

USO DE MEDIDORES DE CLOROFILA COMO INSTRUMENTO PARA OPTIMIZAR EL NITROGENO EN CULTIVOS DE PASTO.

Use of chlorophyll meters as an instrument to optimize nitrogen in grass crops.

Eudes Zapata Sanjuán¹, Elaine de Ávila Baute².

¹ Ingeniero de Sistema, Instructor Sennova, email: ezapata@sena.edu.co

² Tecnóloga en Producción agrícola, Semillero Timag, email: elainebaute1@gmail.com

RESUMEN

Los agricultores de la región deben apostar por la tecnología en el sector para hacer frente a los retos del cambio climático, El uso de la tecnología es una forma de mitigar ese impacto y producir de manera más eficiente.

El estudio se llevó a cabo en el Centro Biotecnológico del caribe, en el lote 2 ubicado en el municipio de Valledupar.. Se encontró que donde se aplicó el nitrógeno de manera puntual (por georreferenciación) el cultivo mejoro los niveles de clorofila en un 100% haciendo más estandarizado el verdor de los pastizales.

Con esta investigación se pretende que los productores aprendan de primera mano cómo se pueden adaptar a los nuevos retos y conozcan como el manejo de clorofilómetros nos permitirán utilizar el nitrógeno de manera óptima en los cultivos de pasto.

Palabras Claves: Nitrógeno, Agricultura de precisión, Clorofila, Pastos, Clorofilómetros.

ABSTRACT.

Farmers in the region must bet on technology in the sector to face the challenges of climate change. The use of technology is a way to mitigate that impact and produce in a more efficient way.

The study was carried out at the Caribbean Biotechnology Center, in lot 2 (10 ° 24'7.2 "N 73 ° 14'2.399" W) located in the municipality of Valledupar. In this area of 4.5 ha mainly pastures and fodder and protein crops are grown. Work has been done on this area due to the good condition of the crop and the favorable conditions to which it has been subjected due to permanent irrigation. It was found that where nitrogen was applied in a timely manner (by georeferencing), the crop improved chlorophyll levels by 100%, making the verdure of grasslands more standardized.

With this research, it is intended that producers learn firsthand how they can adapt to new challenges and how chlorophyllometry management will allow us to optimally use nitrogen in pasture crops.

Keywords: Nitrogen, Precision Agriculture, Chlorophyll, Pastures, Chlorofilometers.

INTRODUCCIÓN.

La agricultura se considera una de las actividades económicas, sociales y ambientales más esenciales para el desarrollo humano en la costa norte de Colombia. Ésta, además de tener consecuencias ambientales, construye el paisaje, aporta ventajas medioambientales en la conservación del suelo, preservando la biodiversidad y procura una gestión sostenible de los recursos naturales.

Con el aumento de la población en los centros urbanos, la reducción de las tierras cultivables y el cambio climático, la agricultura de la región se ha lanzado a la búsqueda de nuevas formas para mejorar la productividad y la sostenibilidad surgiendo así el concepto de la agricultura de precisión. Esto ha llevado al SENA a buscar diferentes formas de incorporar las nuevas tecnologías en los sistemas agronómicos, existiendo hoy en día una necesidad fundamental de técnicas precisas y eficientes en la agricultura, que permitan a los agricultores con un gasto mínimo de insumos alcanzar una alta producción.

La variabilidad espacial y las variaciones en las características del suelo afectan al uso de nutrientes por parte del cultivo. Con el fin de

reducir la pérdida de nutrientes a nivel de campo, se necesita información acerca de la variabilidad de los nutrientes disponibles en las plantas y, por lo tanto, del estado nutricional de éstas. Nuestro objetivo es poder determinar los niveles de nitrógeno en las plantas mediante el uso del clorofilometro, el cual mediante el GPS nos permitirá un cultivo de alto rendimiento en cada uno de los lotes cultivado, a nivel mundial el uso de esta tecnología es de uso diario, con beneficios comprobados por esta razón es de prioridad conocer y adaptar estas tecnologías para transferírselas a los agricultores de la región.

