



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,  
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito  
previo para obtener el título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

TEMA:

“La agricultura de precisión dentro del manejo sostenible de suelos”

AUTOR:

Hernán Antonio Mariscal Rocafuerte

TUTOR:

Ing. Agr. Marlon López Izurieta, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

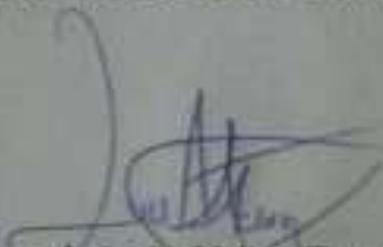
Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,  
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito  
previo para obtener el título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA:**

"La agricultura de precisión dentro del manejo sostenible de suelos"

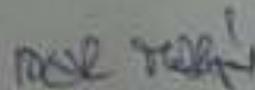
**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

  
Ing. Agr. Antonio Aleivar Torres, MSc.

**PRESIDENTE**

  
Ing. Agr. Orlando Díaz Romero, MSc.

**VOCAL**

  
Ing. Agr. Ider Morán Gaicedo, MSc.

**VOCAL**

La responsabilidad por la investigación, análisis, resultados, conclusiones y recomendaciones presentadas y sustentadas en este componente práctico son de exclusividad del autor.

Hernán Antonio Mariscal Rocafuerte

## **DEDICATORIA**

A mi madre, esposa e hijo por ser las personas que me motivaron para alcanzar mis logros y seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi principal agradecimiento a Dios porque gracias a él y a su bondad he logrado una meta más en mi vida.

A mi madre por su apoyo en mis estudios.

A mi esposa por ayudarme a perseverar.

## RESUMEN

El presente documento tuvo como finalidad buscar alternativas de la agricultura de precisión dentro del manejo sostenible de suelos, considerado como la aplicación correcta del uso de maquinarias, en el momento adecuado y en el lugar exacto, además es un proceso de trabajo que se basa en la generación, medición y análisis de información georreferenciada para lograr no sólo un conocimiento profundo de las fuentes de variabilidad dentro de un lote, sino también de controlar la calidad con la que estamos realizando las tareas de campo, verificar la calidad de las decisiones, identificar malas prácticas, entre otras aplicaciones. Los objetivos planteados fueron describir el efecto de la agricultura de precisión dentro del manejo sostenible de suelos y detallar el manejo sostenible de suelos mediante técnica de agricultura de precisión. Para efectuar el instrumento de investigación se recopiló la información de libros, revistas, artículos, páginas web, para poder efectuar la información obtenida en el presente documento. Dicha información fue sometida a la técnica de análisis, resumen y síntesis sobre la agricultura de precisión dentro del manejo sostenible de suelos. Las conclusiones detalladas determinaron que la agricultura de precisión influye en el incremento de la eficiencia, productividad y margen de ganancia, siendo la principal meta en que está diseñada la unidad completa de producción, basándose en la integración de la información y producción; la agricultura de precisión promueve la generación de decisiones apropiadas para la producción de cultivos utilizando la tecnología de la información para captar datos múltiples, ayudando en la toma de decisiones adecuadas en lo referente al manejo, técnicas, economía y medio ambiente; la captura de la información agronómica para satisfacer las necesidades de los productores es un sistema de producción preciso dentro de la agricultura de precisión, empleando métodos y herramientas tecnológicas para recopilar la información en el tiempo real sobre lo que puede suceder en los suelos y en los cultivos y tomar decisiones que aumenten los rendimientos de los cultivares como manejo sostenible de suelos y la tecnología moderna garantizaran un incremento de la calidad de vida del hombre si se utiliza adecuadamente.

Palabras claves: agricultura de precisión, tecnología, georreferencia.

## **SUMMARY**

The purpose of this document was to find alternatives for precision agriculture in sustainable soil management, considered as the correct application of the use of machinery, at the right time and in the exact place, and it is also a work process based on the generation, measurement and analysis of georeferenced information to achieve not only a thorough knowledge of the sources of variability within a lot, but also to control the quality with which we are performing the field tasks, verify the quality of decisions, identify bad practices, among other applications. The objectives set were to describe the effect of precision agriculture in the sustainable management of soils and detail the sustainable management of soils through precision agriculture techniques. To carry out the research instrument, information was collected from books, magazines, articles, web pages, in order to carry out the information obtained in this document. This information was submitted to the technique of analysis, summary and synthesis on precision agriculture in sustainable soil management. The detailed conclusions determined that precision agriculture influences the increase in efficiency, productivity and profit margin, being the main goal in which the entire production unit is designed, based on the integration of information and production; Precision agriculture promotes the generation of appropriate decisions for crop production using information technology to capture multiple data, helping in making appropriate decisions regarding management, techniques, economy and environment; The capture of agronomic information to meet the needs of producers is a precise production system within precision agriculture, using technological methods and tools to gather information in real time on what can happen in soils and in crops and making decisions that increase crop yields such as sustainable soil management and modern technology will ensure an increase in the quality of life of man if used properly.

Keywords: precision agriculture, technology, georeference.

## CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Objetivos.....	2
1.2.	Hipótesis.....	2
II.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
III.	PREGUNTAS ORIENTADAS AL ANALISIS DEL PROBLEMA.....	4
IV.	FUNDAMENTACION TEÓRICA.....	5
V.	METODOLOGÍA.....	20
VI.	SITUACIONES DETECTADAS.....	21
VII.	SOLUCIONES PLANTEADAS.....	22
VIII.	CONCLUSIONES.....	23
IX.	RECOMENDACIONES.....	24
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	25
	ANEXOS.....	29
	Fotografías.....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Recopilación de información .....	29
Fig. 2. Elaboración de resúmenes .....	29
Fig. 3. Investigando en sitios web. ....	30

# I. INTRODUCCIÓN

La agricultura de precisión tuvo sus inicios en Estados Unidos, Canadá y Australia, posteriormente se extendió a otros países donde se desarrolla a ritmos diferentes según la función de cada uno de ellos.

En este nuevo paradigma también se encuentran involucrados países de América Latina, donde el principal pionero es Argentina seguido de Brasil, cuya mayor cantidad de hectárea sembrada está bajo esta modalidad y con muchos profesionales entrenados en este nuevo modelo de agricultura moderna.

