

Vargas, Laura. González, Lina. Molina, Sebastián y Ávila, Julián (2022). Implementación de la agricultura de precisión a través del desarrollo de sistemas productivos en áreas protegidas o de conservación para optimizar la producción de cultivos. Una revisión sistemática de literatura. Cuaderno Activa, 14, 65-77.



# Implementación de la agricultura de precisión a través del desarrollo de sistemas productivos en áreas protegidas o de conservación para optimizar la producción de cultivos. Una revisión sistemática de literatura

*Implementation of precision agriculture through the development of production systems in protected or conservation areas to optimize crop production. A systematic literature review*

Laura Rocío Vargas Martínez<sup>1</sup>, Lina Teresa González Álvarez<sup>2</sup>, Sebastián Molina Bayona<sup>3</sup>, Julián David Ávila Cubides<sup>4</sup>

Recibido: 2/12/21 Aprobado: 2/11/22 Publicado: 18/12/2022

**Resumen:** Hacer una búsqueda literaria en la cual se plantea la visión satelital con la implementación de drones en función de herramientas complementarias utilizadas en zonas de conservación es de significativa importancia en el adelanto de la tecnología en zonas de difícil acceso y, también, de especial importancia ecosistémica y funcional en general, donde la participación de drones como sistema de supervisión constante apoyado por sistemas satelitales ha permitido una integración de diagnósticos más rápidos. En las revisiones bibliográficas se ha establecido la aplicación de la fotogrametría en sistemas de diagnóstico de cultivos, así como en la formación

de mapas, los cuales sirven en la estimación de usos de suelos, y de tipos de cultivos y sistemas de mejoramiento ambiental en función de sistemas sostenibles. Por otro lado, tras la declaratoria que se ha llevado a cabo en la Serranía de las Quinchas (SIRAP), se reconoce como una zona no solo de conservación sino también de protección, donde se practican sistemas agrícolas tradicionales para consumo y generación económica. La revisión sistemática de literatura (RSL) en esta investigación busca proporcionar respuesta a cada uno de los asuntos de investigación formulados, por medio de la recolección de publicaciones de las plataformas de datos de Scopus y Science Direct.

1 Autor correspondiente: Universidad Santo Tomás. Colombia, sede Tunja. [laura.vargasm@usantoto.edu.co](mailto:laura.vargasm@usantoto.edu.co).

2 Autor correspondiente: Universidad Santo Tomás. Colombia, sede Tunja. [lina.gonzaleza@usantoto.edu.co](mailto:lina.gonzaleza@usantoto.edu.co).

3 Autor correspondiente: Universidad Santo Tomás. Colombia, sede Tunja. [sebastian.molina@usantoto.edu.co](mailto:sebastian.molina@usantoto.edu.co).

4 Autor correspondiente: Universidad Santo Tomás. Colombia, sede Tunja. [julian.avilac@usantoto.edu.co](mailto:julian.avilac@usantoto.edu.co).

**Palabras clave:** Agricultura de precisión, Serranía de las Quinchas, revisión bibliográfica, conservación, cultivos.

**Abstract:** Do a literary search, in which the satellite vision with the implementation of drones based on complementary tools used in conservation areas is proposed. It generates a significant importance in the advancement of technology in areas of difficult access and of special ecosystem and functional importance in general; where the participation of drones as the constant supervision system supported by satellite systems, has allowed an integration of faster diagnoses. In bibliographic reviews, the application of photogrammetry in crop diagnostic systems has been established, as well as in the formation of maps which serve in the estimation of land uses, as well as types of crops and environmental improvement systems in role of sustainable systems. On the other hand, after the declaration made by the Serranía de las Quinchas (SIRAP), it is known as an area not only for conservation but also for protection, where traditional agricultural systems are practiced for consumption and economic generation. The systematic literature review (RSL) in this research seeks to provide an answer to each of the research questions formulated, through the collection of publications from the Scopus and Science Direct data platforms.

**Keywords:** Precision agriculture, Serranía de las Quinchas, literature review, conservation, crops.

## I. Introducción

Durante los últimos años, el suelo ha estado altamente expuesto debido a la intensificación de prácticas como la agricultura, la silvicultura, el pastoreo y, de una u otra manera, la urbanización [1]. En el caso de la agricultura, este ha sido uno de los sectores más destacados con respecto a la economía; de esta manera, se estima que la demanda de una población que está en crecimiento ascendente con respecto al suelo se intensificará en un 60% para el año 2050 [2].

No es una mentira que estas acciones o actividades económicas, combinadas con usos y prácticas de

gestión no sostenibles, conllevan a la insuficiencia de una educación ambiental [1]. Estas presiones, de una u otra manera, repercuten en una serie de consecuencias como es la importante degradación del suelo, que, para el caso de Colombia, afecta aproximadamente el 40% de territorio [3].

Dicho lo anterior, las medidas preventivas para este tipo de actividades son necesarias, como es el caso de la implementación de conocimientos ambientales y de buenas prácticas de manejo sostenible del suelo [1]. Es un hecho que el uso y práctica de estas medidas es fundamental para disminuir en gran medida la tendencia de la degradación, para así poder garantizar la seguridad alimentaria y proteger la prestación de los demás servicios ecosistémicos asociados al suelo [1].

