



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACION

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Índice de vegetación normalizada (NDVI) y su influencia en la
agricultura de precisión”

AUTOR:

Sixto Enoc Gavilanes Jaen

TUTOR:

Ing. Agr. David Mayorga Arias, Msc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2020



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



TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Índice de vegetación normalizada (NDVI) y su influencia en la
agricultura de precisión”

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Lic. Roberto Pauta Rios, Mg.

PRESIDENTE

Ing. Agr. Marlon Pazos Roldan, MSc.

PRIMER VOCAL

Ing. Agr. Roberto Medina Burbano, MAE.

SEGUNDO VOCAL

La responsabilidad por los resultados, conclusiones y recomendaciones del presente trabajo pertenecen única y exclusivamente al autor.

Sixto Enoc Gavilanes Jaen

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de investigación a DIOS primeramente a mis padres, los ingenieros que siempre han impartido su conocimiento y ayuda hacia este humilde estudiante y amigo, también a mis amigos, hermanos, familiares y a mi novia y a los que no han creído en mí.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS por todo lo que me ayudado, en los momentos difíciles por los que he pasado y los momentos de alegría que me ha dado cuando he ido escalando peldaños.

A mis padres por creer en mí a pesar de todas las dificultades presentadas.

A los ingenieros que me han dado clases y me han enseñado no solo en lo profesional sino también en sus consejos, a los que son parte de toda la universidad.

También agradezco a todos lo que son y fueron parte del bar de comida, a los vecinos, amigos, hermanos de la iglesia, el Pastor. Por brindarme su apoyo moral y a los que han sido fuente de trabajo para seguir con mis estudios.

RESUMEN

La agricultura de precisión reduce la mano de obra y los costos de producción, favoreciendo a obtener mayores ganancias y mejores resultados en la producción, la agricultura cada día innova y el agricultor se tiene que modernizar dejando atrás la agricultura tradicional. La agricultura de precisión busca obtener un mejor rendimiento en poco espacio.

El índice de vegetación normalizada es una ayuda para poder ver imágenes de las áreas de los cultivo para saber en qué condiciones se encuentra y poder mejorar las aplicaciones de abonado y mejorar la producción.

La tecnología de precisión es de gran ayuda para abaratar costos y tiempo, conociendo las áreas donde se puede sembrar, con las fechas indicadas para evitar o predecir cualquier catástrofe en la agricultura evitando las pérdidas económicas al agricultor.

El índice de vegetación normalizada nos permite llevar un registro anual de los diferentes lugares del país los cuales presenten problemas de sequias, erosiones de suelos y bajos niveles de rendimiento de los diferentes cultivos, con la ayuda de la agricultura de precisión se puede realizar diferentes cambios a favor nuestro, cuando el NDVI nos anticipe.

Para dedicar la mejor atención a los lugares que nos presentan las imágenes del satélite o tecnología espectral de naves no tripulada usando para beneficio de la agricultura.

Palabras claves: Agricultura de precisión, NDVI, tecnología, producción

SUMMARY

Precision agriculture reduces labor and production costs, favoring higher profits and better results in production, agriculture innovates every day and the farmer has to modernize leaving behind traditional agriculture. Precision agriculture seeks to obtain better performance in a small space.

The normalized vegetation index is an aid to be able to see images of the crop areas to know in what conditions it is found and to be able to improve the fertilizer applications and improve the production.

Precision technology is of great help to reduce costs and time, knowing the areas where it can be sown, with the dates indicated to avoid or predict any catastrophe in agriculture, avoiding economic losses to the farmer.

The normalized vegetation index allows us to keep an annual record of the different parts of the country which present problems of droughts, soil erosion and low levels of yield of the different crops, with the help of precision agriculture different changes can be made in our favor, when the NDVI anticipates us.

To devote the best attention to the places that are presented to us by satellite images or spectral technology of unmanned ships using for the benefit of agriculture.