El nitrógeno (N), después del carbono y del agua, es el nutriente más limitante para el crecimiento de plantas, en la mayoría de los ecosistemas terrestres y acuáticos. El N es el nutriente más utilizado como fertilizante en los cultivos vegetales, siendo el responsable del desarrollo verde de las hojas, debido a que el nitrógeno forma parte de la molécula de la clorofila. Los resultados de una insuficiente concentración de nitrógeno se reflejan en un crecimiento pobre del cultivo y en un menor rendimiento del mismo.

La efectividad de uso y la recuperación relativa de nitrógeno depende del tipo de cultivo y de su manejo, entre otros componentes. El cultivo de pasto en riego por aspersión tiene una eficacia en el uso de nitrógeno de 19%. Con relación al agua, generalmente el agricultor abusa de este recurso hídrico aplicando dosis muy por arriba de las calculadas, ya sea por desconocimiento o por considerar que con una mayor Cantidad de agua se obtienen mayores rendimientos y se controlan mejor las plagas. Bajo el criterio de la agricultura de precisión, el beneficio de medidores de clorofila es útil al

momento de definir criterios rápidos y monitorear carencias de N o para disponer la efectividad de una fertilización. La efectividad de manejar este nutriente es casi nula. Lo anterior ocasiona no solamente baja productividad en el cultivo, sino también problemas al instante de aplicarle riego. Medir la cantidad real de contenido de clorofila y nitrógeno es útil en estos casos. Si se mide el contenido y se aplican los fertilizantes de acuerdo a la necesidad real de la planta será beneficioso tanto para la cosecha, como para el agricultor.

1.METODOLOGÍA

El artículo está derivado de la investigación “Optimización del recurso hídrico en cultivos de pastos y forrajes, utilizando técnica de teledetección en el Centro de Biotecnológico del Caribe y Fincas de la región”

Esta investigación fue realizada por el semillero TIMAG con recursos de SENNOVA ver Figura 1. El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo.

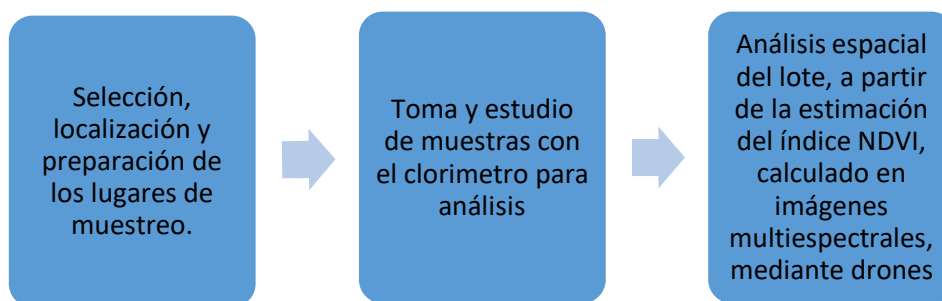


Figura 1. Metodología de la investigación

2.MATERIALES Y METODOS.

2.1Área de Estudio:

El estudio se llevó a cabo en el Centro Biotecnológico del caribe (Figura 2), en el lote 2 (10°24'7.2"N 73°14'2.399"O) ubicado en el municipio de Valledupar. En esta área de 4.5 ha se cultivan

principalmente pastos y forrajes y cultivos de proteínas. Se ha trabajado sobre esta área debido al buen estado del cultivo y a las condiciones favorables al que ha sido sometido por tener riego permanente

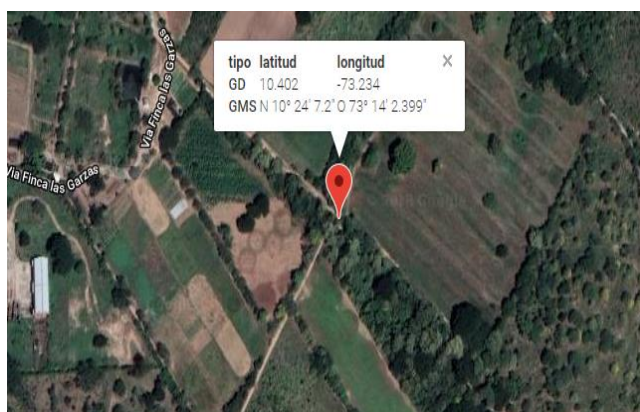


Figura 2. Ubicación del predio lote 2, Centro Biotecnológico del Caribe–Valledupar

2.2.1Descripción del Área de Estudio

Con el objetivo de llevar un seguimiento generalizado del lote a analizar se han ido llevando a cabo múltiples estudios tanto climatológicos como edafológicos para poder asegurar un estado saludable y eficiente del lote de cultivo. En las siguientes gráficas se muestran los diferentes estudios que se han llevado a cabo durante estos últimos meses.