Una gestión adecuada del suelo constituye una vitalidad significativa en la agricultura sostenible, como es el caso de la agricultura de precisión (AP); además implica, de una u otra manera, equilibrar el clima y defender y sostener los servicios ecosistémicos, los ciclos biogeoquímicos y los recursos naturales [2]. El concepto o las bases en las que se apoya la agricultura de precisión (AP) son aplicar o disminuir la cantidad correcta o precisa de insumos, en el momento adecuado y en el lugar exacto. Una de las más conocidas es el uso de la tecnología de la información para optimizar de la mejor manera el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad actual de la sociedad [4].

Actualmente, la teledetección se ha convertido en un factor primordial para el desarrollo de la agricultura de precisión (AP), ya que las técnicas que emplea permiten, de una u otra manera, diferenciar las características y las propiedades o factores ambientales de las áreas de cultivo [5] a través del registro, de la localización y del análisis del comportamiento de la energía radiante reflejada o emitida por la superficie del suelo, de masas de agua o de la vegetación que se encuentra en las áreas de protección o de conservación [6].

La agricultura de precisión (AP) se conoce también por ser una tecnología de información sostenible y por tener principios y métodos agrícolas de gestión de uso del suelo [5]. De igual manera,

se caracteriza por el geoposicionamiento de las actividades sostenibles en favor del uso del suelo y de la implementación de herramientas, los cuales se concluyen por medio de cada una de las condiciones edafológicas y ambientales de la zona que se limita en la región de las zonas protegidas o de conservación. Es por esto que se hace necesario tener en cuenta la importancia de la aplicación de la teledetección, siempre y cuando esté bajo el enfoque del uso del suelo y de las actividades agrícolas de manejo en las zonas de conservación o de protección [5].

A nivel de conocimiento, se considera que el empleo de los sistemas tecnológicos contempla cuatro pasos: el seguimiento espacial, el estudio y observación de decisiones de las prácticas agrícolas a favor de la inestabilidad social, las operaciones de campo que elaboren una planificación agrícola de la región y, por último, la valoración o estimación de los resultados cuantitativos y cualitativos [5].

En este contexto, la implementación de drones es una opción innovadora para el desarrollo óptimo de la agricultura de precisión (AP), en la que la herramienta de tecnología y los sistemas de teledetección, guiados bajo los procedimientos de las plataformas aéreas, se establecen como variables importantes para guiar el seguimiento adecuado del uso del suelo y de los cultivos [5].

Es decir que al emplear cada uno de los conocimientos y estándares precisos en las variables productivas en el sector rural, gracias a estas herramientas se ayuda a que el productor identifique ciertas decisiones que favorezcan el desarrollo oportuno de las actividades agrícolas, para así mejorar, de una u otra manera, la economía de la zona [7].

Cabe mencionar que los sistemas rurales han pasado por una serie de procesos que conllevan una conversión creciente de cambios estructurales en los agroecosistemas de las áreas rurales [8]. Sin embargo, debe sostenerse qué nivel internacional se considera para las áreas de protección, infraestructuras ecológicas y redes ecológicas, como particularidades principales del suelo [9].

En Colombia se han regulado los estándares generales afines a la conservación en áreas de importancia ambiental con respecto al uso del suelo, ya que los objetivos de la conservación buscan restaurar, preservar y, en general, influir en un uso sostenible de estos bajo los preceptos de la educación ambiental (EA) [9]. Las áreas de conservación son divididas o caracterizadas según las categorías de áreas naturales o seminaturales, ya que estas áreas son de origen natural y durante los últimos años han pasado por diversos cambios o alteraciones. Con respecto a las áreas manejadas o artificiales, se conocen por su vegetación natural, pero esta ha sido removida y su mantenimiento óptimo depende de la mano del hombre [9].

Según la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) del Ministerio de Agricultura, a diferencia de los demás países, Colombia cuenta con un gran potencial de suelos en cuanto a la productividad, ya que tiene aproximadamente 12 millones de hectáreas para actividades agrícolas, de las cuales la mitad está sembrada [10]. No obstante, va en aumento el uso inadecuado de suelos, generado inmensos costos ambientales, debido a la falta de conocimientos o comportamientos ambientales sostenibles [10].

Dentro de todo, se menciona que el país ha perdido aproximadamente el 34% de la cobertura vegetal original, siendo los bosques, las selvas andinas, los bosques secos del Caribe y las selvas húmedas los más afectados [11].

Con respecto a la Serranía de las Quinchas, esta se identifica o define como un área de importancia de conservación y de protección [11].

Al tener ecosistemas importantes y representativos de la ecorregión en lo referente al suelo, debe de encontrarse en estado vulnerable o de peligro o en procesos de degradación debido a condiciones socioeconómicas inestables y a caracterizarse por albergar una fauna y una flora en peligro de extinción [11].

En consideración a lo anterior, para la investigación se establecieron las siguientes preguntas de investigación, con el fin de obtener una respuesta aceptable para manejar, de manera sostenible y por medio de la agricultura de precisión (AP), las áreas de conservación y de protección:

1. ¿La implementación de sensores crea la evaluación necesaria de los tipos de cultivos que se presentan en áreas protegidas o de conservación?
2. ¿Por medio de teledetección se permite la eficacia de la identificación de cualquier signo de plagas y enfermedades?
3. ¿La precisión satelital es viable para el manejo de la agricultura en áreas de conservación?