Keywords: Precision agriculture, NDVI, technology, production

INDICE

RESUMEN	VI
SUMMARY	VII
INTRODUCCION	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO I	2
MARCO METODOLOGICO	2
1.1. Definición del tema caso de estudio	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3.. Objetivos	3
1.3.1.. General	3
1.3.2.. Específicos.....	3
1.5.. fundamentación teórica	3
1.6 Hipótesis	9
1.7 Metodología de investigación	9
CAPITULO II	10
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	10
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo).....	10
2.3. Soluciones planteadas	11
2.4. Conclusiones	11
2.5. Recomendaciones (propuestas para mejorar el caso)	11
Por lo anteriormente detallado se recomienda:	11
BIBLIOGRAFÍA	13

INTRODUCCIÓN

El índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI) es un índice normalizado que le permite generar una imagen que muestra el verdor (la biomasa relativa). Este índice aprovecha el contraste de las características de dos bandas de un dataset ráster multiespectral: Las absorciones de pigmento de clorofila en la banda roja y la alta reflectividad de los materiales de las plantas en la banda cercana al infrarrojo (Caicedo y Peña 2019).

Es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición (por medio de sensores remotos instalados comúnmente en una plataforma espacial) de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja.

El NDVI se utiliza en todo el mundo para hacer un seguimiento de las sequías, supervisar y predecir la producción agrícola, ayudar en la predicción de las zonas con riesgo de incendio y cartografiar la desertización. El NDVI es muy utilizado en el seguimiento de la vegetación global porque ayuda a compensar los cambios en las condiciones de iluminación, la pendiente de la superficie, la orientación y otros factores extraños.

La realidad, es que se está tomando el NDVI, como un dato que se puede usar directamente, para por ejemplo, recetar cantidades de abonado.

El NDVI, al igual que otros índices, nos da una idea de las diferencias que vemos en la parcela, pero no representa directamente por qué se producen estas diferencias, y, por supuesto no indica cómo trabajar para neutralizarlas.

CAPITULO I

MARCO METODOLOGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El siguiente trabajo está basado en el estudio del índice de vegetación normalizada (ndvi), en la cual permite tomar datos de las superficies del cultivo para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación que emite o refleja lo cual permite complementar con la agricultura de precisión utilizando drones, tractores mecánicos no tripulados con control remotos inalámbrico para mejorar el manejo del cultivo para una producción rentable.

1.2. Planteamiento del problema

El índice de vegetación normalizada ha sido creado con base de la agricultura de precisión para mejorar el rendimiento de los diferentes cultivos ya que ha generado pocos ingresos a los pequeños agricultores por desconocer del programa.

Los problemas que está presente es por la falta de conocimiento de los agricultores ya que no les dan a conocer estos métodos a través de charlar conferencias, a muchos le falta un asesoramiento profesional que les dé a conocer los nuevos implementos o recomendaciones para mejorar los cultivos.

En el estudio de índice de vegetación normalizada no presenta precios tampoco oficinas de asesoramiento técnico para dar a conocer e informar sobre los beneficios del tema.

Los sistemas de la agricultura de precisión tienen un costo muy alto para que los pequeños agricultores tengan acceso a ellos, el problema es que no cuenta con un capital de inversión alto y por ende tendrían la imposibilidad de superarse en la producción agrícola a pesar de tener los datos del NDVI.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

- Reconocer la utilidad que proporciona el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y su importancia y beneficios en la agricultura de precisión.

1.3.2. Específicos

- Difundir por medio de esta recolección de información la importancia de este índice NDVI (El índice diferencial de vegetación normalizado).
- Brindar a las poblaciones conocimientos adquiridos del estado de los cultivos.

1.5. Fundamentación teórica

El concepto sobre el que se basa la agricultura de precisión en aplicar la cantidad correcta de insumo en el momento adecuado y en el lugar exacto. Es el uso de la tecnología de la información para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad presente dentro de un lote. La agricultura de precisión involucra el uso de sistemas posicionamiento global (GPS) y de otros medios electrónicos para obtener datos del cultivo (García y Flego 2015).

La agricultura de precisión requiere el uso de las tecnologías de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) de sensores y satélites e imágenes aéreas, a las que se suman los Sistemas de Información Geográfica, para estimar, evaluar y entender las variaciones que se registran. La información recolectada de esta manera, puede luego ser utilizada para evaluar con mayor precisión la densidad óptima de siembra, estimar fertilizantes y otras entradas necesarias, y predecir con más exactitud la producción de los cultivos (Juárez 2015).