Los factores climatológicos que se presentarán a continuación son los que más afectan e influyen a la producción de pasturas, aunque su influencia en el cultivo también depende de las características de la localidad geográfica y de las condiciones de producción Figuras 3 y 4.



Figura 3. Área de Estudio, Centro Biotecnológico del Caribe – Valledupar



Figura 4. Ubicación georreferenciada de las muestras en lote 2.

a. Métodos de Medición de la Clorofila y el Nitrógeno.

Las necesidades de nitrógeno en las plantas se determinan a través de métodos directos e indirectos, que miden el

nitrógeno mineral en el suelo y en las plantas y la respuesta de éstas al fertilizante. En las plantas, los métodos directos incluyen la medición de la concentración de nitratos en los peciolo,

el contenido de nitrógeno total de la hoja y la actividad de la nitrato-reductasa. Sin embargo, estos métodos además de ser destructivos, resultan costosos, y tienen la desventaja de tardar varios días para ofrecer resultados, lo que dificulta la toma inmediata de decisiones para corregir posibles problemas en la fertilización. Por lo anterior, se recurre a métodos indirectos mediante los cuales es posible diagnosticar deficiencias de nitrógeno de forma rápida y sin realizar muestreos destructivos en las plantas. Entre dichos métodos se

destaca el uso de tablas de colores, fotografías aéreas, sensores del cultivo en tiempo real, medidores portátiles de clorofila y el uso de modelos basados en la fisiología del cultivo.

destaca el uso de tablas de colores, fotografías aéreas, sensores del cultivo en tiempo real, medidores portátiles de clorofila y el uso de modelos basados en la fisiología del cultivo. Este mide el índice de verdor, el cual está directamente relacionado con el contenido de clorofila en las hojas de la planta. Este equipo portátil permite evaluar indirectamente y de forma no destructiva el contenido de clorofila de la hoja por medio de la luz transmitida a través de esta en 650 nm y 940 nm.

El dispositivo para determinar el nitrógeno foliar usado fue, el medidor de clorofila Opti-Sciences® CCM-200 plus (figura 5)



179

Figura 5. Clorofilometro Opti-Sciences®
CCM-200 plus del CBC

La clorofila tiene varias características distintas de absorción óptica que el CCM-200 plus explota para determinar la concentración relativa de clorofila. Las

bandas de absorbancia fuertes están presentes en azul y rojo, pero no en las bandas verde o infrarroja (figura 6)

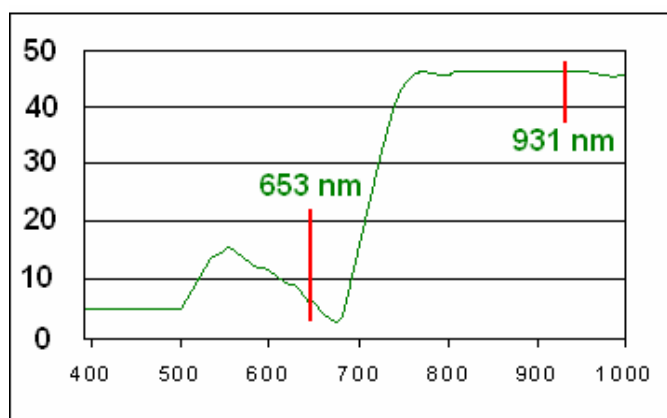


Figura 6. Absorbancia de clorofila
CCI = % transmitancia a 931 nm. / % Transmitancia a 653 nm.