## II. Metodología

Considerando las preguntas de investigación, se procedió con el desarrollo de la revisión sistemática de literatura orientada a la optimización de la agricultura de precisión (AP) a través de los sistemas de teledetección con el fin de incrementar los índices de conservación para optimizar la producción de cultivos. Cabe mencionar que el análisis y la interpretación del banco de datos o los artículos de las bases de datos son posibles gracias al soporte de las bases satelitales y de las estadísticas de las imágenes capturadas. En esta fase, se destaca la lectura de archivos, análisis y clasificación [4].

El protocolo fue desarrollado bajo los estándares de la declaración PRISMA y del Método metaanálisis, con el fin de responder de manera detallada a las preguntas de investigación, dando un enfoque de un ciclo de realimentación semanal, mensual o anual para la obtención de los resultados con la aplicación de insumos sostenibles y la agricultura específica en función del terreno de las áreas de protección o de conservación [12].

Para la búsqueda de las investigaciones, se tomó el año 2012 como punto de partida, cuando los sistemas de información geográfica empezaron

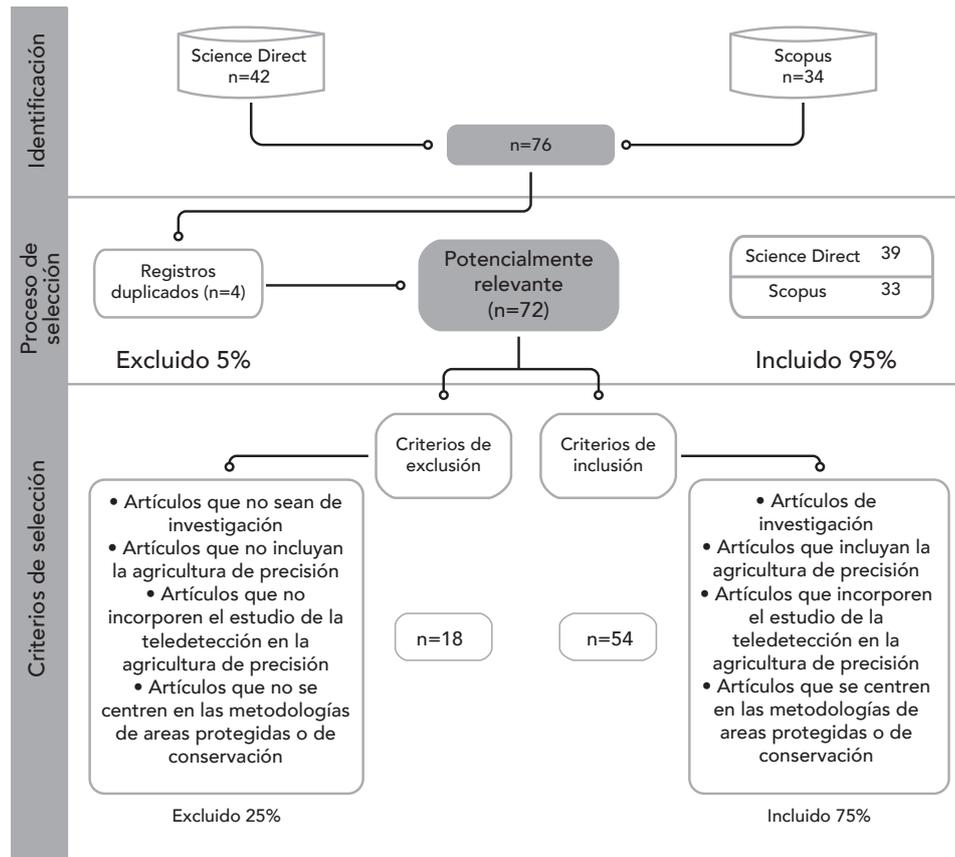
a ser tendencia global en tecnología, como es el caso de la agricultura de precisión (AP), que, por lo general, se enfoca en los cultivos extensivos, y como punto final el año 2021 [13]. Las bases de datos utilizadas fueron Science Direct, por su enfoque en la ingeniería [14], y Scopus, por ser reconocido como el navegante científico de mayor calidad [15]. Se utilizaron las palabras clave "agricultura de precisión", "Serranía de las Quinchas (SIRAP)", "revisión bibliográfica", "conservación", "cultivos", "imágenes satelitales", así como sus siglas y sinónimos. Se determinó la búsqueda solo para incluir estudios o investigaciones de revistas y capítulos de libros, en los idiomas inglés o español.

### Fase de investigación de la fuente y criterios de búsqueda

Science se destaca por tener, en su mayoría, publicaciones enfocadas en la ingeniería científico-académica [14]. Scopus, por su parte, se reconoce por ser el mayor navegador científico de calidad con referencias sobre ciencia y tecnología [15]. Al disponer de las bases de datos mencionadas anteriormente, se pretende obtener las posibles publicaciones admitidas por cada una, siendo posible indagar sobre la disposición y la utilización que tiene la agricultura de precisión en áreas de conservación o de protección en el mundo.

Es de precisar que se seleccionaron los mismos criterios de entrada para cada una de las bases de datos, es decir, publicaciones con el término clave "agricultura de precisión" o "sistemas de teledetección", tomando como punto de referencia estudios o investigaciones de revistas y capítulos de libros, limitados a los idiomas inglés y español, sin dejar de lado el acrónimo SIG. Con respecto a la agricultura de precisión, en la búsqueda en inglés se usaron las ecuaciones de búsqueda "precision farming AND remote sensing systems" y en Scopus "TITLE- ABS-KEY" ("precision farming") AND ("remote sensing systems") AND LIMIT-TO (LANGUAGE, "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE, "Spanish"). El resumen de identificación y selección de los criterios para la revisión sistemática se presenta en la Ilustración 1.

