



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Teledetección de malezas en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el cantón Milagro”.

AUTOR:

Juan Andrés Mendoza Zamora

TUTOR:

Ing. Agr. Dalton Leonardo Cadena Piedrahita, PhD.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

La siguiente bibliografía se originó recopilando una variedad de información de fuentes externas, artículos de revistas científicas, libros, tesis, páginas de alto impacto y presentaciones. La información obtenida es analizada, simplificada e integrada para responder el tema de esta investigación “Teledetección de malezas en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el cantón Milagro”. La investigación afirma que el cultivo de caña es uno de los más importantes del país debido a la variedad de derivados que se produce del mismo y el impacto económico que produce con todo el entorno agrícola y productivo de la zona. Dentro del tema de estudio se trata sobre la población de malezas que atacan y merman la producción del cultivo; generando un mayor costo de producción. El uso de la tecnología en el sistema agrícola nos conlleva a estudios de como ayuda la teledetección de malezas en los diferentes cultivos, esto nos indica que podemos tener un mejor manejo de malezas en el cultivo de caña de azúcar en la zona del Cantón Milagro mediante el uso de la tecnología como drones que se monitorean mediante programas computarizados; para localizar la población de malezas y darle un tratamiento ajustado a un costo determinado sin exceder su rubro.

Palabras clave: Herbicidas, Control de arvenses, Tecnología, Producción.

SUMMARY

The following bibliography originates by collecting a variety of information from external sources, scientific journal articles, books, theses, high impact pages and presentations. The information obtained is analyzed, simplified and integrated to answer the topic of this research "Remote sensing of weeds in the cultivation of sugarcane (*Saccharum officinarum*) in the Milagro canton". The investigation affirms that sugarcane cultivation is one of the most important in the country due to the variety of derivatives produced from it and the economic impact it produces with the entire agricultural and productive environment of the area. Within the subject of study, it is about the population of weeds that attack and reduce the production of the crop, generating a higher cost of production. The use of technology in the agricultural system leads us to studies on how remote sensing of weeds helps in different crops, this indicates that we can have a better management of weeds in the cultivation of sugar cane in the area of Cantón Milagro through the use of technology such as drones that are monitored through computer programs; to locate the weed population and give it an adjusted treatment at a determined cost without exceeding its item.

Keywords: Herbicides, Weed Control, Technology, Production.

CONTENIDO

1.	CONTEXTUALIZACIÓN	1
	1.1 INTRODUCCIÓN	1
	1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
	1.3 JUSTIFICACIÓN	3
	1.4 OBJETIVOS	3
	1.4.1 Objetivo general.....	3
	1.4.2 Objetivos específicos	4
	1.5 TIPO DE INVESTIGACIÓN – LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	4
	1.5.1 Tipo de investigación.....	4
	1.5.2 Líneas de investigación.....	4
	1.5.3 Líneas de investigación de FACIAG	4
2.	DESARROLLO	5
	2.1 MARCO CONCEPTUAL	5
	2.1.1 Generalidades del cultivo de caña de azúcar	5
	2.1.2 Malezas en el cultivo de la caña de azúcar	6
	2.1.3 Malezas nocivas presentes en el cultivo de caña de azúcar y su grado de competencia 8	
	2.1.4 Manejo de malezas en el cultivo de caña de azúcar	9
	2.1.5 Herbicidas en el manejo de caña de azúcar	10
	2.1.6 Herbicidas más utilizados en el control de malezas en el cultivo de caña de azucar 11	
	2.1.7 Teledetección de malezas en el cultivo de caña de azúcar	11
	2.2 MARCO METODOLÓGICO	12
	2.3 RESULTADOS	13
	2.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	14

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	15
3.1 CONCLUSIONES	15
3.2 RECOMENDACIONES.....	16
4. REFERENCIAS Y ANEXOS	17
4.1 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	17

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Malezas nocivas presentes en el cultivo de caña de azúcar y su grado de competencia.....	8
Tabla 2. Herbicidas utilizados, dosificación, época de aplicación y el tipo de maleza que controla.....	11

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Preparación del suelo para el cultivo de caña de azúcar	23
Figura 2. Detección de malezas via satélite	23

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es considerada como uno de los más importantes cultivos para satisfacer las demandas mundiales en bioenergía, por lo que es predecible un crecimiento del cultivo. La investigación es la base para el aumento de la productividad y la sostenibilidad de las agroindustrias azucareras o bioenergéticas (Melgar 2010).

El área de producción de caña de azúcar en Ecuador es de aproximadamente 110 000 has, de las cuales la mayoría se utiliza para la fabricación de azúcar y el resto para la elaboración artesanal de panela y alcohol (CINCAE, citado por Garcés 2014). A pesar de ser un país cañero que tiene la característica de un clima apropiado para una larga zafra, posee el inconveniente de una estrecha base genética. A esto debe sumarse el número reducido de variedades comerciales en explotación, que puede constituir un problema en condiciones adversas (Arellano *et al.* 2009).

