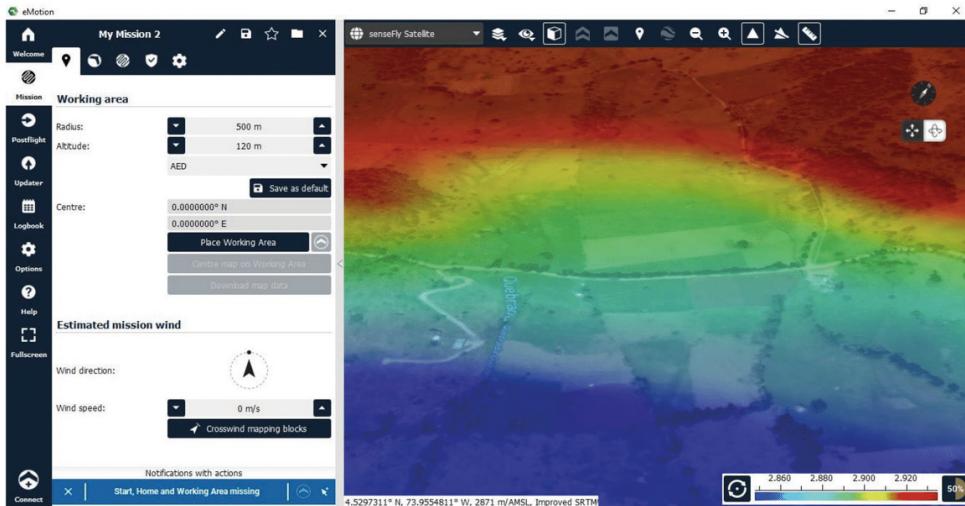


Figura 5. Pendientes de ruta dron sensores remotos

Fuente: Autores 2024

Generación de la ubicación y los nodos que lo conforman. A partir de la información de la ubicación de la finca, se generó un modelo en 3D de la finca y de los nodos sensores que se implementaron. Adicionalmente, se recolectó información sobre los cultivos presentes en cada parcela, además de las distintas características de cada una, como el área, antigüedad y presencia de tundes; asociando el inicio y el final del cultivo a las fechas establecidas en el calendario de muestreo. La codificación representó la implementación de la arquitectura de red de sensores inalámbricos y la utilización de plataformas de código abierto, prestando mayor atención a la recolección de datos de las variables de la sección Agricultura 4.0.

En marzo de 2024, se realizaron los primeros experimentos para verificar la viabilidad de implementación de nodos sensores en el cultivo de papa. Se implementó una primera versión. Adicionalmente, la toma de fotografías aéreas se realizó utilizando un dron, equipado con una cámara de 12 MP con GPS incorporado, la cual registra automáticamente ubicación, espacio aéreo y brújula electrónica. Para la provisión de un mapa NDVI, se utilizaron las fórmulas de la sección anterior, con la respectiva calibración de los valores promedio y la obtención de un mapa con escala de acuerdo a esta normalización. Por último, para promover el proyecto, se realizaron reuniones de grupo en la finca y se utilizaron redes sociales para su promoción; además de la creación de un formulario de registro de iniciativas que inviten a la financiación colectiva de este tipo de proyecto.

DISCUSIÓN

El trabajo aquí presentado resulta de un proceso de ciencia ciudadana con la comunidad de Choachí, Cundinamarca, en el cual se identificaron problemas asociados a la implementación de las TIC y la Cuarta Revolución Industrial en el sector agrícola, específicamente con el cultivo de papa. A través de un modelo participativo con la comunidad, se identificaron las necesidades y se propusieron posibles soluciones a las falencias asociadas a la Agricultura 4.0 en el municipio. Algunas de estas actividades se realizan en Bogotá D.C. o en otras partes de la región altiplánica Cundibogotana. Otro problema es que el material obtenido durante la caracterización agrometeorológica, hidrometeorológica y edafológica no se encuentra sistematizado y georreferenciado; tampoco es aprovechado por investigadores y profesionales, lo que genera una subutilización de recursos y frecuentemente los datos obtenidos se pierden.