**Ilustración 1.** Flujo metodológico



Fuente: Elaborado a partir de Prisma [12]

### Fase de análisis de datos extraídos

De las dos bases de datos se obtuvo un total de 72 artículos, luego de haber sido cada uno estimado pertinentemente por los criterios de inclusión y exclusión (parámetros de calidad) con el fin de ser analizados y descritos para la extracción de la información, para responder a cada una de las preguntas de investigación detalladamente, justificando la revisión sistemática de literatura.

En la fase de planificación se encuentra también la lista de verificación de evaluación de calidad, que permite visualizar los resultados que guardaban mayor relación con los términos de búsqueda. Allí se asignó una calificación de peso por cada una, así: cumple satisfactoriamente: 4; cumple en alto

grado: 3; cumple aceptablemente: 2; cumple: 1, y no cumple: 0, conociendo que ciertos artículos cumplen con los criterios generalizados en mayor grado que otros, siendo estos evaluados en rangos de menor importancia.

### III. Resultados

#### Implementación de drones para áreas protegidas o de conservación

En la agricultura de precisión para la implementación de drones en áreas protegidas o de conservación se presenta un sistema de helicópteros, en los cuales puede obtenerse una toma remota, en cuanto al tiempo real, de las imágenes que genera cada uno de los drones [16].

Los tipos de sensores utilizados en la agricultura de precisión son eléctricos y pueden medir factores como la vegetación, la inundación y las malezas que puedan tener los cultivos a diagnosticar [17].

En cuanto al monitoreo o fumigación de cultivos a través de diferentes tipos de aeronaves, se identifica que ha mejorado en su alternancia a la hora proyectar los cultivos, dando así un mapa fotográfico para determinar los terrenos a través de la fumigación [18].

Un caso de poco rendimiento agrícola es el de la Serranía de las Quinchas, ubicada entre Puerto Boyacá y Otanche, ya que parte de este terreno se utilizaba para negocios o cultivos ilícitos. Por esta razón, allí solo se ven tres tipos de cultivos (plátano, yuca y pasto), los cuales se quieren proteger y conservar en un ambiente sano, sin ningún tipo de perjuicio en su proceso productivo, lo que requiere la utilización de drones con inteligencia fotográfica para determinar todo tipo de enfermedad o plaga que pueda interrumpir el proceso del cultivo, dando así una mejor calidad y protección al cultivo en cuanto a la conservación. Este equipo ayuda a percibir todo tipo de daño que pueda estarse dando, desde el suelo del cultivo hasta su crecimiento y desarrollo.

Partiendo del análisis sistemático de los artículos, pudo identificarse que varios hacen una interpretación relativa de la implementación de los drones para áreas protegidas; además, que varios autores promueven la implementación de drones en la agricultura, ya que es importante conocer el proceso de producción de los cultivos y cómo estos se están desarrollando, en buena parte, por una estrategia de calidad [19].

Por otra parte, se realizó un análisis de las dos bases de datos investigadas y se concluyó que cada uno de sus artículos detalla diferentes técnicas o tipos de drones para el fomento de la agricultura sostenible, documentando así una buena conservación de las zonas cultivadas en los diferentes países. Así pues,

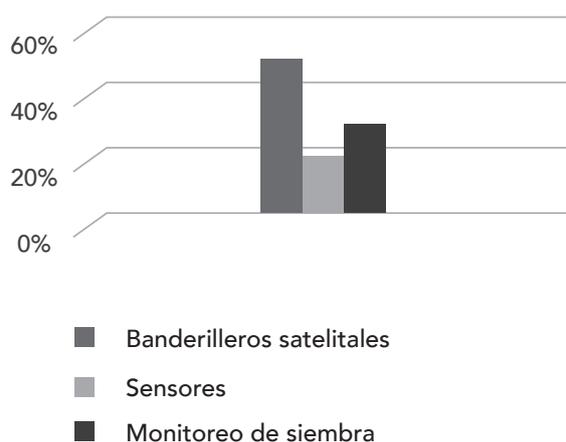
se identificó cuáles eran los tipos de drones que cada una mencionaba. En Science Direct se citaba el monitoreo de siembra, con un porcentaje de menciones del 50%; los sensores, con un 30%, y los banderilleros satelitales, con un 20%. Puede decirse que el tipo de drones más mencionado en ambas bases de datos es el de monitoreo de siembra, ya que es el principal dron que se ocupa del sistema de desarrollo de los cultivos.

**Tabla 1.** Tipos de drones más citados en Science Direct

Tipo	Porcentaje
Monitoreo de siembra	50%
Banderilleros satelitales	20%
Sensores	30%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 1.** Tipos de drones más citados en Science Direct



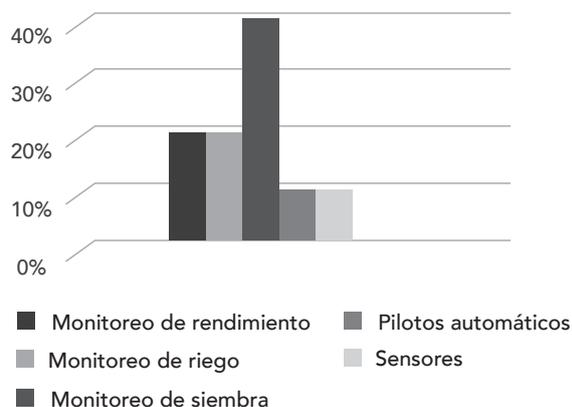
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.** Tipos de drones más citados en Scopus