Amaya *et al.*, (2018) menciona que, las malezas son consideradas un problema difícil de controlar en los cultivos debido a su alta resistencia a los agroquímicos, competencia por nutrientes, luz, agua, y pueden ser hospederas de patógenos e insectos plagas. Las malezas se caracterizan por su capacidad para sobrevivir en condiciones ambientales adversas, otros factores que determinan la invasión de malezas en un cultivo son el tipo de suelo, las características del clima en la zona y las prácticas de cultivo utilizadas (Gómez 1995).

Con el paso del tiempo se han empleado diversas metodologías y herramientas para conocer los territorios afectados, donde, en las últimas décadas ha destacado el uso de imágenes de satélite y los Sistemas de Información Geográfica, que en conjunto permiten tener una perspectiva más acorde a la realidad sobre los daños al sector agrícola (Baltazar 2019).

La teledetección es una tecnología que consiste en captar información de los objetos o accidentes que ocurren en la superficie terrestre o en la atmósfera sin entrar en contacto físico con ellos. Comprende la medida y el registro de la energía electromagnética reflejada o emitida

por éstos, y conlleva la interpretación y relación de esta información con la naturaleza y propiedades de éstos (López *et al.* 2010).

Por lo expuesto la presente investigación trata sobre la teledetección de malezas en el cultivo de caña de azúcar en el cantón Milagro.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las actividades económicas agrarias tienen una importante diferencia con las demás actividades: sus procesos centrales son biológicos, lo que implica modificar y controlar ciclos de la naturaleza que no permiten regresar al estado anterior. Esta característica hace imprescindible el monitoreo de la situación actual y control. Contar con herramientas que proporcionen un acceso rápido y económico a estos datos puede marcar una gran diferencia (Giusiano 2017).

La dificultad del manejo de las malezas ha incrementado ampliamente en los últimos 20 años debido a la aparición de malezas resistentes o tolerantes a los herbicidas. En este contexto, se requieren nuevas herramientas y otras estrategias para un control de malezas más efectivo, enfocándose en aquellos individuos que cuentan con algún mecanismo que les permite sobrevivir al uso de herbicidas. Hoy en día, la aplicación de herbicidas se puede regular con sensores ópticos (teledetección) antes de que se siembren los cultivos o antes de que emerjan.

El cultivo de caña de azúcar en Ecuador es afectado por un complejo de malezas, y entre ellas, especies de poaceas, cyperaceas y hoja ancha, cuyo manejo se ha hecho difícil en ciertas plantaciones debido a su resistencia con algunos herbicidas que por lo general son aplicados frecuentemente (Gómez 2020). El aumento de la población de malezas genera un mayor uso de herbicidas generando daños en el suelo y su entorno.

1.3 JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial se realiza la producción de campo de todo tipo y el uso de las prácticas primitivas en el control de malezas ha venido evolucionando con el pasar de los años, por lo que vivimos en una época donde se excede el uso de químicos para controlar malezas siendo este principal en el degradamiento del suelo y el medio ambiente. Es de suma importancia implementar métodos prácticos mediante el avance tecnológico tales como la teledetección de malezas en el campo.

Los ingenios azucareros planean expandir una gran zona de zafra, por lo cual están listos para aprender nuevas tecnologías e invertir en investigación en su esfuerzo de mejorar la producción, por ello han construido un centro de investigación conocido como CINCAE (CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR DEL ECUADOR). La agricultura de precisión busca la aplicación de insumos en cultivos agrícolas en el lugar, el momento y la cantidad adecuados. El manejo de malezas específico del sitio es una estrategia de agricultura de precisión que permite la reducción en la aplicación de herbicidas, minimizando costos de insumos, con efectos positivos para el medioambiente (Jiménez *et al.* 2020).

Con un área aproximada de 14 000 hectáreas se conoce que el Ingenio Valdez es la compañía azucarera más grande del país, según distintas revistas mencionan que esta compañía ubicada en una zona estratégica está pasando por un gran proceso de actualización en todas sus áreas. Esta investigación ayuda a profundizar el tema de estudio de tratamiento de malezas mediante el uso de la teledetección, en busca de mejorar el control de malezas en el cultivo de caña de azúcar y reducir los costos de producción.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Conocer sobre la teledetección las malezas en el cultivo de caña de azúcar en el Cantón Milagro.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar las malezas presentes en el cultivo de caña de azúcar.
- Detallar los beneficios que brinda el monitoreo de malezas mediante la teledetección.

1.5 TIPO DE INVESTIGACIÓN – LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

1.5.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se va a realizar es con características bibliográficas usando el análisis, síntesis y resumen de la información obtenida.

1.5.2 Líneas de investigación

- ❖ Recursos agropecuarios
- ❖ Medio ambiente
- ❖ Biodiversidad

1.5.3 Líneas de investigación de FACIAG

Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable.

Carrera de agronomía

- Agricultura sostenible y sustentable.