La Cuarta Revolución Industrial ha incluido a la Agricultura 4.0 para mejorar las condiciones y procesos de producción agrícola, a través de la implementación de TIC y el uso de nuevas tecnologías de procesamiento de información automatizada. El municipio de Choachí, Cundinamarca, está caracterizado por producir principalmente hortalizas como la lechuga, la zanahoria y la papa, siendo los cultivos que aportan un mayor capital social al municipio. Sin embargo, varios problemas estructurales y coyunturales han limitado el desarrollo agroindustrial, entre los cuales se destaca el precio de los alimentos. Aunque se ha hecho un esfuerzo por parte del sector agropecuario para disminuir las falencias en la infraestructura física y la implementación de tecnologías, la productividad sigue siendo limitada. Entre las razones principales se destacan la falta de educación en la aplicación de tecnología, no solo de punta sino de la misma existente; un idealismo asociado a la tenencia de la tierra que aún persiste, por no existir una organización gremial que proteja a los agricultores del centralismo y de las grandes exportadoras, entre otras.

HALLAZGOS PRINCIPALES DEL ESTUDIO

El prototipo de la ruta de conocimiento esbozado en este trabajo unificó diferentes dimensiones del contexto relacionado con la producción de papa en Choachí, en busca de comprender la problemática deseada y proponer una solución desde la ciencia ciudadana. Al incluir la dimensión social, se buscó, por un lado, integrar el estudio en el contexto general del lugar y, por otro, evidenciar que investigar problemas rurales requiere no solo de un enfoque multidisciplinario, sino también buscar distintas fuentes de conocimiento. Hubo varias sorpresas en el recorrido con respecto a la normativa y la apropiación tecnológica con la que cuenta el amplio tejido social de la cabecera municipal. Por ejemplo, de la conjeta inicial elaborada por los coinvestigadores acerca de si la gente conocería que los productores de papa de Choachí no están utilizando una de las mejores prácticas poscosecha, se pasa a descubrir que ellos sí conocen la existencia del problema, donde no solo saben que existe un doble tratamiento tóxico en el tubérculo verde, sino que también se detectan daños colaterales en el lapso que sigue hasta que el productor llega a manejar nuevamente su cultivo; involuntariamente lo echa a perder. De esta manera, diversos actores han emprendido valientes antídotos, pero todos han sido infructuosos.

Con respecto a la utilidad de pensar y esbozar rutas, tanto para estudiantes como para grupos de estudio, la estrategia resultó útil al unificar de forma comprensiva los saberes involucrados en la realización de un proyecto de investigación de alto impacto. La heurística de desarrollo del proyecto a través de 14 componentes permitió, a la par, la mejor negociación de las diferentes posturas, además de la profundización en cada una de ellas y su operacionalización.

COMPARACIÓN CON MÉTODOS TRADICIONALES DE CULTIVO

El monitoreo de enfermedades y plagas en los sembrados de papa siguiendo la estrategia propuesta, arroja muy buenos resultados, cuando estos se comparan con la metodología de monitoreo tradicional establecida hacia escala gráceras para cultivos medios y grandes. Para cultivos en escala familiar, o unidades de producción con aproximadamente $\frac{1}{4}$ de ha. de papa, resultado comparado en el municipio de Choachí, el monitoreo de enfermedades no resulta rentable o por lo menos con la metodología propuesta que utilizó el apoyo de TICs y la retroalimentación directa de un especialista, el cultivo debió entrar a finales de mayo en régimen de quema de follaje, es decir 8 días antes del momento en que el cultivo ingresó a la misma para el primer monitoreo y 58 días antes del momento actual. Para la plaga principal del cultivo de papa: el gusanillo de los tubérculos, no se hace necesario ni el monitoreo ni la aplicación de tratamientos químicos en los cultivos monitoreados.

Con relación a los beneficios socioeconómicos directos que le puede dar la aplicación oportuna de tratamientos a enfermedades como el tizo y la sarna, aunque se tienen los promedios de reducción de los costos, los cuales oscilan entre los 60 y los 540 por hectárea, estos se pueden dar en un rango muy amplio porque dependerá del manejo del cultivo que el agricultor le ha dado a su cultivo y como resultado del monitoreo de estas enfermedades, quiera o no activar el control químico, por ejemplo, en el caso estudiado: El agricultor que tiene un cultivo de papa de 10.000 m² (1 ha), realiza cuatro aplicaciones en su cultivo con el siguiente costo inicial antes de transportar el producto para aplicarlo en el cultivo y de asperjarlo.