Tipo	Porcentaje
Monitoreo de rendimiento	20%
Monitoreo de riego	20%
Monitoreo de siembra	40%
Sensores	10%
Pilotos automáticos	10%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 2.** Tipos de drones más citados en Scopus



Fuente: Elaboración propia

### Teledetección como medio de identificación de signos de plagas y enfermedades

La teledetección, como medio de identificación de signos de plagas y enfermedades, ha tenido un avance significativo, puesto que en los sobrevuelos los vehículos aéreos no tripulados (UAV por sus siglas en inglés) permiten establecer sistemas de teledetección y clasificación de cultivos, lo que permite establecer clasificaciones y el estado del uso de suelo de las zonas estudiadas, así como del ciclo de cosecha de los cultivos, lo cual ayuda a la

detección temprana de los posibles cambios que se generen en cada uno de los procesos, permitiendo tener una mejor visión de las amenazas y del tipo de riesgos que estos pueden sufrir [20].

En la verificación de la optimización de estos sistemas, puede deducirse que son herramientas complementarias que permiten visualizar de forma global, sin necesidad de llevar a cabo procesos complejos o extendidos de calibración o de ajustes, logrando, de esta manera, un sistema eficaz en la visualización de cada una de las zonas de interés y ampliando la seguridad y el buen manejo de los sistema tanto aéreos como terrestres en pro de los cultivos y de sus beneficios para la economía de la región, ya que estos sistemas representan una solución en prevención de daños [20].

La implementación que se tiene de herramientas multispectrales consiste en sistemas de calibración asociados al buen manejo de la agricultura, en función de la reducción de costos en el mantenimiento de los cultivos y en los procesos de atención a las plagas y las afectaciones que estas provocan [20]. Por tal motivo, el uso de estos sistemas ha generado un sistema más confiable en la reducción de aditivos y herramientas de protección y administración frecuentes que deben usarse al momento de realizar el proceso de cosecha, con respecto a uno de producción masiva [20].

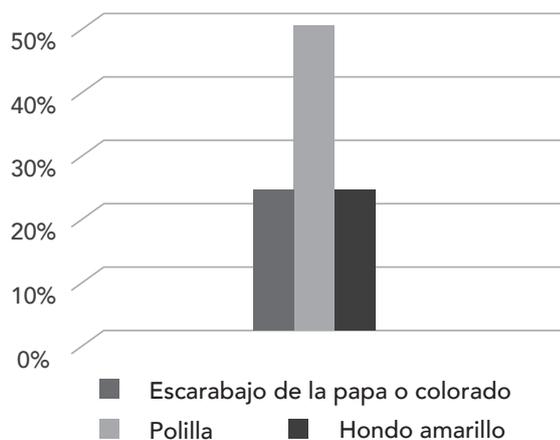
Además, realizando una investigación sistemática sobre las diferentes especies de plagas que pueden habitar en cultivos, se identificó en los artículos indexados cuáles son las plagas más comunes en América y, en particular, en Latinoamérica, viendo así que las plagas que más permanecen en los cultivos americanos son las polillas y los escarabajos colorados. En cuanto a las especies invasoras o plagas que más se detallan en cultivos de Latinoamérica como el plátano, la yuca y los pastos, se evidencia que estas son, en mayor número, con un 40% en el análisis sistemático.

**Tabla 3.** Tipos de plagas identificadas en cultivos en América, según revisión sistemática

Tipo	Porcentaje
Escarabajo de la papa o colorado	25%
Polilla	50%
Hongo amarillo	25%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 3.** Tipos de plagas identificadas en cultivos en América



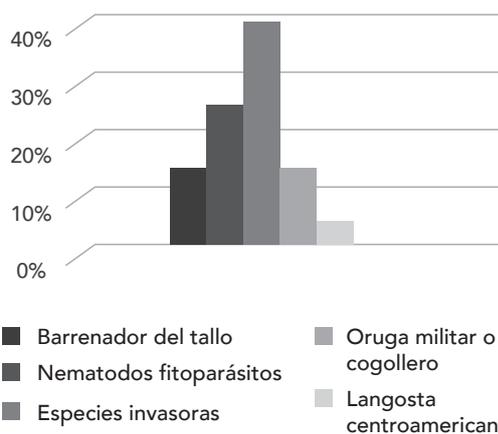
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.** Identificación de plagas en Latinoamérica, revisión literaria

Tipo	Porcentaje
Barrenador del tallo	15%
Nematodos fitoparásitos	25%
Especies invasoras	40%
Oruga militar o gusano cogollero	15%
Langosta centroamericana	5%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 4.** Tipos de plagas en cultivos de Latinoamérica



Fuente: Elaboración propia

### Evaluación de la precisión satelital como variable en el manejo de la agricultura en zonas de conservación

La agricultura, como actividad económica, ha sido desde sus inicios base de la civilización [21]. Su implementación implica un cumplimiento simultáneo de objetivos sociales, económicos en un determinado tiempo, y ambientales, como, por ejemplo, un mayor rendimiento de los alimentos y protección de la biodiversidad como regulador para el cambio climático; no obstante, se considera cada una de las acciones que se contemplan dentro de la educación ambiental (EA), para así hacer factibles los conceptos y la práctica del desarrollo sostenible (DS) [22].