La agricultura de precisión es la aplicación correcta del uso de maquinarias, en el momento adecuado y en el lugar exacto, además es un proceso de trabajo que se basa en la generación, medición y análisis de información georreferenciada para lograr no sólo un conocimiento profundo de las fuentes de variabilidad dentro de un lote, sino también de controlar la calidad con la que estamos realizando las tareas de campo, verificar la calidad de las decisiones, identificar malas prácticas, entre otras aplicaciones<sup>1</sup>.

El aumento de la actividad agropecuaria es esencial para la producción, por tanto, el manejo sostenible de suelos es de mucha importancia porque el suelo hay que conocerlo y conservarlo de manera adecuada, siendo ésta la clave para el desarrollo agrícola.

Es fundamental que la agricultura siga dos principios: primero, devolver al suelo todo lo que se le extrae, como el carbono y los nutrientes, y segundo, el suelo no debe estar descubierto de vegetación. Esto tiene un efecto positivo para el secuestro de carbono. Un mejor manejo agronómico permite una mejor adaptación al cambio climático, por ejemplo con variedades más tolerantes a la sequía, un uso más eficiente del agua y que el suelo tenga más cobertura<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Vizzio, F. 2018. Ventajas de la agricultura de precisión. Disponible en <https://www.agroempresario.com.ar/nota-185.html>

<sup>2</sup> Sánchez, P. 2016. Un manejo sostenible del suelo es clave para incrementar la productividad agropecuaria. Disponible en <http://www.iica.int/es/prensa/noticias/un-manejo-sostenible-del-suelo-es-clave-para-incrementar-la-productividad>

Por tanto, el presente documento tuvo como finalidad buscar alternativas de la agricultura de precisión dentro del manejo sostenible de suelos.

### **1.1. Objetivos**

#### **General:**

Conocer la influencia de la agricultura de precisión dentro del manejo sostenible de suelos.

#### **Específicos**

- Describir el efecto de la agricultura de precisión dentro del manejo sostenible de suelos.
- Detallar el manejo sostenible de suelos mediante técnica de agricultura de precisión.

### **1.2. Hipótesis**

Ho= La agricultura de precisión no causará efectos dentro del manejo sostenible de suelos.

Ha= La agricultura de precisión causará efectos dentro del manejo sostenible de suelos.

## II. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La principal problemática radica en que la mayoría de los agricultores se reúsan a utilizar técnicas adecuadas para incrementar los rendimientos de sus cultivos, especialmente con tecnologías de posicionamiento global, sensores, satélites e imágenes aéreas para saber que sucede en los suelos y los cultivos.

Siempre ante una innovación tecnológica hay resistencia al cambio, principalmente en los sectores con menor preparación intelectual, como es el caso de los agricultores. La Agricultura de Precisión tiene una desventaja aún mayor en este sentido y es que no surgió como una necesidad de los pequeños agricultores, sino que fueron las transnacionales productoras de maquinaria agrícola quienes impusieron la nueva tecnología en el mercado. Otro factor que puede provocar este rechazo es que los agricultores que trabajan en pequeñas parcelas de tierra no necesitan de la tecnología de precisión, si es que cuentan con medios mecanizados, pues con su experiencia, y de su propia mano son capaces de aplicar un tratamiento diferenciado a cada zona del campo, según sus características y comportamiento observado. Aunque no se puede negar que en la gran mayoría de los casos la tecnología tiene mayor eficiencia y productividad que la labor realizada por el hombre (Quevedo *et al.*, 2016).

Por ello es indispensable concientizar a los pequeños y medianos productores con la finalidad de incrementar los rendimientos de los cultivos.

### **III. PREGUNTAS ORIENTADAS AL ANALISIS DEL PROBLEMA**

Es indispensable la agricultura de precisión dentro del manejo sostenible de suelos?

Aplican los agricultores tecnologías para incrementar los rendimientos de los cultivos?

#### **IV. FUNDAMENTACION TEÓRICA**

Martínez et al. (2017) difunden que uno de los retos que enfrenta la agricultura es detener los procesos que degradan los suelos, que permita establecer un sistema agrícola sostenible, capaz de solventar la creciente demanda alimentaria de la población. La degradación del suelo no solo provoca afectaciones en el aspecto sociopolítico, con la emigración de personas hacia lugares productivos, en el orden medio ambiental con la contaminación de las aguas, la extinción de las especies, el incremento de áreas desérticas y otros, sino además en el orden económico, ya que son necesarias inversiones cada vez mayores para mantener los niveles de producción.

IICA (2016) informan que el aumento de la productividad agropecuaria es esencial para el crecimiento de la producción. El buen manejo del suelo es clave para el desarrollo agrícola, es importante conocerlo y conservarlo de manera adecuada para aprovechar este capital natural que es esencial para la producción agrícola.

Ospina (2018) indican que el suelo es la capa delgada que cubre la corteza terrestre y tiene la capacidad de soportar la seguridad alimentaria, transformar y proveer nutrientes, regular el clima, almacenar agua y carbono orgánico y más aún, acoger una enorme diversidad de organismos de importancia clave para procesos ecosistémicos; sin embargo, su heterogeneidad -debido al material parental del que son fruto y de las diferentes condiciones ambientales a las que ha sido sometido, suele revelar una vocación de uso específica: agrícola, ganadero, forestal u otros.

De acuerdo a Martínez et al. (2017), el papel preponderante del suelo, en el sistema, motiva que su conservación y mejoramiento tengan un impacto decisivo, desde los puntos de vista económico, medioambiental y social.

IICA (2016) manifiesta que la materia orgánica del suelo es lo que le da la vida al mismo y es esencial diferenciar entre la materia orgánica del suelo y los insumos orgánicos. Estos últimos, tales como la hojarasca, las raíces

descompuestas o el estiércol son insumos que se añaden al suelo.