Granfort triciclamol 375 CS es un producto que según su etiqueta cuesta, es decir, por metro cuadrado. 2,4 D Amna Sal DI Campañas Costó del producto que en 1.940 ml para campaña cuesta. Herbicida Biacaram preparado WG pulex es un producto que cuesta. El fertilizante Moregro NP 20. 20 sacos del producto. Sulfato Ge Anquq, Barrio.

El especialista ya había indicado personalmente a la asociación que aplicaría con cada aplicación el SIGUE. Sin embargo, el interprete tradicional fue asperjando. A diferencia de las enfermedades, la extracción de rasgos tecnológicos puede ser muy útil. Propuestas para mejorar las ciencias agrícolas, que permiten hacer precisiones y a tiempo en la agricultura, quien sabe cómo se completa la verificación. En este contexto, se requiere innovación y se debe evaluar el impacto de las intervenciones, ya que muchos avances en tecnología están relacionados con la misión de este ítem.

IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD Y SOSTENIBILIDAD

Los datos recopilados de todos los agricultores participantes mostraron un incremento muy significativo en la productividad y mayores períodos debido a un mejor manejo técnico en la producción, contribuyendo a la economía de sus hogares, calidad y vida útil del producto. Los agricultores enfocados en comercializar sus recolecciones tuvieron mayores ingresos con relación a años anteriores, obteniendo así resultados positivos en términos anuales. Tanto la oferta del producto de papa criolla como la demanda de los pedidos por parte de empaques cumplen con todas las especificaciones requeridas.

Asimismo, los productores lograron articularse con un empaque importante para la región y con una reconocida empresa exportadora y participar en dos subastas de papa. Los exportadores están satisfechos con la calidad, presentación y automatización de las variedades que están en poscosecha, en especial por el tamaño de las papas que cuentan con una muy buena tolerancia en poscosecha. Para todas se emplean métodos tradicionales de siembra y se observa producción de acuerdo con el esfuerzo técnico. Es importante resaltar que las fincas pequeñas pese al bajo rendimiento, se evidencia el marcado interés en la producción para subsistencia y en el mejoramiento de su huerta de árboles frutales.

CONCLUSIONES

Muchos agricultores pequeños especialmente en el área de estudio Choachí El Pulpito y La Victoria, sus modelos tradicionales están actualmente dañando, erosionando los suelos, y gastando elevadas sumas de dinero en insumos agrícolas. Solicitan ayuda para poder seguir con sus procesos productivos y no invadir zonas protegidas. Para ello el gobierno implementó otras estrategias como el pago de servicios ambientales y subsidios a los agricultores, pero estos no son suficientes para subsanar adecuadamente los modelos de seguridad alimentaria de la zona de Cundinamarca.

Los desarrollos en TICs (tecnologías de información y comunicación), y SIG (sistemas de información geográfica) son similares en sectores productivos de la economía, pero están creciendo a diferentes momentos y velocidades según la inversión estatal. Esto también se aplica para el plan de desarrollo en el componente tecnológico que es un factor decisivo en la competitividad, donde las variables inclusivas, jugarán un papel en la participación de una economía emergente basada en los objetivos del desarrollo sostenible ODS. Por ejemplo, cambios estructurales en el mundo del trabajo debido a la creciente exponencial de información y la mejora constante del análisis de giga datos, de vital importancia en los mercados agrícolas internacionales. Los países como el nuestro en vía de desarrollo les apuestan a sectores antes inexplorados como la economía naranja, economía verde y circular.

Las TICs en la agroindustria 4.0 son un factor clave para aumentar la eficiencia y optimización en la producción. En esencia, esta es una estrategia de las muchas que nos trae el Plan de Desarrollo, trata de mejorar la calidad de los cultivos y la sostenibilidad ambiental por medio de herramientas tecnológicas. Pero esta también busca, la interconexión inteligente de los procesos de producción agraria, en toda la cadena de valor. El control de estos procesos de producción en red también debe basarse en los intereses de los consumidores y la sociedad. La clave de las nuevas tecnologías 4.0 en el campo es la utilización de herramientas significativas que con el tiempo mejoren y optimicen los procesos agrícolas. La era 4.0 es una realidad, el sector agrícola está incluido, para Colombia tendrá un gran valor económico y social, en el incremento de la rentabilidad de los cultivos, su calidad, cantidad y optimización en los próximos años.