Dicho lo anterior, y teniendo en cuenta los artículos revisados, la agricultura de precisión (AP) ha originado una elevación estándar en el sector agroindustrial en el transcurso de los últimos 10 años [21]. Es de resaltar que a cada momento, constantemente, se genera información gracias a los avances en la elaboración de nuevas redes que hacen posible un procesamiento de datos efectivo y concreto [23].

Por consiguiente, por medio de la ingeniería agrícola, se ha dado a conocer cada una de las bases y características de la agricultura de precisión (AP), regidas por los protocolos de las variables espaciales y del uso del uso, sin dejar de lado las áreas del cultivo que se emplean en las áreas de conservación y protección [23].

Para las zonas de conservación, la agricultura de precisión (AP) se define en un 100% como una actividad o una ocupación de gestión, que requiere de la habilidad de la tecnología de la información con diversos datos múltiples y fuentes; en otras palabras, fomenta o impulsa las buenas decisiones para el rendimiento de los cultivos [24]. No es mentira que las prácticas tradicionales o incluso la agricultura de precisión, sin incluirla en los protocolos de sostenibilidad, solo llevan a una serie de procedimientos incorrectos, como por ejemplo el uso inadecuado de agroquímicos [22].

Al tomar conciencia ambiental para el desarrollo sostenible, se deben tener claros los efectos secundarios de las malas prácticas, ya que la agricultura de precisión (AP) toma un enfoque regulador por el empleo y manejo de la teledetección [23]. A su vez, en cuanto a los aspectos para trabajar en la heterogeneidad del campo o de los tipos de suelo, es importante mencionar que estas características están regidas por los aspectos de la producción agrícola. En efecto, se regularían la productividad de los cultivos y la calidad ambiental de las zonas de protección y de conservación [25].

Para tener un mayor entendimiento de las herramientas de teledetección, debe tenerse en cuenta que estas llevan un proceso constante con respecto a la plantación a través de sistemas de ordenamiento territorial, posicionamiento global (GPS), sistemas de información geográfica (SIG), sensores directos, sensores remotos y sistemas de comunicación e información [26]. Esto permite mejorar las estrategias y las decisiones de las

zonas de conservación de manera sostenible, para así disminuir el porcentaje del impacto ambiental y de pérdida de los recursos naturales [27].

La precisión o el posicionamiento satelital hace parte de la detección y de los sistemas de información geográfica (SIG) para el caso de las zonas de protección y de conservación [28]. Por esto, debe manejarse un monitoreo regular y equilibrado de las coberturas y del suelo, controlados también a través de la teledetección aerotransportada o de satélites [28].

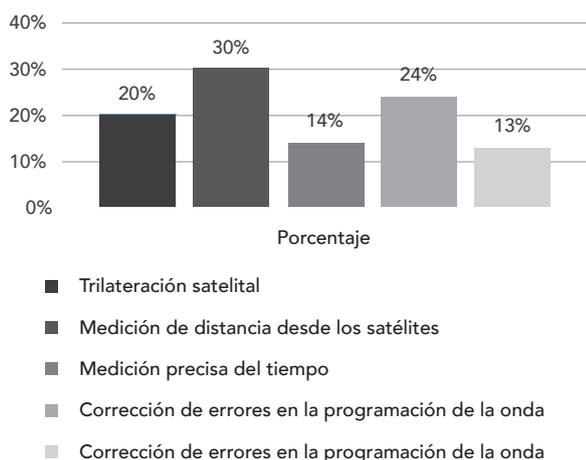
El sistema de posicionamiento global (GPS) se conoce, por lo general, como un sistema de navegación desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos que consta de 24 satélites artificiales: 21 regulares y más de 3 de respaldo [29].

Por otro lado, las estaciones localizadas en la Tierra suministran la información suficiente de las 24 horas del día, sin importar las condiciones climáticas [29]. En los fundamentos encontrados en los artículos revisados, se identificaron las mediciones con GPS involucradas con el posicionamiento satelital, lo que se muestra en la Tabla 5 y en el Gráfico 5.

**Tabla 5.** Fundamentos de medidas con GPS

Fundamentos	Porcentaje
Trilateración satelital	20%
Medición de distancia desde los satélites	30%
Medición precisa del tiempo	14%
Corrección de errores en la programación de la onda	24%
Corrección de errores en la programación de la onda	13%

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 5.** Fundamentos de posicionamiento global

Fuente: *Elaboración propia*

La caracterización de los diferentes tipos de cobertura o de las capas de la tierra y del suelo implica que las imágenes satelitales frecuentemente presentan limitaciones, no solo por la resolución espacial sino también espectral, temporal y radiométrica [30].

Según los artículos revisados, en el parque Serranía de las Quinchas no se han creado ni implementado programas completos de manejo sostenible adecuados para las actividades agrícolas que se manejan en esta zona durante los últimos años. En la Tabla 6 se muestran los diferentes cultivos [30]. Es por esto que, gracias a la agricultura de precisión y de los sistemas de teledetección, puede mantenerse una regularidad estándar sobre el rendimiento de cada una de las actividades agrícolas [30].