FAO (2015) publica que el suelo es un componente central de los recursos de tierras y la base del desarrollo agrícola y la sostenibilidad ecológica. El suelo es la base para obtener alimentos, piensos, combustible y producción de fibras y muchos servicios ecológicos vitales. El suelo es un sistema vivo complejo, dinámico y su idoneidad varía de un lugar a otro. El área de tierra productiva es limitada y se encuentra bajo una creciente presión por la intensificación y los usos que compiten por los cultivos agrícolas, bosques y pastos/pastizales, y para satisfacer las demandas de una creciente población de alimentos y producción de energía, extracción de materias primas, y demás.

Moreno (2016) divulga que el uso intensivo de suelo ha traído como consecuencia pérdida de su estructura, disminución de la materia orgánica, y de los microorganismos presentes que al realizar sus procesos metabólicos producen sustancias que contribuyen con la nutrición y la promoción del crecimiento vegetal y mejoran la captación de nutrientes por parte de las plantas. Esa pérdida de biodiversidad, cada vez se evidencia en la baja producción agrícola. Tradicionalmente, para contrarrestar la baja fertilidad de los suelos se emplean fertilizantes químicos; sin embargo, la aplicación de dosis cada vez más altas de fertilizantes se hace insostenible para el agricultor que tiene restricciones de capital y es poco recomendable, debido a la baja captación de los nutrientes por parte de las plantas, debido a que las condiciones del suelo rápidamente capturan los nutrientes dejándolos en formas no disponibles, causando contaminación en los suelos, aguas y aire.

Rueda-Puente et al. (2014) explican que la Agricultura y Ganadería, con la venida de la Revolución verde, se transformó el patrón de sistemas de producción agrícola y por ende la del sector pecuario. La modernidad de la revolución verde cambió el patrón de cultivos y una nueva generación de productores agropecuarios perdió contacto con las experiencias aprendidas durante cientos de años. Sin embargo, en la actualidad (pleno siglo XXI), el sector agrícola y pecuario a nivel internacional, obliga a retomar varias prácticas sustentables para el bienestar de las futuras generaciones. A nivel mundial, la diversificación de los cultivos es un

objetivo de la planeación, ya que existe la necesidad de intensificar los esfuerzos para incrementar el uso racional de los recursos naturales renovables a través de programas integrales. En este sentido, algunas áreas, cuentan con una variedad de especies de plantas, de las cuáles unas se desarrollan en desiertos y sistemas costeros. Plantas que en el proceso de evolución para sobrevivir a un ambiente árido-salino, han desarrollado propiedades únicas, muchas de las cuales son de interés económico importante y pueden ser aprovechadas en el corto plazo en la agroindustria.

IICA (2016) expresa que es fundamental que la agricultura siga dos principios: primero, devolver al suelo todo lo que se le extrae, como el carbono y los nutrientes, y segundo, el suelo no debe estar descubierto de vegetación. Esto tiene un efecto positivo para el secuestro de carbono. Un mejor manejo agronómico permite una mejor adaptación al cambio climático, por ejemplo con variedades más tolerantes a la sequía, un uso más eficiente del agua y que el suelo tenga más follaje.

FAO (2015) señala que la importancia de los suelos es:

- La tierra y los suelos constituyen la base para el desarrollo sostenible de la agricultura, las funciones esenciales de los ecosistemas, y la seguridad alimentaria, y por lo tanto son la clave para sostener la vida en la Tierra.
- El suelo es un recurso natural no renovable, su pérdida no es recuperable en el marco de tiempo de una vida humana.
- La degradación del suelo es una amenaza real y creciente causada por usos insostenibles de la tierra y prácticas de gestión y extremos climáticos resultantes de diversos factores sociales, económicos y de gobernanza.
- La tasa actual de degradación del suelo amenaza la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades, a menos que podamos invertir esta tendencia a través de un esfuerzo concertado para su gestión sostenible.
- Al poner los suelos en peligro, se compromete la agricultura sostenible, la seguridad alimentaria y el suministro de servicios ecosistémicos.

Para Costa (2018), el proceso de intensificación de la agricultura ocurre

simultáneamente con profundos y rápidos cambios en la tecnología y la estructura de producción, lo que ejerce presiones crecientes sobre los recursos naturales, en particular el suelo. Este proceso de intensificación se caracteriza por estar basado en sistemas de producción altamente eficientes desde el punto de vista económico, pero que en su mayoría no contemplan los pasivos ambientales. Esta intensificación va acompañada de un avance no planificado de la frontera agrícola.

Ferrera y Alarcón (2014) consideran que la sostenibilidad agrícola ha cobrado especial interés en los últimos años, ya que este tipo de manejo de los agroecosistemas repercute en beneficios para el hombre, así como para el balance ecológico y agroecológico. Sin embargo, para fortalecer los sistemas agrícolas sostenibles se requiere del conocimiento fundamental de los diversos componentes que lo integran y que pueden ser determinantes en la funcionalidad de los mismos. Bajo este contexto, gran parte de la productividad de los cultivos está determinada por la fertilidad del suelo. Esa fertilidad puede ser evaluada con base en sus características físicas (densidad, estructura, porosidad, etc.), químicas (actividad de las arcillas, potenciales de óxido-reducción, materia orgánica, etc.) y biológicas (microorganismos que conforman la microflora y microfauna, además de la meso y macrofauna).

Las interacciones que se derivan de estas tres características producen cambios significativos en los ciclos biogeoquímicos del suelo y en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Además, estas interacciones permiten que las comunidades vegetales también contribuyan a la estabilidad del suelo como componente integral del ecosistema o agroecosistema en cuestión. De esta forma y con base en el manejo de los diversos elementos que componen a los sistemas agrícolas, es posible generar agroecosistemas sostenibles cuyo flujo de energía (entrada y salida) sea balanceado, lo que permite que la funcionalidad del agroecosistema se autorregule y que requiera cada vez menos de la aplicación de insumos energéticos (fertilizantes y otros agroquímicos). (Ferrera y Alarcón, 2014).

Hernández et al. (2014) mencionan que en la agenda del desarrollo sostenible y seguridad alimentaria, el manejo agrícola debe ser considerado desde la perspectiva ecosistémica, donde su evaluación integra los procesos dinámicos

que relacionan el clima, suelo, agua, biota y los productores que manipulan estos procesos. Se busca satisfacer la producción de alimentos que cubran las necesidades básicas de la población sin comprometer las capacidades de las futuras generaciones.