2. DESARROLLO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Generalidades del cultivo de caña de azúcar

La caña de azúcar, *Saccharum spp.*, es la principal fuente de edulcorantes naturales del país, considerado como un cultivo prioritario desde el punto de vista económico y social, siendo fuente de empleo directo en el campo e industria, en la producción de azúcar, y en la elaboración de subproductos como el alcohol, conglomerados, alimentos para animales, entre otros (Fuchs *et al.* 2005).

Según Urquía, citado por Espinoza (2021) señalan que, la producción de caña de azúcar cumple con etapas fenológicas en su crecimiento las cuales son: germinación, ahijamiento, rápido crecimiento, maduración y cosecha; esta última se lleva a cabo entre los 11 a 16 meses de la plantación; con el objetivo de eliminar las malezas que dificultan la cosecha, la plantación es quemada.

A nivel mundial, la producción anual de caña de azúcar es de casi 1,889 millones de toneladas y abarca un área de 24 millones de ha. El mayor productor es Brasil, que con 720 millones de toneladas genera más del 40 % de la producción mundial. Mientras que el rendimiento promedio de la caña de azúcar en el mundo es cercano a las 60 t/ha, algunos países tienen una producción promedio de 100 t/ha o más (Yara 2020).

En Ecuador existen 110 000 ha, de estas 74 100 ha están destinadas a la producción de Azúcar y el resto para la producción de Panela. Los Ingenios más importantes en el país son: Valdez, San Carlos, Ecudos, Monterrey, Iancem e Isabel María. El rendimiento de Azúcar por tonelada de Caña es de 193,23 libras. En el 2019, se cosecharon 121 812 hectáreas de caña de azúcar para azúcar, registrando un crecimiento del 23,2 %, con respecto al 2018 (Aroca 2021).

El azúcar es uno de los productos básicos más importantes que se comercializan en el mercado internacional. El valor de su comercio anual mundial es de más de 24 000 millones de USD y más del 80 % de ese volumen corresponde a los países en desarrollo (FAO, citado por

Garcés 2014). El rubro de la caña de azúcar es uno de los más importantes en la economía agrícola ecuatoriana, cuya cadena productiva impacta en cuanto a trabajo y bienestar en las familias ecuatorianas (Vizuite *et al.*, citado por Gonzabay *et al.* 2020).

Mateo y Narváez (2013) indican que, el Ingenio Valdez es el más antiguo del Ecuador; sus ventas representan el 33 % del mercado azucarero del país, sobre una extensión de 15 700 hectáreas, 11 000 hectáreas son propias sembradas de caña de azúcar y 4 700 hectáreas de cañicultores y una capacidad de molienda superior a las 9 000 toneladas de caña diarias. Posee el mejor rendimiento de libra de azúcar del país, lo que refleja que es el ingenio más eficiente en la extracción de caña del Ecuador.

2.1.2 Malezas en el cultivo de la caña de azúcar

El propósito tradicional consiste en eliminar especies que compiten con el cultivo por el agua, luz y nutrientes. El control puede ser mecánico (con arados, rastras, cultivadores; rastras rotativas, escardillas, etc.) o químico, previo al cultivo o post-cultivo. Las arvenses se consideran como plantas que interfieren de una u otra forma con las actividades del hombre, sin embargo, biológicamente éstas tienen un valor incalculable por constituirse en el eslabón fundamental de todo ecosistema (Zerega 2017).

El control de malezas en caña de azúcar representa actualmente, cerca del 30 % de los costos de mantenimiento. Esto hace necesario disponer de un plan de manejo que ofrezca un buen control de estas. Para ello se necesita: conocer la composición botánica de las malezas en el agrosistema caña, como base para el desarrollo de planes de manejo, y así saber cuáles son los procedimientos y herramientas que se dispone para implementarlos (Espinoza *et al.* 2013).

Entre los daños causados por las malezas en el cultivo de caña de azúcar encontramos los siguientes:

- Hospederos de plagas.

- Afectan el crecimiento de la caña de azúcar a través de exudados radiculares rubor foliar alelopático.
- Transmisoras de virus (caso de *Echinochloa colona* o arrocillo, hospedera del 17 virus del mosaico de la caña de azúcar y de nematodos).
- Dificultad en la cosecha.
- Disminuye el ciclo del cultivo.
- Bajo rendimiento.
- Eleva costos de producción.
- La planta compite por agua, luz y los nutrientes.

La preparación del suelo (Figura 1), en particular, puede desempeñar un rol más importante, ya que puede contribuir al control de malezas establecidas, eliminar generaciones de malezas durante el proceso de enrolamiento, así como por la creación de condiciones óptimas en el suelo para la aplicación de herbicidas residuales (Betancourt *et al.* 2008).

Cuando el cultivo de caña de azúcar está en plantilla, las labores de preparación del suelo y siembra permiten la proliferación de malezas, en la cual 7 de estas germinan primero que el material de siembra de la caña. La competencia de las malezas en el establecimiento de la plantilla se inicia a los 15 días después de la siembra y puede durar hasta 6 meses en las variedades tardías y hasta 5 meses en las variedades precoces. Por lo general en las socas, la competencia de las malezas se presenta entre los 30 y 150 días después del corte (Bernal *et al.*, citado por Cordova 2021).