**Tabla 6.** Sector agrícola en la Serranía de las Quinchas

Producto	Porcentaje
Plátano	80%
Yuca	70%
Maíz	15%
Cacao	50%
Aguacate	15%
Café	40%
Piña	5%

Fuente: [30]

## IV. Conclusiones

Durante los últimos años, las áreas de protección y de conservación en zonas naturales se han caracterizado por ser trabajadas bajo los estándares de la tecnología y los métodos de producción; por lo tanto, la agricultura debe ser precisa para llegar a aumentar la productividad sostenible en los diferentes sectores en que es producida. La utilización de la teledetección y la agricultura van de la mano, ya que es necesario tener un ambiente sostenible que ayude a la conservación y protección del hábitat. La teledetección es un equipo útil con el que se pueden manejar satelital o fotográficamente las zonas de estudio. En la Serranía de las Quinchas existe un bajo rendimiento de la agricultura, ya sea por su suelo sobreexplotado o por su mal uso productivo. Se considera, pues, que la agricultura de precisión es un método beneficioso en esta zona, ya que permite identificar todo tipo de maleza o factor que intervenga tanto en el desarrollo productivo del cultivo como en la conservación de la calidad y la protección de este.

La agricultura de precisión puede entenderse como un método o factor viable para el manejo de la producción, llevado a cabo con la utilización de drones que intervienen en la verificación del desarrollo de cada cultivo en proceso de siembra y muestran los factores erróneos de este proceso, utilizando nuevas técnicas de mejoramiento y conservación de la producción del cultivo.

Por último, lo que se pretende con esta investigación es dar a conocer los índices de búsqueda sobre una innovación o sobre una idea que puede ayudar al medio ambiente y cómo esta, mediante sus factores y cualidades, puede aportar conocimientos previos de diferentes autores que culminan sus trabajos y, así, mejorarlos con las perspectivas de otros autores.

## V. Referencias

- [1] K. Sánchez Mora, M. A. Zuñiga Gutierrez y E. Mayhua-López, "A nonlinear model to estimate nitrogen level in agricultural soil using Gaussian kernels", en 2016 IEEE ANDESCON, 2016, pp. 1-4 [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/ANDESCON.2016.7836247>
- [2] Secretaría del Foro de Alto Nivel de Expertos, "La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050" en Foro de Expertos de Alto nivel - Cómo alimentar al mundo en 2050, Roma, IT, 12-13 de octubre de 2009. FAO, 2009 [En línea]. Disponible en: [https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues\\_papers/Issues\\_papers\\_SP/La\\_agricultura\\_mundial.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf)
- [3] Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, *Protocolo de Degradación de Suelos y Tierras por Erosión*. Bogotá, D.C.: IGAC, IDEAM y MinAmbiente, 2010.
- [4] E. García y F. Flego, "Agricultura de Precisión", *Revista de Ciencia y Tecnología*, no. 8, pp. 99-116, 2008 [En línea]. Disponible en: [https://www.palermo.edu/ingenieria/Ciencia\\_y\\_tecnologia/ciencia\\_y\\_tecno\\_8.html](https://www.palermo.edu/ingenieria/Ciencia_y_tecnologia/ciencia_y_tecno_8.html)
- [5] J. Rubio, M. A. Vega, J. F. Lavado y M Villar, "Teledetección y agricultura de precisión aplicadas al olivar tradicional", en *Sistemas de información geográfica y teledetección: aplicaciones en el análisis territorial*, A. Nieto Masot y G. Cárdenas Alonso, Eds. Cáceres, España: Grupo de Investigación en Desarrollo Sostenible y Planificación Territorial de la Universidad de Extremadura y Grupo de Investigación Geo-Ambiental de la Universidad de Extremadura, 2018, pp. 55-68.
- [6] E. C. Landau, D. Pereira Guimarães y A. Hirsch, "Uso de Sistema de Informaciones Geográficas para espacialización de datos del área de producción agrícola", en *Manual de agricultura de precisión*, E. Chartuni Mantovani y C. Magdalena, Eds. Montevideo: IICA, 2014, pp. 22-29 [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.iica.int/handle/11324/2972>
- [7] R. Bongiovanni y J. Lowenberg-Deboer, "Precision Agriculture and Sustainability", *Precision Agriculture*, vol. 5, no. 4, pp. 359-387, 2004 [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1023/B:PRAG.0000040806.39604.a>
- [8] A. Somoza, P. Vázquez y L. Zulaica, "Implementación de buenas prácticas agrícolas para la gestión ambiental rural", *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, vol. 44, no. 3, pp. 398-423, 2018 [En línea]. Disponible en: <https://ria.inta.gob.ar/ria/ria-44-n-o-3-diciembre-2018/>
- [9] F. Remolina-Angarita, "Figuras municipales de conservación ambiental en Colombia: ¿áreas protegidas, redes ecológicas o infraestructuras verdes?", *Revista Nodo*, vol. 6, no. 11, pp. 65-76, 2011 [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3983371>
- [10] L. Morales, *La paz y la protección ambiental en Colombia: Propuestas para un desarrollo rural sostenible*. El Diálogo, Liderazgo para las Américas, enero de 2017 [En línea]. Disponible en: <https://www.thedialogue.org/analysis/la-paz-y-la-proteccion-ambiental-en-colombia-propuestas-para-un-desarrollo-rural-sostenible/?lang=es>