Ciencia Ciudadana en Choachí. Este estudio sobre el cultivo de papa en Choachí se convierte en un hito en el municipio, en la medida en que es el primer ejercicio de enseñanza-aprendizaje sobre este cultivo a partir del aprovechamiento de TIC, se implementa un modelo basado en TIC y la agroindustria 4.0. Se conformó una red de personas con interés en participar en este tipo de actividades en el municipio, cuya etapa de seguimiento y control posterior da cuenta de una continuidad en los ejercicios y actividades relacionadas con el proyecto en Choachí.

Puesta en marcha de la agroindustria 4.0 en el cultivo de papa. Se identifica el potencial de echar a andar, a nivel comunitario, la agroindustria 4.0 en el proceso de cultivo del tubérculo mencionado a partir del prototipo implementado. Se generan oportunidades en la incorporación de nuevas tecnologías en el proceso de comercialización del manejo de la papa, y se abre un espacio para la discusión alrededor de la agroindustria 4.0 aplicada a la agricultura en general y, específicamente, al cultivo de la papa de la región.

Generación de conocimientos acerca del cultivo de papa en la región. Mediante el prototipo y las actividades de capacitación, se reunió información sobre el cultivo de papa en las veredas de Choachí y sus alrededores, lo que contribuye a generar conocimiento sobre el tema en la región a partir de los datos recolectados; se asiste al fortalecimiento de una propuesta de ciencia ciudadana que nace en la localidad chiguata, pero con la posibilidad de ser escalable hacia otros municipios de la región y el país.

REFERENCIAS

- Bello-Orgaz, G., Jung, J. J., & Camacho, D. (2015). Social big data: Recent achievements and new challenges. *Information Fusion*, 28, 45–59. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2015.08.005>
- Caro, J. V. (2011). Cronología para una Historia del Turismo de Bogotá D.C. *Cronología Para Una Historia Del Turismo de Bogotá D.C.*, (c), 2–6.

do Nascimento, F. S., Calle-Collado, Á., & Benito, R. M. (2020). Social and solidarity economy and agroecology in family agriculture cooperatives in Brazil as a form of development of sustainable agriculture. *CIRIEC-España Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, (98), 189–211. <https://doi.org/10.7203/CIRIEC-E.98.14161>

Escobar Gómez, J. A. (2019). El futuro es de todos. *Cultura Educación Y Sociedad*, 10(1), 79–91. <https://doi.org/10.17981/cultedusoc.10.1.2019.06>

Fan, C., Xiao, F., Madsen, H., & Wang, D. (2015). Temporal Knowledge Discovery in Big BAS Data for Building Energy Management. *Energy and Buildings*, 109, 75–89. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.060>

Garcia-garcia, M. J., Christien, L., & García-escalona, E. (2020). Sensitivity of green spaces to the process of urban planning . Three case studies of Madrid (Spain). *Cities*, 100(December 2019), 102655. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102655>

Giran, R., Vargas, H., & Osta, K. (2008). Propuesta Metodológica Para El Análisis De Competitividad Empresarial En La Pequeña Y Mediana Agroindustria Methodological Proposal for the Analysis of Managerial Competitiveness in the Small and Medium Alimentary Agroindustry. *Revista de Ingeniería Industrial*, 7(1), 1–14.

Gonzalez, L. C., Manzano, J. S. T., & Tabaco, B. H. (2020). Caracterización del agua de riego en 90 fincas propuestas para 18 modelos agroecológicos en Norte de Santander, Colombia. *Inge Cuc*, 16(2). Retrieved from <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/2841>

Gualdrón De Aceros, L., Barbosa Chacón, J. W., & Vásquez Cardozo, C. A. (2010). La perspectiva semiótica como base para la construcción curricular. Una apuesta de la UIS hacia la formación regional en agroindustria. *Revista de Pedagogía*, 31(89), 277–306.

Jiménez López, A. F., Salamanca, J. M., ... Acevedo Pérez, O. E. (2015). Crops Diagnosis Using Digital Image Processing and Precision Agriculture Technologies. *Inge CUC*, 11(1), 63–71. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.11.1.2015.06>

Kerski, J. J. (2003). The Implementation and Effectiveness of Geographic Information Systems Technology and Methods in Secondary Education U-k lh 1 hl h.