Esta tecnología contribuye a producir una agricultura más eficiente y ecológica. Nos permite ahorrar en productos fitosanitarios, abonos y reducir la cantidad de nitrógeno utilizado. Esto reduce los costes y permite optimizar la agricultura. También reducir el impacto medioambiental al optimizar la utilización de agua, pesticidas y combustible de maquinarias; así, con menos recursos se obtiene mayor producción, lo que permite hacer frente a la enorme reducción de tierra cultivable que vemos en nuestros días y al crecimiento de la población mundial (Qampo 2016).

La agricultura de precisión nos brinda la posibilidad de aplicar tratamientos distintos a escala local de un cultivo y obtener una mayor producción con un menor costo. A través de la elaboración de un mapa de rendimiento del cultivo se le puede aplicar una dosis variable de pesticidas, abonos, fertilizantes contribuyendo a minimizar el costo de la producción y a lograr un mejor equilibrio ambiental (Marote 2010).

La teledetección con imágenes de satélite, facilita la elaboración de mapas de recursos agrícolas y forestales. Con el tratamiento informático de las imágenes satélite se pueden discriminar las condiciones del suelo, los tipos de vegetación y su estado. A partir de estos datos es posible obtener la superficie cultivada o arbolada e incluso identificar las especies vegetales (Vivancos y Llastarri 2005).

La teledetección permite conocer todas las posibilidades tecnológicas que tienen a su alcance, por lo que se trata de una manera perfecta de comenzar a trabajar en la modernización de las explotaciones. Si quieren tomar decisiones eficientes y eficaces sobre sus cultivos, así como poner solución a problemas que no saben cómo resolver, esta puede ser una vía de salida perfectamente ajustada a sus necesidades (Agrotep 2019).

La teledetección aporta en:

- Mejora del diagnóstico de la vegetación (cultivo)
- Mejora de la gestión del riego
- Agilización en la toma de decisiones
- Optimización de la eficiencia en la utilización de insumos
- Reducción de los impactos ambientales
- Mejora en la conservación de los recursos naturales (CITA 2016)

Mediante el análisis multitemporal de imágenes de satélite, es posible hacer un seguimiento de la evolución de las diferentes comunidades vegetales y de los cultivos agrícolas. Los índices de vegetación son combinaciones de las bandas espectrales registradas por los satélites de teledetección, cuya función es realzar la cubierta vegetal en función de su respuesta espectral y atenuar los detalles de otros componentes como el suelo, la iluminación (Ramos 2017).

La ventaja de emplear datos satelitales para el pronóstico del rendimiento agrícola es su capacidad de observación global del territorio, aunque esta tecnología también tiene puntos débiles y restricciones (De la Casa y Ovando 2007).

Uno de los principales usos de la teledetección en los sistemas agrícolas es la identificación de cultivos o parcelas de regadío. Utilizando las imágenes de satélite se tiene la capacidad de elaborar mapas de cultivos, actualizarlos, estimar superficies y en consecuencia calcular la distribución espacial y temporal de sus necesidades hídricas en área extensas. La evolución anual del NDVI permite identificar el uso de suelo en una parcela determinada (Balbontin *et al.* 2016).

Los índices de vegetación permiten identificar superficies destinadas al cultivo, al caracterizar su distribución espacial, así como la evolución de su estado a lo largo del ciclo del cultivo. La interpretación del índice debe considerar los ciclos fenológicos y de desarrollo anuales para distinguir oscilaciones naturales de la vegetación de los cambios en la distribución temporal y espacial causados por otros factores (Mayorga *et al.* 2019).

Los índices de vegetación como un dispositivo de mapeo. En tal caso se usan los índices de vegetación para asistir en la clasificación de imágenes, distinguir áreas con vegetación de aquellas sin vegetación, para distinguir entre 38 diferentes tipos y densidades de vegetación y para monitorear variaciones estacionales en el vigor del vegetativo, abundancia y distribución (Gómez 2015).