- [11] K. L. Barrera Moreno y J. E. Quevedo Mora, "Formulación de un plan de turismo rural comunitario en la vereda Las Quinchas del municipio de Otanche, Boyacá", Trabajo de grado. Tunja, 2019. Repositorio Institucional Universidad Santo Tomás [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11634/20963>
- [12] O. G. Caicedo Camposano, "Sustentabilidad de los sistemas de producción de Banano (Musa paradisiaca AAA) en Babahoyo, Ecuador", Tesis de doctorado. Lima, 2021. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4868>
- [13] J. M. Baquero Rubio y W. A. Bayona Pérez, "Estudio de prefactibilidad para crear una empresa de servicios de agricultura de precisión en cultivos de papa en el altiplano cundiboyacense durante el año 2021", Tesis de especialización. Bogotá, D.C., 2021. Repositorio Institucional Uniminuto [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10656/13155>
- [14] Y. A. López Rodríguez, Y. Hidalgo Delgado y N. Silega Martínez, "Escenarios de vinculación de las bases de datos relacionales y las ontologías: un mapeo sistemático", *Enfoque UTE*, vol. 12, no. 4, pp. 58-75, octubre de 2021 [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.759>
- [15] R. Cañedo Andalia, R. Rodríguez Labrada y M. Montejo Castells, "Scopus: la mayor base de datos de literatura científica arbitrada al alcance de los países subdesarrollados", *Acimed*, vol. 21, no. 3, pp. 270-282, 2010 [En línea]. Disponible en: <https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=71663>
- [16] Z. Chen, S. Li, J. Ren, P. Gong, M. Zhang, L. Wang, S. Xiao y D. Jiang, "Monitoring and Management of Agriculture with Remote Sensing", en *Advances in Land Remote Sensing*, S. Liang, Ed. Dordrecht: Springer, 2008 [En línea]. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6450-0\\_15](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6450-0_15)
- [17] W. S. Lee, V. Alchanatis, C. Yang, M. Hirafuji, D. Moshou y C. Li, "Sensing technologies for precision specialty crop production", *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 74, no. 1, pp. 2-33, octubre de 2010 [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.08.005>
- [18] C. Persello, V. A. Tolpekin, J. R. Bergado y R. A. de By, "Delineation of agricultural fields in smallholder farms from satellite images using fully convolutional networks and combinatorial grouping", *Remote Sensing of Environment*, vol. 231, septiembre de 2019 [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111253>
- [19] J. L. Willers, G. A. Milliken, J. N. Jenkins, C. G. O'Hara, P. D. Gerard, D. B. Reynolds, D. L. Boykin, P. V. Good y K. B. Hood, "Defining the experimental unit for the design and analysis of site-specific experiments in commercial cotton fields", *Agricultural Systems*, vol. 96, no. 1-3, pp. 237-249, marzo de 2008 [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2007.09.003>
- [20] V. A. Berrío M., T. J. Mosquera y D. F. Alzate V., "Uso de drones para el análisis de imágenes multiespectrales en agricultura de precisión", *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, vol. 13, no. 1, pp. 28-40, 2015 [En línea]. Disponible en: <https://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/alimen/article/view/1600>
- [21] E. Aguilar Criado, "Los nuevos escenarios rurales: de la agricultura a la multifuncionalidad", *ENDOXA*, no. 33, pp. 73-98, 2014 [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.5944/endoxa.33.2014.13560>
- [22] A. J. Colom Cañellas, *Desarrollo sostenible y educación para el desarrollo*. Barcelona: Octaedro, 2000.
- [23] M. A. Chávez Tierra, "Mejoramiento de la productividad mediante la implementación de drones en el cultivo de flores de verano y rosas en el grupo Esmeralda Ecuador", Tesis de maestría. Quito, 2018. Repositorio de Tesis de Grado y Posgrado Pontificia Universidad Católica del Ecuador [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/17026>
- [24] L. J. Rodríguez González, "Agricultura de precisión en el mundo y en Colombia: revisión bibliográfica", Trabajo de grado. Santiago de Cali, 2020. Biblioteca digital Universidad del Valle [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10893/19416>
- [25] M. Sebastián Cantalejo, "Desarrollo de la agricultura de precisión", Trabajo de grado. Madrid, 2020. Archivo Digital UPM [En línea]. Disponible en: <https://oa.upm.es/63131/>

- [26] N. M. Quezada Poma, "Uso de los sistemas de información geográfica en el diagnóstico ambiental como herramienta para el ordenamiento territorial caso de aplicación en la Parroquia de Tundayme, Cantón El Pangui, Provincia de Zamora Chinchipe", Tesis de maestría. Quito, 2014. Repositorio Digital USFQ [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4101>
- [27] S. Romero y S. Sepúlveda, *El desarrollo sostenible de la agricultura: el potencial de la era digital*. IICA, junio de 1999 [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.iica.int/handle/11324/7395>
- [28] J. M. de la Cruz Burgos y G. A. Muñoz García, "Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y cambio de uso del suelo del área de influencia del programa de reforestación de la Federación Nacional de Cafeteros en el municipio de Popayán, Cauca", Tesis de especialización. Manizales, 2016. Repositorio Institucional Universidad de Manizales [En línea]. Disponible en: <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2807>
- [29] C. Enríquez Turiño, "Integración de los Sistemas de información geográfica y del sistema de posicionamiento global", en XII Congreso Nacional de Tecnología de la Información Geográfica, Granada, Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Jaén, septiembre de 2006, pp. 1-84 [En línea]. Disponible en: <https://agroinforma.ibercaja.es/documentos/integracion-de-los-sistemas-de-informacion-geografica-y-del-sistema-d>
- [30] D. Vargas-Sanabria y C. Campos-Vargas, "Sistema multi-algoritmo para la clasificación de coberturas de la tierra en el bosque seco tropical del Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica", *Tecnología en Marcha*, vol. 31, no. 1, pp. 58-69, 2018 [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3497>