Kumar, A., Sangwan, S. R., & Nayyar, A. (2020). *Multimedia Big Data Computing for IoT Applications*. Springer (Vol. 163). <https://doi.org/10.1007/978-981-13-8759-3>

Lizarazo Salcedo, I. A., & Alfonso Carvajal, O. A. (2011). Aplicaciones de la agricultura de precisión en palma de aceite “ Elaeis Guineensis ” e híbrido O x G Precision Agriculture Applications in the Cultivation of Elaeis Guineensis and Hybrid O x G Oil Palms. *Revista de Ingeniería ISSN 0121-4993*, 33, 124–130.

Luque, A., Peralta, M. E., de las Heras, A., & Córdoba, A. (2017). State of the Industry 4.0 in the Andalusian food sector. *Procedia Manufacturing*, 13, 1199–1205. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.195>

Ministerio de Agricultura. (2016). Manual De Usuario Del Sistema De Información Para La Planificación Rural Agropecuaria - Sipra.

Ministerio de Agricultura. (2019). Informe de Rendicion de Cuentas 2018-2019.

Moreira, F. M. (2019). EditorialAgricultura Familiar 4.0. *RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais Para Agricultura Familiar*, 5(1), 6.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, & Agencia de Desarrollo Rural. (2019). Plan Integral de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial Tomo II. *First (Fao-Ue)*, II, 728.

Orozco, Ó. A., & Llano Ramírez, G. (2016). Sistemas de Información enfocados en tecnologías de agricultura de precisión y aplicables a la caña de azúcar, una revisión. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 15(28), 103–124. <https://doi.org/10.22395/rium.v15n28a6>

Pajín, L., & Zaragoza, F. M. (2016). Conexión global y local de la Agenda 2030, 7–13.

Palmieri, F., Fiore, U., Ricciardi, S., & Castiglione, A. (2015). GRASP-based resource re-optimization for effective big data access in federated clouds. *Future Generation Computer Systems*, 54, 168–179. <https://doi.org/10.1016/j.future.2015.01.017>

Peralta, N. R., Barbieri, P., Gowland, T., Aparicio, V., & Costa, J. L. (2015). AGRICULTURA DE PRECISIÓN : DOSIS VARIABLE DE NITRÓGENO EN CEBADA PRECISION AGRICULTURE : VARIABLE RATE NITROGEN IN BARLEY). Dadas estas condicio- Precisión (AP). La AP se define como la aplicación de tecno- tempor. *Ciencia Del Suelo*, 276(7620), 131–137. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84947435308&partnerID=40&md5=d108ee436f3db093b4792223032d3505>

Planeación, D. N. de. (2018). CONPES-3934-Política de Crecimiento Verde. *Departamento Nacional de Planeación*, 114. Retrieved from <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3934.pdf>

Ramírez, C. (2011). 2011 Retos de la ingeniería para el desarrollo tecnológico de la agroindustria, 88–98. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_serial&pid=0121-4993&lng=en&nrm=iso

Rodríguez, Á. M., & Corrales, J. C. (2016). Adaptación de una metaheurística evolutiva para generar árboles enrutadores en una red de sensores inalámbricos del contexto de la agricultura de precisión. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 15(29), 63–80. <https://doi.org/10.22395/rium.v15n29a4>

Solaque, L., Sanchez H, G., & Riveros G, A. (2019). Control de velocidad traslacional y orientación de un robot dedicado a agricultura de precisión. *Revista Politécnica*, 15(28), 9–19. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n28a1>

Vasanthi, G., & Devi, B. R. (2018). Pragmatic Enhanced Density-Based Algorithm for Big Data Analytics. *International Journal of Recent Research Aspects*, (April), 196–202. Retrieved from <http://proxy.lib.sfu.ca/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=130697679&site=ehost-live>

Vergara-Camus, C. K. y L. (2019). La cuestión agraria y los gobiernos de izquierda en América Latina. Campesinos, agronegocio y neodesarrollismo. *Reseñas*, 236–239.

Virginia, R., Ortiz, O., Mundó, J., & Lusitano, J. (2002). Metodología para la Creación de Sistemas de Información Geográfica en Transporte para la Planificación y la Gestión urbana. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 12(34), 303–320.

Yunda, J. G., & Sletto, B. (2020). Densification , private sector-led development , and social polarization in the global south : Lessons from a century of zoning in Bogotá ☆. *Cities*, 97(December 2019), 102550. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102550>