En el crecimiento y desarrollo del cultivo de caña de azúcar, se presenta una etapa conocida como periodo crítico de competencia, en donde las malezas son perjudiciales. Este periodo crítico de competencia de la caña de azúcar abarca desde la emergencia hasta los 5 meses de edad, donde el cultivo se ve afectado por la competencia de agua, luz, nutrientes y espacio. Estas malezas pueden reducir la producción en condiciones permanente hasta el 97,5 %. Las malezas de mayor importancia económica en caña de azúcar son: *Cyperus rotundus*,

Digitaria ciliaris, *Panicum hirticaule*, *Cyperus esculentus*, *Brachiaria fasciculata* y *R. cochinchinensis* (Cordova 2021).

Según Gasperín (2006), existen varios factores que determinan la presencia de malezas en el cultivo las mismas que son: tipo de suelo, las características del clima y labores de cultivo aplicadas. En suelos ácidos las malezas presentes dentro del cultivo de caña de azúcar son: pasto braquiaria (*Brachiaria sp.*), liendre puerco (*Echinochloa sp.*) y escoba dura (*Sida rhombifolia*); en suelos neutros son frecuentes la paja mona (*Leptochloa filiformis*), el coquito (*Cyperus sp.*), la pata de gallina (*Eleusine indica*), el bleado (*Amaranthus sp.*), la verdolaga (*Portulaca oleracea*) y la batatilla (*Ipomea sp.*), en los suelos alcalinos, salinos y sódicos predominan las malezas como el pasto Argentina (*Cynodon dactylon*), la atarraya (*Kallstroemia maxima*), el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y el pasto pará (*Brachiaria mutica*).

2.1.3 Malezas nocivas presentes en el cultivo de caña de azúcar y su grado de competencia

Gómez (2018) indica que debido a la diversidad de las condiciones del clima y suelos en donde se cultiva la caña de azúcar, se encuentran varias especies como indica la Tabla 1.

Tabla 1. Malezas nocivas presentes en el cultivo de caña de azúcar y su grado de competencia

Nombre científico	Nombre vulgar	Persistencia	Grado de competencia
Gramíneas			
<i>Cyperus rotundus</i>	Coquito	Perenne	1
<i>Cyperus ferax</i>	Cortadera	Perenne	2
<i>Rottboelia exaltata</i>	Caminadora	Anual	1
<i>Leptochloa filiformis</i>	Paja mona	Anual	2
<i>Echinochloa colonum</i>	Liendre de puerco	Anual	2
<i>Cynodon dactylon</i>	Pasto argentina	Perenne	1
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	Pasto estrella	Perenne	1

<i>Sorghum halepense</i>	Pasto Jhonson	Perenne	1
<i>Panicum maximum</i>	Pasto guinea	Perenne	1
Hoja ancha			
<i>Ipomea sp.</i>	Batatilla	Anual	1
<i>Mimosa púdica</i>	Zarza	Perenne	1
<i>Phaseolus lathyroides</i>	Frijolillo	Anual	2
<i>Portulaca oleraceae</i>	Verdolaga	Anual	2
<i>Sida rhombifolia</i>	Escoba	Perenne	2
<i>Desmodium tortuosum</i>	Pega-pega	Anual	2
<i>Mucuna pruriens</i>	Pica- Pica	Perenne	1
<i>Amaranthus spinosus</i>	Bledo	Anual	2
<i>Euphorbia heterophila</i>	Lechosa	Anual	2
Grado de competencia: 1= altamente invasora. 2= Medianamente invasora			

Fuente: Tomado de Gómez 2018.

2.1.4 Manejo de malezas en el cultivo de caña de azúcar

El control de malezas debe empezarse inmediatamente después de la plantación para permitir que la siguiente operación sea más fácil y rápida, permitiendo a la caña germinar en un lecho limpio; La limpieza continúa hasta que la vegetación se cierre. Cuando el control de malezas se realiza con herbicidas, es importante hacer la aplicación inmediatamente después de la plantación o corte de la caña y antes de que las malezas empiecen a germinar, o durante la emergencia inicial de las mismas (Duarte y González 2019).

El Compendio Agropecuario (2012) indica que el control de malezas en la caña de azúcar se realiza empleando el control cultural, mecánico y químico.

- El control cultural se aplica en la preparación del suelo a través de ella se entierra las malezas.

- El control químico consiste en la aplicación de herbicidas recomendados para el cultivo; en caña hoja se aplica a los 30, 60 y a veces a los 90 días luego de la siembra; en tanto que en caña soca y en parcelas cosechadas mecánicamente se aplica a los 75 días.

2.1.5 Herbicidas en el manejo de caña de azúcar

El control químico de malezas se realiza interrumpiendo el crecimiento o inhibiéndolo por medio de sustancias de origen natural o químico que actúan sobre la planta provocando su muerte; sin embargo, una mala cobertura o aplicación de dosis fuera del rango recomendado tiene consecuencias como la persistencia de las malezas y que estas compitan con el cultivo por nutrientes, espacio y luz, y el posible riesgo de desarrollo de resistencia (Leguizamón, citado por Beltrán 2020).