El CCM-200 plus mide la transmitancia de luz a través de hojas y se basa en esta

correlación. Sin embargo, la capacidad de predicción del nitrógeno con el CCM-200

plus es variable, viéndose afectado por varios factores como el tipo de cultivo, las condiciones ambientales, la etapa de crecimiento de las plantas, las Enfermedades y las plagas. Se encontró que los datos del clorofilometro están

estrechamente correlacionados con las mediciones destructivas de clorofila para hojas con concentraciones de entre 100 y 600 mg m⁻², sobreestimando consistentemente la clorofila que se encuentra fuera de este rango.



Figura 7. Valores Toma de muestras con el clorofilometro lote 2.

Con el clorofilo metro se estudió el nivel de nitrógeno en las plantas, nos dirigimos al cultivo y se tomó una muestra cada 5 plantas, para obtener mejores resultados, este procedimiento se realizó 3 veces, las Últimas tomas en partes estratégicas del cultivo (Figura 7).

2.2 Índices de vegetación.

Los índices de vegetación combinan información espectral contenida en dos o más bandas, usualmente en el VIS y NIR, o ambos. Éstos se han desarrollado como un intento de reducir los efectos espectrales causados por factores externos como la atmósfera y el fondo de suelo. Los

índices de vegetación tienen como objetivo la extracción de información.

Dentro de los cuales se destaca el NDVI(NormalizedDifferenceVegetationIndex), basado en el comportamiento

Con el objetivo de comprobar la viabilidad del área de muestreo asegurando que el campo de cultivo era una zona apta para llevar a cabo la recogida de muestras, se realizó un estudio capas de reflejar el vigor vegetativo. Dicho estudio es el NDVI.

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).

En el cálculo de estos índices se utilizan los valores de reflectancia en las bandas visibles del rojo (R) y la reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR), tal como muestran las expresiones siguientes:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

radiométrico de la vegetación y relacionado con la actividad fotosintética y la estructura foliar de las plantas, permitiendo determinar la vigorosidad de la planta

Donde ϕ NIR es la reflectancia espectral en el infrarrojo cercano (760-900 nm) y ϕ RED es la reflectancia espectral en el rojo (630-690 nm). Esta fórmula indica que existe una relación inversa entre el valor de reflectancia de estas bandas, por lo que es posible su uso para discriminación de cubiertas vegetales.

El resultado final es un valor adimensional que se correlaciona con el vigor vegetativo del pasto. En general, los mayores valores de estos índices son indicativos de cultivos con mejor estado sanitario y mayor desarrollo foliar.

Por medio del drone disco pro Ag (Figura 8) se tomaron fotografías para generar orto imágenes georreferenciadas, un modelo digital de superficie (DMS) y nubes de puntos utilizando el software

fotogramétrico “Pix4dmapper”, por medio de la teledetección obtuvimos información integrada con el área. Las fotografías del

cultivo nos aproximan al nivel de clorofila en las plantas, esto lo correlacionamos con el estado del cultivo y la cantidad de biomasa.



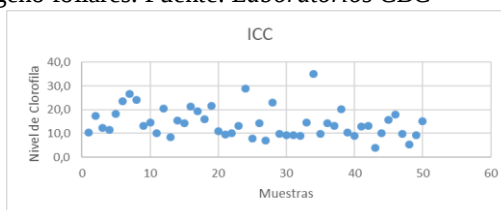
Figura 8. Drone de ala fija Parrot disco Pro AG

3. RESULTADOS.

Los resultados muestran que en el lote estudiado existe una tendencia a descender los niveles tanto de humedad como de nitrógeno, ya que fueron significativas algunas de las variables como son humedad, pH, elementos mayores y menores, provocando el bajo rendimiento del cultivo, así lo demuestra la significancia obtenida en la variable CLOROFILOMETRO (Tabla 1). Estos efectos se tienen también en forma contraria, es decir, mayor rendimiento de cierta parte en los niveles altos de nitrógeno por la aplicación de riego. Los resultados de las correlaciones nos dicen

que entre la cantidad de agua exacta y la dosis de nitrógenos influye significativamente en el cultivo, y esto a su vez influye en el porcentaje de la extracción del pasto al momento de la cosecha (figura 9). Por lo tanto, es conveniente que las plantas contengan un óptimo nivel de riego. Para que pueda haber un mejor balance, y poder obtener así un mejor número de plántulas verdes y vigorosas al momento de la extracción además de que al tener plantas con buen sistema, se podrá satisfacer las necesidades