En este sentido, lograr un manejo sostenible de los recursos no depende solamente del conocimiento técnico de los procesos y funciones de los agroecosistemas, sino que es necesario desarrollar herramientas de comunicación y de aprendizaje interactivas, que por un lado incorporen entendimientos técnicos generados por la investigación científica, y por otro, incorporen el conocimiento de los productores, sus expectativas y criterios, los cuales son determinantes al momento de tomar decisiones relacionadas con las prácticas agrícolas ajustadas a su realidad agroecológica y socioeconómica (Hernández et al. 2014).

FAO (2018) aclara que los suelos sufren una creciente presión por la intensificación de su uso para la agricultura, la silvicultura, el pastoreo y la urbanización. Se estima que la demanda de una población creciente sobre el suelo aumentará un 60 % para 2050. Estas presiones, combinadas con usos y prácticas de gestión no sostenibles, así como los fenómenos climáticos extremos, causan una degradación importante del suelo, afecta el 40% del territorio en lo que se refiere a erosión.

Rueda-Puente et al. (2014) sostienen que debido a que cerca del 50 % del total de los suelos irrigados en el mundo están afectados por la salinización y/o alcalinización, lo cual se asocia a baja productividad de cultivos convencionales, es imprescindible orientar los esfuerzos de investigación para generar tecnologías agrícolas que innoven cultivos agroindustriales o bien desarrollar recursos vegetales endémicos que posean alto potencial de agro-industrialización, y que gracias a su capacidad de producción en suelos salinos o condiciones de sequía, nos permitan optimizar la productividad del campo.

Hernández et al. (2014) afirman que quienes diseñan y evalúan los manejos de producción agrícola tienen un creciente interés en incorporar el conocimiento local de la gente que convive día a día con su ambiente y que tiene una integración

intuitiva de las respuestas al clima y al cambio de uso de la tierra de los agroecosistemas locales. En los estudios de sistemas productivos, cada vez son más importantes las consideraciones éticas relacionadas con la participación de las comunidades y la necesidad de enfocar la investigación hacia los requerimientos del productor, con el fin de lograr incrementar la adopción y difusión de nuevas prácticas agrícolas para una región particular.

Costa (2018) define que algunas de las consecuencias que produce la intensificación productiva sobre los recursos naturales, y en particular el suelo, se conocen generalmente en forma cualitativa. Algunos de estos efectos son la compactación, las pérdidas de materia orgánica, la disminución del contenido de nutrientes, la erosión y modificaciones en la dinámica del agua del suelo. Estos procesos, aun cuando varios son de carácter irreversible, no han sido cuantificados convenientemente en la mayoría de los sistemas productivos del país, particularmente en zonas marginales, ni se han desarrollado modelos que permitan su predicción. Importantes regiones productivas no disponen de la información básica de las características y distribución de los suelos a escalas adecuadas para la planificación del manejo sustentable de suelos o la formulación de políticas de desarrollo agrícola-ganadero.

Romero (2017) reporta que cuando se habla del recurso suelo, se refiere del sustento de la vida, ya que fundamentalmente proporciona alimentos. Es por ello, que el hombre debe garantizar la sustentabilidad del suelo y de los sistemas productivos que en él se desarrollen, conservándolo y neutralizando su degradación mediante buenas prácticas de manejo que perduren en el tiempo.

FAO (2018) determina que la implementación de buenas prácticas de manejo sostenible del suelo, son esenciales para revertir su tendencia a la degradación, y con ello garantizar la seguridad alimentaria y proteger la prestación de los diferentes servicios ecosistémicos asociados al suelo. Una gestión adecuada del suelo constituye un factor esencial en la agricultura sostenible y proporciona también un resorte valioso para regular el clima y salvaguardar los servicios ecosistémicos y la biodiversidad. Los suelos saludables son un requisito previo básico para satisfacer las diversas necesidades de alimentos, biomasa (energía),

fibra, forraje y otros productos, y para garantizar la prestación de los servicios ecosistémicos esenciales en todas las regiones del mundo.

Según Moreno (2016), dado que la aplicación suficiente y balanceada de materia orgánica y de fertilizantes inorgánicos en el manejo integrado de nutrientes en los diferentes cultivos no se viene haciendo, se ha generado un desequilibrio microbiológico del suelo como resultado de las prácticas de producción tradicionales basadas en nutrición con fuentes químicas exclusivamente, uso excesivo de agroquímicos, bajos o inexistentes aportes de materia orgánica y nula incorporación de microorganismos benéficos. Como consecuencia, los agricultores buscan terrenos nuevos que serán nuevamente contaminados, perdiendo la capacidad del suelo y cada vez en mayor medida, se presenta una reducción en las posibilidades de lotes aptos para la producción.

Orsag (2013) relata que para entender y comprender de mejor manera el comportamiento del suelo y su fertilidad en zonas semiáridas, áridas y con suelos de origen volcánico es importante considerar los minerales en dos grandes grupos: minerales esqueléticos (primarios) y arcillas mineralógicas (secundarios). Los minerales primarios del suelo -granos y agregados microcristalinos como cenizas volcánicas y fragmentos heredados de las rocas originales (arena y limo o mayores)- pueden servir para definir el nivel de nutrientes y las reservas de la fertilidad del suelo (basado en el contenido de minerales interperizables que liberan nutrientes para las plantas). Ciertos tipos de minerales primarios o agregados imparten propiedades únicas y distintivas al suelo.

Cortés et al. (2016) expone que la economía estaba basada exclusivamente en el sector agropecuario, se ha transformado gradualmente, y no por ello ha dejado de ocupar un lugar importante en el desarrollo del país y de su economía; este espacio rural que a su vez es el escenario de un agudo conflicto social y armado. A pesar de ello, para la economía colombiana la producción agropecuaria-agroindustrial dedicada a las exportaciones es de gran importancia, considerando los volúmenes totales de exportación, la generación de divisas y sus efectos sobre el bienestar o malestar social y distribución del ingreso; así mismo, en su participación en términos del PIB; igualmente, es evidente reconocer su capacidad

para satisfacer las demandas de alimentos del país, dentro del concepto de autosuficiencia y seguridad alimentaria. Por tanto, el limitado desarrollo del país y el menoscabo de las actividades agropecuarias-forestales-agroindustriales resultan un contrasentido, dados los inmensos recursos naturales disponibles (petróleo, carbón, gas, biomasa, suelos, costas, aguas, etc.).