El NDVI se utiliza en todo el mundo para hacer un seguimiento de las sequías, supervisar y predecir la producción agrícola, ayudar en la predicción de las zonas con riesgo de incendio y cartografiar la desertización. El NDVI es muy utilizado en el seguimiento de la vegetación global porque ayuda a compensar los cambios en las condiciones de iluminación, la pendiente de la superficie, la orientación y otros factores extraños (González *et al.* 2016).

El índice de vegetación diferencial normalizado permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial así como la evolución de su estado a lo largo del tiempo. Esto está determinado fundamentalmente por las condiciones climáticas. Uno de los índices de vegetación más utilizados es el NDVI (Helidroid 2014).

El NDVI, es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición (por medio de sensores remotos instalados comúnmente en una plataforma espacial) de

la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja (Martorell 2017).

El índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI) se utiliza para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación, con base en la medición de la intensidad de la radiación que la vegetación refleja y que se puede observar por medio de las bandas del espectro electromagnético (González *et al.* 2016).

A partir del NDVI se pueden estimar características de los cultivos (parámetros biofísicos) útiles para su monitorización. Algunas de estas características son la fracción de cobertura vegetal, el vigor, el índice de área foliar, la evolución fenológica, la radiación absorbida por las plantas, la biomasa seca producida, entre otras. Asimismo, con respecto a las necesidades de riego de los cultivos (Balbontin *et al.* 2016)

Las plantas absorben radiación solar en la región espectral de radiación fotosintética activa, la cual es usada como fuente de energía en el proceso de fotosíntesis. Las células vegetales han evolucionado para dispersar la radiación solar en la región espectral del infrarrojo cercano, la cual lleva aproximadamente la mitad del total de la energía solar, debido a que el nivel de energía por fotón en ese dominio (de longitud de onda mayor a los 700 nm) no es suficiente para sintetizar las moléculas orgánicas: una fuerte absorción en este punto sólo causaría en un sobrecalentamiento de la planta que dañaría los tejidos (Agrotep 2019).

El NDVI se utiliza en todo el mundo para hacer un seguimiento de las sequías, supervisar y predecir la producción agrícola, ayudar en la predicción de las zonas con riesgo de incendio y cartografiar la desertización. El NDVI es muy utilizado en el seguimiento de la vegetación global porque ayuda a

compensar los cambios en las condiciones de iluminación, la pendiente de la superficie, la orientación y otros factores extraños (Alarcón 2013).

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, también conocido como NDVI por sus siglas en inglés, es un índice de vegetación que se utiliza para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja. Para el cálculo de los índices de vegetación es necesaria la información que se encuentra en las bandas roja e infrarroja de ese espectro electromagnético (Ramos 2015).

La realidad, es que se está tomando el NDVI, como un dato que se puede usar directamente, por ejemplo, recetar cantidades de abonado. El NDVI, al igual que otros índices, nos da una idea de las diferencias que vemos en la parcela, pero no representa directamente por que se producen estas diferencias, y por supuesto no indica cómo trabajar para neutralizarlo (Morales 2017).

Los índices de vegetación son combinaciones de las bandas espectrales registradas por los satélites de teledetección, cuya función es realzar la vegetación en función de su respuesta espectral y atenuar los detalles de otros elementos como el suelo, la iluminación, el agua. El NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) es el índice de vegetación más utilizado (Mayorga *et al.* 2019).

Los valores del NDVI están en función de la energía absorbida o reflejada por las plantas en diversas partes del espectro electromagnético. La respuesta espectral que tiene la vegetación sana, muestra un claro contraste entre el espectro del visible, especialmente la banda roja, y el Infrarrojo Cercano (NIR) (García 2015).

1.6 Hipótesis

H_0 = No se lo debe usar por que podría recolectar datos erróneos de la medición o cartografiar la desertización o vegetación.

H_a = Se lo debe usar por la precisión que esta tiene gracia a los satélites con mejorados.

1.7 Metodología de investigación

Para el desarrollo de la investigación del documento se recolectará información bibliográfica artículos científicos, páginas web, y manuales técnicos.

La información obtenida fue efectuada mediante, síntesis y resumen, con la finalidad de dar a conocer sobre la importancia de la investigación adquirida para que los usuarios conozcan del tema.

CAPITULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

El presente documento se lo realizo con la finalidad de dar a conocer la influencia del índice de vegetación normalizada en la agricultura de precisión. Para que los agricultores tengan conocimiento como se pueden utilizar estas nuevas tecnologías.

El índice de vegetación normalizada permite captar imágenes de la vegetación o cultivo, para saber si hay incidencia de sequía. Este índice ayuda a saber las extensiones o hectáreas de cada cultivo en específico, como pueden ser los cultivos de maíz, arroz, banano entre otros.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

La agricultura de precisión va de la mano con la tecnología, porque esta ayuda a reconocer el lugar exacto donde esta con problemática el cultivo, así como ahorra costo de producción al agricultor ya que se aplica lo justo en el lugar correcto y no se desperdicia producto innecesariamente.

Esta tecnología no la utilizan directamente los agricultores, sino que son sistemas del gobierno que pueden acceder y brindar la información a los agricultores, aunque no todos se manejan a través de este sistema.

Los índices de vegetación normalizada captan imágenes de diferentes colores, cada color representa el estado de la parcela o cultivo, por ejemplo el color café representa sequía o cultivo muerto, verde son plantas saludables, verde claro falta de nutrientes o planta estresada.

2.3. Soluciones planteadas

Incentivar al agricultor a que se informe más sobre el índice de vegetación normalizada, para que optimice su producción anticipando las sequías y falta de nutrientes al cultivo.

Utilizar más tecnología al momento de realizar cultivos ya que reducen los costos de producción, debido a que se realizan aplicaciones exactas sin desperdiciar producto.

Realizar programas de créditos bancarios para invertir en las nuevas herramientas tecnológicas para el uso de la agricultura de precisión la cual está vinculada con los resultados del índice de vegetación normalizada.

2.4. Conclusiones

Por lo anteriormente detallado se concluye:

El índice vegetal de vegetación normalizada NDVI es de suma importancia para los agricultores, ya que nos ayuda a saber el estado de nuestros cultivos y a obtener un mejor desarrollo.

La aplicación de las nuevas tecnologías, ayudan al aumento de la productividad, así como la reducción de los costos de producción.

Por otro lado es de mucha importancia saber el manejo de estos índices ya que hoy en día los agricultores no tenemos conciencia del peligro que corremos en no saber el manejo de estos índice de la misma manera podemos estar seguros y tener un conocimiento constructivos como personas y poder manejar nuestros cultivos de forma favorable.

2.5. Recomendaciones (propuestas para mejorar el caso)

Por lo anteriormente detallado se recomienda:

Difundir el informe obtenido del NDVI, a través de informativos o publicaciones en las varias agencias del gobierno y del sector autónomo y privado, haciendo que el agricultor acceda fácilmente a esta información.

Incentivar al MAGAP, para que establezcan programas de esta tendencia para analizar la manera como puedan hacer mejor uso del sistema, para que así se fomente el uso del NDVI.

Promover que las instituciones públicas del Ministerio de Agricultura y Ganadería se desplacen a los diferentes lugares que se realiza producción agrícola para realizar charlas constructivas sobre el manejo de la tecnología que ellos utilizan para mejorar y despejar dudas sobre el índice de vegetación normalizada.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrotep. 2019. Aplicación de la teledetección en la agricultura (en línea, sitio web). Consultado 4 sep. 2020. Disponible en <https://agrotep.com/2019/08/01/aplicacion-de-la-teledeteccion-en-la-agricultura/>.
- _____. 2019. Estrés vegetal en la producción (en línea, sitio web). Consultado 7 sep. 2020. Disponible en <https://agrotep.com/2019/08/01/estres-vegetal-en-la-produccion/>.
- Balbontin Nesvara, C; Odi Lara, M; Poblete Toro, R; Garrido Rubio, J; Campos Rodriguez, I; Calera Belmonte, A. 2016. Uso de herramientas de teledetección y SIG para el manejo del riego en los cultivos. (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40534.pdf>.
- Caicedo Sterling, E; Peña Barrera, R. 2019. Analisis del indice normalizado de diferencia de vegetacion (NDVI) en la zona oriente del departamento del tolima (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://repositorio.unibague.edu.co/bitstream/20.500.12313/1250/1/Trabajo%20de%20grado.pdf>.
- De la Casa, A; Ovando, G. 2007. Integración del Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI) y del Ciclo Fenológico de Maíz para Estimar el Rendimiento a Escala Departamental en Córdoba, Argentina (en línea). Agricultura Técnica 67(4):362-371. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0365-28072007000400004>.
- CITA, C de I y TA. 2016. La teledetección como herramienta de apoyo en la gestión en agricultura (en línea). s.l., s.e. Disponible en file:///C:/Users/win7/Downloads/2013_100.pdf.
- Garcia, E; Flego, F. 2015. Agricultura de Precision (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://www.maquinac.com/wp-content/uploads/2015/07/Agricultura-de-Precision-Universidad-de-Palermo.pdf>.