Crespo (2020), menciona que los cultivares de caña de azúcar presentan respuestas diferenciadas a los herbicidas debido a esto se tiene, como consecuencia frecuentes problemas de fitotoxicidad, afectaciones en el suelo, al cultivo, contaminación ambiental entre otros, lo que llega a ocasionar la reducción de la productividad de los cultivares de caña de azúcar.

Las aplicaciones deben realizarse sobre el follaje de las malezas que se encuentren creciendo vigorosamente, mejorando la acción del producto. Evite aplicar sobre malezas recién cortadas, pastoreadas o afectadas por sequías o heladas. Si ocurren lluvias entre las 2 a 3 horas después de la aplicación pueden reducir la efectividad esperada. Polvo sobre el follaje, aguas sucias y aguas duras reaccionan con el producto reduciendo su penetración en la hoja y puede causar inactivación del ingrediente activo (Tercero, citado por Leiva 2019).

Para el control de malezas en caña de azúcar hay dos épocas de aplicación: Pre-emergentes, cuando las malezas aún no han emergido, hasta cuando comienzan a notarse ciertos manchones

verdes en el campo, como resultado de la emergencia de las malezas y aparición de una a dos hojas en ellas. Postemergente, cuando las malezas alcanzan cuatro a cinco hojas y prácticamente su germinación es generalizada en todo el campo (Cardona 2015).

2.1.6 Herbicidas más utilizados en el control de malezas en el cultivo de caña de azúcar

Según Crespo (2020), señala que para realizar el control de malezas en el cultivo caña de azúcar se ha podido notar que los herbicidas más utilizados son los siguientes:

Tabla 2. Herbicidas utilizados, dosificación, época de aplicación y el tipo de maleza que controla

Herbicidas	Dosis	Época de aplicación	Tipo de maleza que controla
Ametrina	2 - 4 L/ha	Postemergente	Hojas anchas y algunas gramíneas
Atrazina	3 - 4 Kg/ha	Preemergente	Hojas anchas y algunas gramíneas
Diuron	2 - 4 kg/ha	Preemergente	Hojas anchas y algunas gramíneas
Glifosato	2 - 4 L/ha	Postemergente	Controla todo tipo de malezas
Paraquat	2 - 3 L/ha	Postemergente	Controla todo tipo de malezas
Pendimentalin	2 - 4 L/ha	Preemergente	Hojas anchas y algunas gramíneas
2 - 4 D Amina	3 - 6 L/ha	Postemergente	Hojas anchas

2.1.7 Teledetección de malezas en el cultivo de caña de azúcar

La teledetección o percepción remota es el proceso de adquisición de datos y/o información acerca de algunas propiedades de un objeto, superficie o material por medio de un instrumento alejado (no en contacto directo) de la superficie u objeto de interés. La percepción

remota en un sentido más restringido involucra la detección y medición de energía electromagnética (fotones), que se emana de objetos distantes (percepción remota óptica). Para comprender la teledetección de la vegetación, es importante conocer cómo la radiación electromagnética interacciona con esta, sus componentes y su entorno (suelo y agua), para generar una respuesta única que permite su caracterización o identificación (como se muestra en la Figura 2) (Navarrete 2011).

Los sensores ópticos pueden resultar una herramienta muy útil para delimitar las zonas afectadas con malezas en el cultivo de caña de azúcar y determinar su presencia. Las áreas contaminadas con malezas poseen una respuesta espectral que es característica del tipo de maleza, su abundancia y fenología. Los algoritmos de clasificación para la teledetección de malezas funcionan bien en pre-emergencia del cultivo debido a que la respuesta espectral del suelo desnudo es, en general, espectralmente separable de aquella que presentan las malezas o la vegetación fotosintéticamente activa. De esta forma, las zonas vegetadas pueden ser tratadas inmediatamente, por ejemplo, con un herbicida no selectivo (Navarrete 2011).

Según León (2016), indica que, según los avances de la teledetección de imágenes satelitales, VANT, entre otros, se pueden estimar las propiedades del cultivo, tales como densidad, altura y reflectancia del cultivo, así como grado de estrés, humedad del suelo y otras propiedades importantes para el manejo de plagas, enfermedades, riego y fertilización de un cultivo. Las ventajas del monitoreo remoto son multifacéticas, permite reducir costos, aumentar la rentabilidad del cultivo de caña de azúcar y reducir el impacto ambiental, porque el uso de agroquímicos está dirigido y adaptado a las necesidades reales del cultivo.

2.2 MARCO METODOLÓGICO

El presente documento investigativo presentado como componente práctico, se desarrolló a través de la recopilación de todo tipo de información, realizando una detallada investigación en las distintas páginas web de libre acceso, artículos científicos, tesis de grado, fuentes y documentaciones bibliográficas disponibles en distintas plataformas digitales.