Olymar y Reyes (2013) aseguran que cuando el hombre comenzó a cultivar la tierra, sus actividades influyeron poco sobre los ecosistemas globales. Las personas vivían cerca de sus fuentes de alimento y sus desechos biodegradables eran devueltos directamente a las zonas de cultivo. Durante el último medio siglo se ha presentado en el mundo un inusitado crecimiento poblacional, así como una elevación de los niveles de vida. Esto conlleva a una demanda creciente de alimentos y al aumento de la producción agrícola y pecuaria. La satisfacción de esta demanda ha sido posible gracias a una expansión constante de la frontera agrícola y a una elevación sostenida y sin precedentes de la productividad por hectárea. El costo ecológico ha sido alto, ya que la ampliación de las superficies de cultivo ha resultado en grandes extensiones de bosque deforestado, erosión y disminución de la fertilidad de los suelos, drenaje y relleno de humedales y pérdida de biodiversidad.

Vivas et al. (2016) determinan que los sistemas productivos se verán afectados por el cambio climático. Se indica que un 80 % de los cultivos sembrados y más del 60 % del área nacional cultivable sufrirán las consecuencias del incremento de la temperatura y la alteración en el patrón de las lluvias. Serán los pequeños productores quienes sufran con mayor fuerza las inclemencias de la oferta climática cambiante. Lo anterior se traduce en problemas de índole socio-económica, ya que los pequeños productores no solo son responsables del 30 % de la producción de alimentos sino que generan el 50 % del empleo rural.

Córdoba et al. (2016) estiman que en las últimas décadas se ha impulsado el desarrollo y la utilización de nuevas tecnologías para agricultura de precisión, que permiten capturar datos espaciales, i. e. aquellos asociados a una localización en el espacio. Los monitores de rendimiento acoplados a los equipos de cosecha y sensores de diferentes tipos, permiten recabar datos espaciales georreferenciados

(establecidos sobre localizaciones de la superficie terrestre) produciendo cientos y miles de datos en áreas relativamente pequeñas y en un corto período.

Quevedo et al. (2014) argumentan que el desarrollo tecnológico actual posee un ritmo elevado de progreso, las necesidades de humanizar el trabajo en el campo, que por sus características obligan a la introducción de tecnologías más eficientes, traen consigo cambios que afectan la vida social de aquellas personas que viven en este medio. Los cambios provocan aumentos en los rendimientos productivos en la mayoría de los casos, pero no siempre conllevan a grandes ventajas sociales.

Castellanos y Morales-Pérez (2016) apuntan que los sistemas de producción agrarios han estado orientados, en lo fundamental, al logro de mayores rendimientos a través del manejo de los factores bióticos y abióticos y sus interrelaciones. Para lograr tales efectos se han implementado diversas tecnologías. En el pasado siglo, específicamente en la década de los años sesenta, el auge de la agricultura de altos insumos permitió que se incrementara considerablemente el rendimiento de distintos cultivos; gracias, entre otros aspectos, a la utilización de variedades mejoradas de maíz, trigo y otros granos; mediante el cultivo de una sola especie en un terreno durante todo el año (monocultivo) y la aplicación de grandes cantidades de agua, fertilizantes y plaguicidas.

Orozco et al. (2016) refieren que la agricultura es una labor que acompaña al hombre hace miles de años, y sus procesos han evolucionado con el transcurso del tiempo. Un tercio de la población global deriva su sustento de la agricultura, y en economías emergentes esta puede representar hasta el 30 % del PIB. Los planes de desarrollo plantean como estrategia transversal la transformación del campo y crecimiento verde para fortalecer la competitividad del sector agrícola buscando modernizar procesos y proyectos. Por tanto, dicho sector requiere la integración de diversos actores para alcanzar la modernización. En años recientes, empresas privadas y públicas pertenecientes al sector industrial, agrícola y de las TIC han unido esfuerzos para proyectar soluciones en el marco de la Agricultura de Precisión (AP), cuyo propósito es mejorar el rendimiento de cultivos, optimizar el

uso de recursos, disminuir el impacto ambiental y facilitar la toma de decisiones estratégicas y económicas.

Córdoba et al. (2016) difunden que los sensores conectados a sistemas de posicionamiento global (GPS) están siendo utilizados, de manera más frecuente, para inferir distribución espacial de propiedades de los suelos y de los rendimientos, así como para delimitar zonas dentro del lote que luego pueden ser manejadas bajo agricultura sitio-específica.

Cabrera et al. (2014) informan que el productor agrícola dentro de las dificultades económicas necesita reducir sus costos de producción con el fin de tornarse competitivo en la actividad agropecuaria. En las entidades, además de conocer los mecanismos para determinar los costos de producción, deben poseer un sistema que pueda señalar las faltas y los errores, posibilitando de esa manera realizar las modificaciones y ajustes necesarios para lograr mantener el camino de la eficiencia.

Olymar y Reyes (2013) indican que la agricultura moderna tiende, en general, a la simplificación del ecosistema. El laboreo ha alterado los suelos por la adición o remoción de nutrientes, reducción de la acidez por la adición de cal, remoción de rocas para facilitar las operaciones agrícolas, nivelación de las superficies para facilitar el riego, y mecanización. Se ha modificado intensivamente la estructura de los suelos y del paisaje, todo justificado por la posibilidad de incorporar recursos agrícolas al sistema económico.

De acuerdo a Castellanos y Morales-Pérez (2016), el logro de mejores resultados económicos también implicó un elevado costo ambiental por el impacto negativo que esto ocasionó en el entorno natural. La agricultura, como el conjunto de técnicas y conocimientos para cultivar la tierra, comprende los diferentes trabajos de tratamiento del suelo y los cultivos, por lo que incluye todo un conjunto de acciones humanas que transforma el medioambiente natural. No obstante, esta transformación no debe significar el agotamiento o deterioro de los recursos naturales necesarios para esta actividad económica. Con todo, los patrones irracionales de la producción y el consumo agrícolas han provocado, entre otros

factores, el deterioro del medioambiente natural. Como resultado, el estado de este último está limitando los presentes y futuros ritmos de crecimiento de este sector al afectar la tierra, medio de producción fundamental de la agricultura.