Tabla 1 Concentraciones de nitrógeno foliares. Fuente: *Laboratorios CBC*



CLOROFILOMETRO							
No.	LATITUD	LONGITUD	ICC				
1	10.402.744	-73.234.906	10.3	25	10.403.123	-73.234.297	7.9
2	10.402.723	-73.234.811	17.3	26	10.403.182	-73.234.377	14.3
3	10.402.690	-73.234.760	12.4	27	1.040.239	-73.234.447	7.1
4	10.402.654	-73.234.728	11.6	28	10.403.278	-73.234.517	23.0
5	10.402.607	-73.234.714	18.2	29	10.403.272	-73.233.801	9.7
6	10.402.562	-73.234.574	23.5	30	10.403.329	-73.233.885	9.2
7	10.402.527	-73.234.619	26.7	31	10.403.376	-73.233.962	9.3
8	10.402.491	-73.234.507	24.0	32	10.403.487	-7.323.408	9.0
9	10.402.410	-73.234.441	13.3	33	10.403.558	-73.234.208	14.5
10	10.402.385	-73.234.397	14.7	34	10.403.606	-73.234.307	34.9
11	10.402.363	-73.234.357	10.1	35	10.403.741	-73.233.489	9.7
12	10.402.335	-73.234.299	20.5	36	1.040.376	-73.233.582	14.2
13	10.402.562	-73.234.192	8.3	37	10.403.835	-73.233.694	13.1
14	10.402.628	-73.234.206	15.3	38	10.403.892	-73.233.845	20.2
15	10.402.527	-73.234.619	14.2	39	10.403.922	-73.233.926	10.3
16	10.402.680	-73.234.248	21.3	40	10.404.031	-73.234.121	9.1
17	10.402.751	-73.234.324	19.4	41	10.404.086	-73.233.296	12.9
18	10.402.818	-73.234.434	15.9	42	10.404.184	-73.233.513	13.2
19	10.402.860	-73.234.493	21.7	43	10.404.268	-73.233.641	3.8
20	10.402.894	-73.234.589	10.8	44	10.404.337	-73.233.752	10.0
21	10.402.933	-73.234.656	9.4	45	10.404.433	-7.323.386	15.6
22	10.402.991	-73.234.761	10.0	46	10.404.266	-73.233.238	17.8
23	10.402.967	-73.234.078	13.2	47	10.404.301	-7.323.335	9.8
24	10.403.091	-73.234.421	28.8	48	10.404.401	-73.233.466	5.2
				49	10.404.447	-73.233.625	9.2
				50	1.040.453	-73.233.756	15.0



Figura 9. Variabilidad de las muestras lote 2
En los puntos bajos de nivel de clorofila
mediante el GPS suministramos Nitrógeno

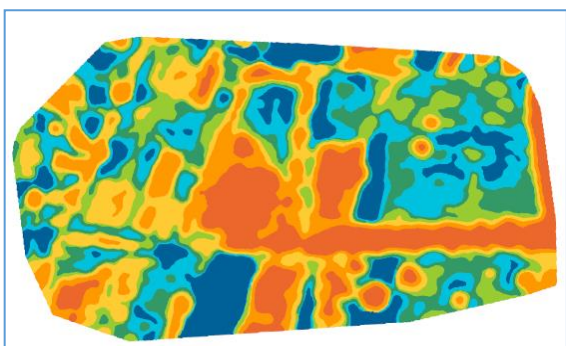


Figura 10. Resultado espacial de las muestras
tomadas

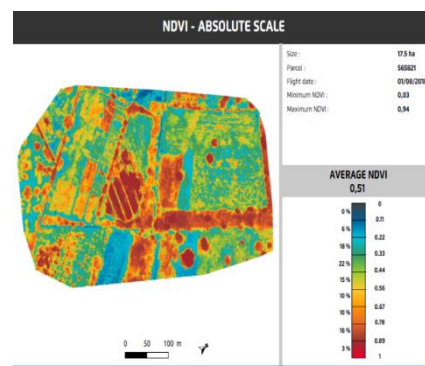


Figura 11. Resultado espacial aplicando
Nitrógeno

(Urea) de manera particular en cada uno de ellos,
y se logró mejorar el rendimiento en cada uno de
ellos como nos muestra la Figura 10 y 1

3.1 Índices de Vegetación NDVI.