Cabe recalcar que toda la información obtenida fue realizada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con el único objetivo de instaurar la información específica en correspondencia a este proyecto, que lleva por temática “Teledetección de malezas en el cultivo de caña de azúcar en el Cantón Milagro” resaltando de esta manera su importancia y fundamentos generales para el consentimiento académico y social del lector.

2.3 RESULTADOS

De acuerdo con lo detallado anteriormente, se establece que:

Entre las malezas más encontradas en el cultivo de cañar de azúcar aparecen las siguientes: la batatilla (*Ipomea sp.*), la caminadora (*Rottboelia exaltata*) y el coquito (*Cyperus rotundus*).

El uso de teledetección para monitorear malezas en el cultivo de caña de azúcar brinda los siguientes beneficios:

- ❖ Reduce costos de producción.
- ❖ Alcanza toda el área.
- ❖ Brinda menos margen de error.
- ❖ Mejor precisión al determinar la especie de maleza.
- ❖ Se obtiene una clasificación mas precisa de la maleza a tratar.
- ❖ Denota mas el tamaño estado de las malezas.

Se ve afectado por varios tipos de malezas, esto genera un elevado costo de producción y un alto uso de herbicidas para su manejo, pero mediante la teledetección se puede reducir costos; ya que sirve para encontrar el número y el tipo de malezas para poder realizar un manejo de control de malezas.

2.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Por lo expuesto se señala que:

Las malezas son consideradas un factor limitante en cultivo de caña de azúcar, debido a que ejercen una alta competencia por nutrientes, agua y luz, lo que puede significar una reducción en la producción de la caña de azúcar, de 33 % a 66 % o hasta 97,5 % si la competencia es permanente (Cordova 2021).

Según CINCAE (2007), la interferencia de *Panicum fasciculatum* durante la fase inicial del cultivo de caña de azúcar produce reducciones en la población de tallos y altura de planta, que se traducen en la obtención de menores producciones de caña y de azúcar. Una interferencia durante los primeros 40 días del ciclo de caña planta causó una disminución de 19 % en la productividad de caña (TCH), lo cual afectará directamente la rentabilidad. El agricultor debe empezar la limpieza inmediatamente después de la plantación para permitir que la siguiente operación sea más fácil y rápida, permitiendo a la caña a brotar en un lecho limpio. Esto continúa periódicamente durante aproximadamente seis meses hasta que la vegetación se cierre (Duarte y González 2019).

Dichas afirmaciones se confirman ya que Melgar (2010), indica que es de suma importancia la agricultura de precisión para el uso óptimo de los insumos, en la búsqueda de la ecoeficiencia, requerirá investigación en Técnicas de Diagnóstico más precisas, uso de herramientas como: Sistemas de Información Geográfico, GPS, Sensores Remotos y las Tecnologías de Información: Teléfonos celulares e Internet. Todas estas aportan en la búsqueda de bajar costos de producción. Para aprovechar los beneficios que aportan las arvenses a los cultivos y evitar los efectos negativos, es necesario conocer la vegetación acompañante de los cultivos, y determinar las diversas relaciones que se establecen entre sí, así como aquellas con otros organismos que habitan en el agroecosistema (Zerega 2017).

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

.1 CONCLUSIONES

Por lo anteriormente detallado se concluye que:

- Mediante la teledetección se reduce el costo de producción ya que permite reconocer el tipo de maleza que se encuentra en el cultivo para darle el correcto manejo.
- Mediante el uso de la teledetección podemos tener una clasificación más precisa de las malezas como el tamaño y estado de la maleza.
- El uso de la teledetección nos brinda un mejor margen de error ya que nos muestra las áreas contaminadas. las malezas y estas tiene una respuesta espectral que es características del tipo de maleza su abundancia y fenología.
- El uso de las imágenes satelitales es como una herramienta que nos ayuda en la supervisión del cultivo y nos permite mejorar notablemente la capacidad de observación del terreno.

.2 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones planteadas son:

- Recomiendo el uso de la teledetección de malezas porque es una herramienta por la cual vamos a tener un mejor margen de error ya que es más precisa.
- Recomiendo realizar aplicación de diferentes herbicidas para evitar que la maleza desarrolle persistencia o resistencia a un herbicida.
- Recomiendo el uso de la teledetección por que nos permite detectar grandes poblaciones de malezas.
- A menor costo y más rápido.
- La teledetección ayuda a los agricultores a realizar una agricultura más precisa lo que conlleva a un mejor uso de los recursos en el espacio y en el tiempo.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Amaya, A; Santos, Morán, I; Vargas, P; Comboza, W; Lara, E. (2018). Malezas Presentes en Cultivos del Cantón Naranjal, Provincia Guayas, Ecuador (en línea). Revista INVESTIGATIO (11):1-16. Consultado 02 ago. 2023. Disponible en: <https://revistas.uees.edu.ec/index.php/IRR/article/view/186>
- Arellano, AC; Korneva, SB; Fischer, FC; Cabanilla, L; Tola, N; Ochoa, A; Ramos- Leal, M; Pincay, A. (2009). Micropropagación de caña de azúcar en Ecuador (en línea). Biotecnología Vegetal 9(4):235-238. Consultado 09 ago. 2023. Disponible en: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/327/301>
- Baltazar Ascencion, R. 2019. Determinación del área de inundación en cultivos de maíz mediante teledetección para estimar las pérdidas económicas en tabasco (en línea). Tesis Magister en Ciencias del agua. Toluca, México, Universidad Autónoma del Estado de México. Consultado 02 ago. 2023. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/105013>
- Bernal, N., Tóala, G., Martínez, I., Contreras, V. & Zuaznabar, R. 2017. Efecto del período de competencia de las malezas sobre la producción de la caña de azúcar. Carta Informativa 1(2): 1-14
- Betancourt, Y; García, I; López, D; Cabrera, A; Rodríguez, M. 2008. Efectos de la tecnología de preparación de suelos pesados sobre la brotación de malezas en caña de azúcar (en línea). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 17 (2):78-81. Consultado 15 ago. 2023. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/932/93217216.pdf>
- Cardona, L. 2015. Evaluación de diferentes moléculas de herbicidas en el manejo de maleza de hoja ancha al momento de precierre del cultivo de caña de azúcar, Diagnóstico y Servicios ejecutados en Finca Pantaleón, Siquinalá Escuintla, Guatemala, C.A. Tesis. Universidad De San Carlos De Guatemala. Guatemala. 116p.

- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE). 2008. La Industria Azucarera del Ecuador.
- Compendio Agropecuario. 2012. Observatorio Agroambiental y Productivo (en línea). La Paz, Bolivia. 520 p. consultado 16 ago. 2023. Disponible en: <https://www.bivica.org/files/compendio-agropecuario.pdf>
- Cordova Alvarado, KM. 2021. Manejo de malezas en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) (en línea). Tesis Ing. Agr. Babahoyo, Ecuador, UTB. Consultado 15 ago. 2023. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/10196>
- Crespo, S. 2020. Problemas causados por el mal uso de los herbicidas en el manejo del cultivo Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) en la zona Lorenzo de Garaicoa, Guayas (en línea). Tesis Ing. Agr. Babahoyo, Ecuador, UTB. Consultado 09 sep. 2023. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8352>
- Duarte, O; González, J. 2019. Guía técnica cultivo de caña de azúcar (en línea). San lorenzo, Paraguay, 44 p. Consultado 09 sep. 2023. Disponible en: https://www.jica.go.jp/Resource/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_01.pdf
- Espinoza Cortez, JX. 2021. Análisis del sistema de producción del cultivo de caña de azúcar (*saccharum officinarum l.*) en el Cantón Milagro, Provincia del Guayas (en línea). Tesis Ing. Agr. Guayaquil, Ecuador, UG. Consultado 15 ago. 2023. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/56137>
- Espinoza, G; Hernández, C; Morales, J. 2013. Manual de malezas y catálogo de herbicidas para el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala (en línea). Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Escuintla, GTM. Consultado 15 ago. 2023. Disponible en: <https://cengicana.org/files/20150828053616743.pdf>
- Fuchs, M; González, V; Rea, R; Zambrano, AY; De Sousa-Vieira, O; Díaz, E; Gutiérrez, Z; Castro, L. 2005. Mejoramiento de la caña de azúcar mediante la inducción de mutaciones en cultivo de

callos (en línea). *Agronomía Tropical*, 55(1):133-149. consultado 15 ago. 2023. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2005000100008

Garcés Moncayo, MF. 2014. Producción de abono orgánico a partir de residuos de caña de azúcar y azolla con la aplicación de microorganismos eficientes (em's) (en línea). Tesis Ing. Bio. Ambato, Ecuador, UTA. Consultado 09 ago. 2023. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/8458>

Gasparín Díaz, B. 2014. Identificación, nivel de infestación y control de *Rottboellia* spp, en dos zonas de abastecimiento del fideicomiso ingenio la providencia 80331 (en línea). Tesis Maestro en manejo y explotación de los Agrosistemas de la caña de azúcar, Peñuela, Puerto Rico, UV. Consultado 15 ago. 2023. Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/50359/GasperinDiazB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Giusiano, MN. 2017. Drones Agrícolas en el manejo sitio-específico de malezas, análisis de beneficios económicos (en línea). Tesis Lic. Agr. Argentina, Universidad Siglo 21. Consultado 02 ago. 2023. Disponible en: <https://repositorio.uesiglo21.edu.ar/handle/ues21/14078>

Gómez Vasquez, AR. 2020. Control de malezas gramíneas y Cyperáceas pre-emergentes en Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) (en línea). Tesis Ing. Agr. Milagro, Ecuador, Universidad Agraria del Ecuador. Consultado 09 ago. 2023. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GOMEZ%20VASQUEZ%20ANDRES%20ROSENDO.pdf>

Gómez, JF. 1995. Control de malezas, EL cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia (en línea). Cali, CENICAÑA, 143-152. Consultado 02 ago. 2023. Disponible en: https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_4/mod_virtuales/modulo3/4.1.pdf