Hernández et al. (2014) manifiestan que como Agricultura de Precisión se entiende la aplicación diferenciada de insumos, atendiendo a las características y necesidades de cada área específica del campo o terreno, mediante el empleo de técnicas geoinformáticas y otras tecnologías (fundamentalmente los GPS); con el objetivo de lograr un uso más racional de insumos que reducirían los costos de producción y el impacto ambiental; aumentando los rendimientos o, al menos, sin afectarlos.

Castilla (2014) dice que la siembra directa es una decisión agronómica que combina rotación de cultivos, fertilizantes y agricultura de precisión para aumentar la producción y preservar los recursos naturales. Adoptada en forma masiva, es una de las claves para evitar pérdidas del suelo por erosión.

Olymar y Reyes (2013) divulgan que los avances tecnológicos más importantes aplicados a la actividad agrícola han sido el control de plagas y enfermedades de los cultivos, el suministro de nutrientes específicos al suelo, la introducción de nuevas especies modificadas genéticamente y la mecanización. Desde su aparición, la agricultura ha experimentado continuos avances que han sustentado su desarrollo; sin embargo, nunca ha sido tan intensa y eficiente como ahora, tanto desde el punto de vista productivo como económico. En los años 50 del siglo XX, el principal objetivo de la agricultura era satisfacer las necesidades inmediatas de alimentos y mejorar el nivel de autoabastecimiento de la población mediante un fuerte incremento de la productividad aplicando los modelos de la agricultura moderna o Revolución Verde. Sin embargo, desde finales de aquella década se han planteado dudas sobre la sustentabilidad de los procesos agrícolas tal como se han venido manejando hasta ahora, lo cual viene sustentado por elementos tales como la alta dependencia de los fertilizantes químicos, pesticidas y herbicidas, la destrucción de los hábitat naturales, la contaminación ambiental y los riesgos a la salud de los seres humanos. En tal sentido se plantean alternativas tales como la agricultura orgánica, agroecología, agricultura sostenible y

tecnologías limpias aplicadas a la agricultura.

Córdoba et al. (2016) explican que esta práctica agrícola implica la delimitación de subregiones dentro de los lotes, caracterizadas por expresar una combinación relativamente homogénea de factores de rendimiento, tales como textura del suelo, elevación, estado hídrico y nivel de nutrientes del suelo. La disponibilidad de datos para una gran cantidad de sitios dentro de un mismo lote, no sólo para variables de cultivo sino también para otras, como son las topográficas (elevación, profundidad de tosca) y las de suelo (conductividad eléctrica aparente), genera la necesidad de contar con técnicas de análisis de naturaleza multivariada. Tales técnicas deben además ser capaces de contemplar la característica espacial de los datos.

Quevedo et al. (2014) expresan que en muchas partes del mundo, existe preocupación por los problemas de diferente índole que provoca la agricultura moderna convencional, industrial, intensiva o de altos insumos, por lo que cuando se introduce una nueva tecnología, se deben tener en cuenta. estos problemas y encontrarles solución, haciéndose necesario tomar en consideración los factores sociales, económicos, demográficos, culturales y de otro tipo que pudieran obrar a favor o en contra de su aplicación y por ende, del desarrollo de la agricultura, teniendo en cuenta la sostenibilidad de la misma.

Vivas et al. (2016) señalan que en términos generales, el desconocimiento y la falta de acceso a tecnología que facilita el proceso de toma de decisiones hacen que esta población sea más vulnerable. En este sentido, la agricultura de precisión es un concepto relativamente reciente que se enfoca en optimizar el uso de los recursos agrícolas con el propósito de hacer una gestión eficiente de las parcelas. Se basa en el reconocimiento de la variabilidad espaciotemporal intrínseca que supone el manejo de un cultivo considerando tres etapas: la recolección de datos al nivel intensivo de las variables de suelo, cultivo y microclima; la generación de información y el uso de esta información en la toma de decisiones.

Para Cabrera et al. (2014), la rectificación periódica de los índices de consumo de combustible y el control estricto de su empleo más el aprovechamiento

de la jornada de trabajo y con la calidad requerida contribuirá al incremento de los rendimientos y a la disminución de los gastos de explotación, pero para ello se debe de contar con herramientas que sean capaces de monitorear con eficiencia y precisión cada uno de los parámetros a verificar.

Castellanos y Morales-Pérez (2016) consideran que es necesario asumir un enfoque diferente en la agricultura, que garantizara la sostenibilidad del desarrollo de este sector e incorporara una perspectiva más integral, lo cual exigía una adecuada combinación de tecnologías, políticas y actividades; basadas en principios económicos y consideraciones ecológicas, a fin de mantener o incrementar los rendimientos de la producción agrícola en los niveles necesarios para satisfacer la creciente demanda de la población local, pero conservando el entorno ambiental. Resultaba necesario lograr la gestión de parcelas agrícolas, considerando la variabilidad espacial y temporal y la integración de la producción y la información, para conocer realmente lo que sucede o puede suceder en los suelos y cultivos. Esto último justifica el uso de las tecnologías de Sistemas de Posicionamiento Global, sensores, satélites e imágenes aéreas, Sistemas de Información Geográfica; de forma tal que se puedan evaluar dichas variaciones y predecir con más exactitud la producción de los cultivos, con el fin de elevar sus rendimientos sin degradar el medioambiente natural. Es así como surge la agricultura de precisión, definida en la literatura especializada según diversos enfoques a partir de las variables que la caracterizan. No obstante, en ocasiones el enfoque es parcial, al no incorporar todas las variables necesarias para una definición rigurosamente científica; en especial la variable ambiental, que no debe ser ignorada por su relación con el resto de las variables.