En las siguientes imágenes tomadas desde una
plataforma aérea se pueden observar los
resultados obtenidos analizando los índices
mencionados anteriormente (Figuras 10 y 11) y
sus respectivas representaciones en NDVI
(Figuras 12 y 13).



Figura 12. NDVI escala absoluta 1 a0.

Figura 13. NDVI lote 2.

El análisis de las imágenes multiespectrales del dron y las muestras en tierra con el clorofilometro nos permitió contrastar las dos

mediciones y el seguimiento en los puntos críticos del cultivo

4. CONCLUSIONES.

Utilizar tecnología como la agricultura de precisión en el análisis del estado en cultivos nos permiten tomar decisiones productivas para el área agrícola de la entidad, Utilizando una herramienta como el clorofilometro, permitió determinar con precisión el contenido de clorofila en los pastos y forrajes del centro llevando a mejorar los programas de manejo de nitrógeno, limitando la variabilidad en la producción del cultivo. Debido a que el nitrógeno es una parte de la clorofila, al medir la clorofila, uno puede medir indirectamente el can

nttidad de nitrógeno en la planta, evaluar fácilmente la salud de las plantas y alertarse sobre cualquier deficiencia que pueda requerir fertilización. Una herramienta imprescindible para los agricultores del siglo 21. Ventaja del uso de esta herramienta: No invasiva debido a la alta correlación entre el estado de N y el contenido de la hoja de clorofila y su Portabilidad. Desventajas: No se puede detectar en cultivos demasiado fertilizados debido a la saturación de la clorofila. Baja sensibilidad para detectar el estrés N en las primeras etapas.

5. RECOMENDACIONES.

Es importante dar a conocer a los gremios de la región de adoptar el uso de herramientas de precisión que les permitan la toma de decisiones en el momento oportuno, ya que estas captan lo invisible e identifican las necesidades de las plantas, aportando información donde se requiere con exactitud, optimizando el uso de fertilizantes según las necesidades y en los sitios requeridos.

BIBLIOGRAFIA.

Calderón, L. A., Bernal, A. M., & Pérez, M. M. (2011). Ensayo preliminar sobre la utilización de un medidor portátil de clorofila para estimar el nitrógeno foliar en orégano (*Origanum vulgare* L.). Revista FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS, 7, 150–165.

Castillo, R., & Adolfo, G. (2010). Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano. Corpoica. Ciencia Y Tecnología, 11, 8.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Ed. Academic PRESS

New York. USA, p. 78.

Patane, P., & Vibhute, A. (2014). Chlorophyll and Nitrogen Estimation Techniques: A Review, 2(4), 33–41.

Römheld, V. 2000. The chlorosis paradox: Fe inactivation as a secondary event in chlorotic leaves in grapevine. J. Plant Nutr. 23, 1629–1643.

Saxena, L., Armstrong, L., Saxena, L. P., & Armstrong, L. J. (2014). A survey of image processing techniques for agriculture. ECU Publications Post, 401–413. Retrieved from <http://ro.ecu.edu.au/ecuworkspost2013/854>.

Ulissi, V., Antonucci, F., Benincasa, P., Farneselli, M., Pari, L., & Menesatti, P. (2011). Nitrogen Concentration Estimation in Tomato Leaves by VIS-NIR Non-Destructive Spectroscopy. Sensors, 11(3), 6411–6424.

<https://doi.org/10.3390/s110606411>.

Vance, C. P. 1998. Legumes symbiotic nitrogen fixation: Agronomic aspects. En: The rhizobiaceae. Ed: Spalink, H. P.; Kondorosi, A.; Hooykaas, P. J. J. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Netherlands, pp. 509-530.