García-Cervigón, D; José, J. 2015. Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión. :78.

Gomez Almonte, MK. 2015. ÍNDICE DE VEGETACIÓN EN ÁREAS DEL BOSQUE SECO DEL NOROESTE DEL PERÚ A PARTIR DE IMÁGENES SATELITALES (en línea). :131. Disponible en http://infobosques.com/portal/wp-content/uploads/2016/09/ING_422.pdf.

González, A; Amarillo, G; Amarillo, M; Sarmiento, F. 2016. Drones Aplicados a la Agricultura de Precisión (en línea). Publicaciones e Investigación 10:23-37. DOI: <https://doi.org/10.22490/25394088.1585>.

Helidroid. 2014. Agricultura de Precisión (en línea, sitio web). Consultado 4 sep. 2020. Disponible en <http://www.helidroid.com/agricultura-de-precision.php>.

Juarez, M. 2015. Importancia de la agricultura de precisión (en línea, sitio web). Consultado 5 sep. 2020. Disponible en <https://www.agromagazine.tv/importancia-de-la-agricultura-de-precision/>.

Marote, M. 2010. Importancia de la Agricultura de precision (en línea). s.l., s.e. Disponible en https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2012/cyt/numero10/10N_ISEU_CyT10.pdf.

Martorell, A. 2017. El NDVI o Índice de vegetación de diferencia normalizada (en línea, sitio web). Consultado 9 sep. 2020. Disponible en <https://geoinnova.org/blog-territorio/ndvi-indice-vegetacion/>.

Mayorga Arias, D; Pazos Roldan, MVH; Uvidia Velez, M. 2019. Uso del índice normalizado de vegetación para la elaboración de planos de cultivo | Opuntia Brava (en línea, sitio web). Consultado 9 sep. 2020. Disponible en <http://200.14.53.83/index.php/opuntiabrava/article/view/760>.

- Morales, E por N. 2017. El NDVI o Índice de vegetación de diferencia normalizada (en línea, sitio web). Consultado 5 sep. 2020. Disponible en <https://agriculturers.com/el-ndvi-o-indice-de-vegetacion-de-diferencia-normalizada/>.
- Paula Alarcon, PA. 2013. Elaboracion de mapas tematicos WMS sobre cobertura vegetal de la microcuenca e indice de vegetacion de la laguna de Colta vinculados con los servicios WMS del IGM, MAE, MAGAP (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3023/1/109901.pdf>.
- Qampo. 2016. La agricultura de precisión (en línea, sitio web). Consultado 5 sep. 2020. Disponible en <https://qampo.es/la-agricultura-de-precision/>.
- Ramos, D. 2017. Los 6 Índices de Vegetación para completar el NDVI - MappingGIS (en línea, sitio web). Consultado 7 sep. 2020. Disponible en <https://mappinggis.com/2020/07/los-6-indices-de-vegetacion-para-completar-el-ndvi/>.
- Ramos, DA. 2015. NDVI: Qué es y cómo calcularlo con SAGA desde QGIS (en línea, sitio web). Consultado 5 sep. 2020. Disponible en <https://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlo-con-saga-desde-qgis/>.
- Vivancos, J; Llastarri, A. 2005. Estudio de la vegetación y Teledetección. Text (en línea, sitio web). Consultado 7 sep. 2020. Disponible en http://200.116.181.65/principal/tierra/unidad2/td_ndvi.htm.