Olymar y Reyes (2013) mencionan que en este nuevo siglo, la agricultura convencional avanza poco a poco hacia la agroecología o agricultura sostenible, como una forma más de mantener el equilibrio ecológico de las zonas agrícolas. En este trabajo se presenta información actualizada sobre los nuevos enfoques de los procesos agrícolas a escala mundial. De igual modo, se analizan los principales impactos ocasionados por las actividades agrícolas en el ambiente y las tecnologías limpias propuestas en diferentes ámbitos socioeconómicos como medidas paliativas a los efectos negativos causados por la actividad del hombre.

Hernández et al. (2014) aclaran que la puerta de entrada a la Agricultura de Precisión la constituye los mapas de rendimiento. La información mostrada en estos mapas permite identificar cuales son las zonas con mayores valores de rendimiento y las demás dificultades. Esta información es esencial, primeramente, para determinar si la variabilidad del campo es lo suficientemente significativa como para decidir la aplicación de técnicas de Agricultura de Precisión. En caso de que, en un primer análisis, resulte económicamente atractiva la aplicación de estas técnicas, se procede entonces al estudio de las diferentes propiedades físicas y químicas del suelo, las características de la máquina de riego, la presencia de malezas y plagas, entre otras, con vistas a efectuar manejo diferenciado de insumos que tienda a homogeneizar los valores de rendimiento, sobre la base del aprovechamiento real de las posibilidades y características de cada área en específica dentro del campo en estudio.

Córdoba et al. (2016) sostienen que el análisis de las covariaciones o correlaciones entre variables es un aspecto clave a tener en cuenta para comprender las interacciones que subyacen a los rendimientos. No obstante, es importante remarcar que la estructura de covariación reflejada por un análisis multivariado clásico puede verse afectada por los patrones espaciales subyacentes en los datos. La covariación espacial de propiedades del sitio y el rendimiento de los cultivos ha sido estudiada a través de modelos geoestadísticos clásicos, que se basan en el concepto de autocorrelación para indicar la presencia de correlaciones o similitudes entre observaciones pertenecientes a sitios cercanos en el espacio, pero estos análisis se realizan variable por variable.

Cabrera et al. (2014) comentan que el empleo de la agricultura de precisión presenta un elevado costo, más alto que el de la maquinaria “tradicional”; sin embargo, a pesar de las limitaciones financieras que tiene nuestro país se puede lograr una agricultura más precisa que reporte mayores ganancias y menores afectaciones medioambientales. Esto se puede alcanzar, en un inicio, mediante la combinación de metodologías “tradicionales”, como las de estudios de suelos y de modernas herramientas, como los sistemas de posicionamiento global (GPS) y de información geográfica (SIG), y/o técnicas geoestadísticas que permitan un análisis de la estructura espacial de algunas de las propiedades de interés del suelo y el

cultivo, dentro de ellas el rendimiento.

Castilla (2014) afirman que al evitar remover la tierra se garantiza una menor oxidación de la materia orgánica y una mayor estabilidad de los agregados del suelo; al conservar su bioporosidad, los canales generados por las lombrices y las raíces son más estables y permiten mayor ingreso de agua al perfil. Al mismo tiempo, la densa cobertura de rastrojos presente en la superficie protege al suelo del impacto de las gotas de lluvia, reduce el escurrimiento del agua y amplía el tiempo de permanencia sobre los residuos para una mejor infiltración.

## **V. METODOLOGÍA**

Se recopiló la información de libros, revistas, artículos, páginas web, para poder efectuar la información obtenida en el presente documento.

Dicha información fue sometida a la técnica de análisis, resumen y síntesis sobre la agricultura de precisión dentro del manejo sostenible de suelos

## **VI. SITUACIONES DETECTADAS**

Desde tiempos remotos se ha utilizado grandes cantidades de agua, elevada dosis de fertilizantes, aplicación descontrolada de pesticidas en los cultivos y no rotación de cultivos, con la finalidad de incrementar los rendimientos, lo que ha causado reducción o contaminación ambiental, provocando efectos perjudiciales en la salud de los seres humanos.

Siendo la agricultura un conjunto de técnicas y procesos para cultivar la tierra, es necesario conocer los diferentes tratamientos y técnicas que se debe aplicar al suelo y a los cultivos porque su desconocimiento causa deterioro de los recursos naturales, afectando la tierra como medio de producción para la agricultura.

Por ello se detecta que la mayoría de los agricultores no aplican la tecnología, combinada con política y actividades basadas en principios económicos y consideraciones ecológicas mermando los rendimientos como medida de sustentabilidad ante la creciente demanda de la población mundial en consumir productos provenientes de las cosechas.

## **VII. SOLUCIONES PLANTEADAS**

Con la creciente necesidad del aumento de la producción agrícola, la degradación del medio ambiente y la reducción de los costos de proceso productivo es necesario tratar a los cultivos considerando las diferencias entre las áreas que los componen.

Por los múltiples avances tecnológicos realizados en las dos últimas décadas, en lo referente a microcomputadoras, sensores, sistema de control y rastreo, proyecto de máquinas y telecomunicaciones fue posible retomar los estudios de varios principios propuestos antiguamente.

El proceso de adopción de agricultura de precisión es iniciado con el monitoreo de las cosechas por medio de sensores que determinan la humedad y el volumen de granos cosechados, instalados en las cosechadoras con sistemas de georreferenciamiento.

Además en la etapa de adquisición de datos se recogen muestras para realizar análisis de suelo, infestación de plagas, enfermedades y plantas dañinas. Posteriormente se realizarán mapas de productividad del cultivo, fertilidad del suelo y de infecciones de plagas y enfermedades utilizando técnicas del Sistema de Información Geográfica generando planes de aplicación en las siembras siguientes, para que el empresario agrícola pueda aplicar la agricultura de precisión en el proceso de producción, con adopción de la tecnología.