Gómez, JF. 2018. Control de malezas en el cultivo de caña de azúcar (en línea). Consultado 15 ago. 2023. Disponible en: https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seridados/libro_el_cultivo_cana/libro_p143-152.pdf

- Gonzabay, JC; Reyes, VM; Herrera, GA; Deza, CA; Rojas, VW; Sequera, AG. 2020. Análisis de la sostenibilidad de una empresa de caña de azúcar en Ecuador (en línea). *Research, Society and Development* 9(11): e76091110538, 2020. Consultado 15 ago. 2023. Disponible en: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/10538>
- Hernández Salazar, RS. 2017. Metodología para discriminación de malezas basada en la respuesta espectral de la vegetación (en línea). Tesis Magister en Geomática. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. Consultado 02 ago. 2023. Disponible en: https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59816/31152802_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jiménez, AD; Camargo, DA; García, DY. 2020. Sistema inteligente para el manejo de malezas en el cultivo de piña con conceptos de agricultura de precisión (en línea). *Revista Ciencia y Agricultura* 17(3):122-136. Consultado 02 ago. 2023. Disponible en: <https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n3.2020.10830>
- Leguisamon, E. 2018. Riesgos de resistencia de los herbicidas (en línea, sitio web). Disponible en https://issuu.com/horizonteadigital/docs/ha_109/16.
- Leiva, V. 2019. Comparativo de Herbicidas Preemergentes y Postemergentes en el Cultivo de *Saccharum officinarum* L. “caña de azúcar” del Valle de Huaura (en línea). Tesis Ing. Agr. Huacho, Perú, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Consultado 11 sep. 2023. Disponible en: <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/3068>
- León, R. 2016. Modelación matemática para estimar los requerimientos hídricos del cultivo de papa (*Solanum spp.*) (en línea). Tesis de doctorado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Consultado 16 ago. 2023. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2833>
- López, F; García, L; Peña, JM; Jurado, M (inventores); Consejo Superior de Investigaciones Científicas c/ Serrano, 117 28006 Madrid, ES (titulares). Procedimiento para la discriminación y mapeo de los rodales de nerdo en cultivos de girasol mediante teledetección (en línea). Madrid, España, Oficina Española de Patentes y Marcas. Pat. ES 2318930 B1. 03 feb. 20 p. Consultado 02 ago. 2023. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10261/29271>

- Mateo Anastacio, IA; Narváez Marcillo, EE. 2013. La comercialización de la caña de azúcar de los Pequeños Agricultores de la Parroquia Chirijos Cantón Milagro (en línea). Tesis Lic. Edu. Guayaquil, Ecuador UG. Consultado 15 ago. 2023. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12388>
- Melgar, M; CENGICANA, DG. (2010). Tendencias de la investigación en caña de azúcar a nivel mundial (en línea). Sugar Journal 73(6). Consultado 09 ago. 2023. Disponible en: <https://cengicana.org/files/2015090210161630.pdf>
- Navarrete, FJ. 2011. Uso de información hiperespectral y análisis de componentes principales para el estudio de las firmas espectrales del Trigo (*Triticum aestivum* L.) y Raigrás (*Lolium multiflorum* L.) en diferentes estadios fenológicos (en línea). Tesis Doctoral. Buenos Aires, Argentina, Universidad de Buenos Aires. Consultado 16 ago. 2023. Disponible en: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/especializacion/2021navarretefranciscojavier.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2012. Cuarta conferencia de la FAO sobre el azúcar.
- Tercero, H. 2015. Evaluación de los métodos manual y químico para el control de malezas en el crecimiento inicial de melina (*Gmelina arborea Roxb*) en la hacienda “Pitzará” Cantón Pedro Vicente Maldonado Provincia De Pichincha. Tesis. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Riobamba. Ecuador. 158p.
- Urquía, F. N. (15 de septiembre de 2011). Informe final de la evaluación de diseño de los programas de apoyo financiero y tecnológico FIRA 2010. Programa de Cooperación FAO – FIRA. México.
- Vizuite, LI; Valencia, JL; Becerra, JV. 2017. Vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a agroquímicos en el cultivo de caña de azúcar en el Ingenio San Carlos (Marcelino Maridueña-Guayas) (en línea). Dominio de las Ciencias,3(4):552-601. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6325521>
- Yara. 2020. La producción mundial de caña de azúcar (en línea). Consultado 15 ago. 2023. Disponible en: [https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/cana-de-azucar/la-produccion-mundial-de-cana-de-azucar/#:~:text=A%20nivel%20mundial%2C%20la%](https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/cana-de-azucar/la-produccion-mundial-de-cana-de-azucar/#:~:text=A%20nivel%20mundial%2C%20la%20)

Zerega, L. 2017. Labranza del cultivo de la caña de azucar (en línea). Consultado 09 sep. 2023.
Disponible en: https://www.engormix.com/agricultura/cana-azucar/labranza-cultivo-cana-azucar_a41259/

ANEXOS



Figura 1. Preparación del suelo para el cultivo de caña de azúcar



Figura 2. Detección de malezas via satélite