## VIII. CONCLUSIONES

- La agricultura de precisión influye en el incremento de la eficiencia, productividad y margen de ganancia, siendo la principal meta en que está diseñada la unidad completa de producción, basándose en la integración de la información y producción.
- La agricultura de precisión promueve la generación de decisiones apropiadas para la producción de cultivos utilizando la tecnología de la información para captar datos múltiples, ayudando en la toma de decisiones adecuadas en lo referente al manejo, técnicas, economía y medio ambiente.
- La captura de la información agronómica para satisfacer las necesidades de los productores es un sistema de producción preciso dentro de la agricultura de precisión, empleando métodos y herramientas tecnológicas para recopilar la información en el tiempo real sobre lo que puede suceder en los suelos y en los cultivos y tomar decisiones que aumenten los rendimientos de los cultivos como manejo sostenible de suelos.
- La tecnología moderna garantizaran un incremento de la calidad de vida del hombre si se utiliza adecuadamente

## **IX. RECOMENDACIONES**

- Promover mediante la agricultura de precisión, toda la información obtenida, con la finalidad de disminuir los costos de producción y fomentar una agricultura ecológicamente amigable en beneficio de los agricultores.
- Fomentar la toma de decisiones apropiadas para la producción de cultivos utilizando la tecnología adecuada en lo referente al manejo sostenible del cultivo.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera, L., Fernández, M., Ramos, R., García de la Figal, A. 2014. Factibilidad económica del empleo de las herramientas de agricultura de precisión en la Empresa Pecuaria "Niña Bonita". Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez La Habana, Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 21, núm. 4, pp. 19-23
- Castellanos, R., Morales-Pérez, M. 2016. Análisis crítico sobre la conceptualización de la agricultura de precisión. Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba Santiago de Cuba, Cuba. Ciencia en su PC, núm. 2, pp. 23-33
- Castilla, F. 2014. La elegida para conservar el suelo. RIA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Buenos Aires, Argentina. Revista de Investigaciones Agropecuarias, vol. 39, núm. 2, pp. 118-123
- Córdoba, M., Bruno, C., Balzarini, M., Costa, J., Análisis de componentes principales con datos georreferenciados. 2016. Una aplicación en agricultura de precisión. Universidad Nacional de Cuyo Mendoza, Argentina. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, vol. 44, núm. 1, pp. 27-39
- Cortés, E., Suárez, H., Pardo, S. 2016. Producción sostenible en la Agricultura Colombiana. Universidad del Valle Cali, Colombia. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, núm. 7, enero-diciembre, 2008, pp. 48-56
- Costa, J. 2018. Proyecto propio de la red. Manejo sustentable de suelos. Disponible en <https://inta.gob.ar/proyectos/AERN-295001>
- FAO. 2015. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Disponible en <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/land-and-soils/es/>
- FAO. 2018. Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos

en áreas rurales. Construcción participativa del diagnóstico de suelos Diseño de planes de intervención Prácticas de manejo sostenible de los suelos. ISBN 978-92-5-130425-9. P.12

Ferrera, R., Alarcón, A. 2014. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, México. Ciencia Ergo Sum, vol. 8, núm. 2.

Hernández, P., Hernández, P., Díaz, J., Zamora, Y., Dopico, Y. 2014. Obtención del mapa de rendimiento georreferenciado del cultivo de la papa mediante el empleo de técnicas de agricultura de precisión. Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez La Habana, Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 15, núm. 2, pp. 37-41

Hernández, R., Morros, M., Bravo, C., Pérez, Z., Herrera, P., Ojeda, A., Morales, J., Birbe, B. 2014. La integración del conocimiento local y científico en el manejo sostenible de suelos en agroecosistemas de sabanas. Asociación Interciencia Caracas, Venezuela. Interciencia, vol. 36, núm. 2, pp. 104-112

IICA. 2016. Un manejo sostenible del suelo es clave para incrementar la productividad agropecuaria. Disponible en <http://www.iica.int/es/prensa/noticias/un-manejo-sostenible-del-suelo-es-clave-para-incrementar-la-productividad>

Martínez, F., García, Cl., Gómez, L., Aguilar, Y., Martínez-Viera, R., Castellanos, N., Riverol, M. 2017. Manejo sostenible de suelos en la agricultura cubana. Agroecología 12 (1): 25-38.

Moreno, N. 2016. La agricultura sostenible un reto para la microbiología del suelo. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia. Revista Colombiana de Biotecnología, vol. XVIII, núm. 1, pp. 5-6

Olymar, M., Reyes, R. 2013. Tecnologías limpias aplicadas a la agricultura Interciencia. Asociación Interciencia Caracas, Venezuela. Vol. 28, núm. 5.

pp. 252-258

Orozco, A., Llano, O., Ramírez, G. 2016. Sistemas de información enfocados en tecnologías de agricultura de precisión y aplicables a la caña de azúcar, una revisión. Universidad de Medellín Medellín, Colombia. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 15, núm. 28, pp. 103- 124

Orsag, V., León, L., Pacosaca, O., Castro, E. 2013. Evaluación de la fertilidad de los suelos para la producción sostenible de quinua Tinkazos. Programa de Investigación Estratégica en Bolivia La Paz, Bolivia. Revista Boliviana de Ciencias Sociales, núm. 33, pp. 89-112

Ospina, L. 2018. ¿Qué es eso de la Sostenibilidad del Suelo y qué podemos hacer para alcanzarla?. Disponible en <https://ceo.uniandes.edu.co/index.php/es/medios-y-actualidad/blog/302-que-es-eso-de-la-sostenibilidad-del-suelo-y-que-podemos-hacer-para-alcanzarla>

Quevedo, I., Rodríguez, Y., Hernández, P., Freire, E. 2014. La aplicación de la Agricultura de Precisión: su impacto social. Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez La Habana, Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 15, núm. 3, pp. 42-44

Romero, J. 2017. Manejo sustentable del suelo. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/tierra/bosques-suelos/manejo-sustentable-suelo>

Rueda-Puente, E., Beltrán, F., Ruíz, F., Valdez, R., García, J., Ávila, N., Partida, L., Murillo, B. 2014. Opciones de manejo sostenible del suelo en zonas aridas: aprovechamiento de la halófito salicornia bigelovii (torr.) y uso de biofertilizantes en la agricultura moderna. Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, Yucatán, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 13, núm. 2, pp. 157-167

Vivas, F., Corrales, J., Ramírez, G. 2016. Aproximación a un modelo contextual para calidad de datos en agricultura de precisión. Revista Ingenierías Universidad de Medellín.

## ANEXOS

### Fotografías



Fig. 1. Recopilación de información



Fig. 2. Elaboración de resúmenes



Fig. 3. Investigando en sitios web.