



Estimación de la calidad del pastizal de agostadero mediante análisis de imágenes aéreas multiespectrales

Carlos Alberto Contreras Verteramo
Alda Nelly Aradillas Ponce
Jesús Gómez Castellanos
Email autor correspondiente:
Área de participación:

Instituto Tecnológico Superior de Pánuco
Instituto Tecnológico Superior de Pánuco
Instituto Tecnológico Superior de Pánuco
contrerc@itspanuco.edu.mx
Ambiental

RESUMEN

La calidad del forraje es un importante atributo de los pastizales de agostadero para los sistemas de producción agropecuaria, el estudio de su comportamiento a través del tiempo es un objetivo común en el manejo de este tipo de actividades. Debido a que los métodos tradicionales de estimación de la calidad del forraje son laboriosos y complicados, se dificulta la recolección periódica de datos durante tiempo prolongado. Las tecnologías basadas en imágenes aéreas, complementadas con información obtenida en campo permiten realizar monitoreos y observar tendencias en el uso de los recursos naturales a través del tiempo. En este proyecto se planteó determinar la calidad del forraje en pastizales destinados a la ganadería extensiva, analizando la relación entre el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), calculado a partir de imágenes aéreas multiespectrales y las características físicas de la vegetación medidas con procedimientos tradicionales. El propósito del proyecto fue desarrollar un método indirecto de estimación de calidad en pastizales de agostadero mediante el cálculo de la relación entre el NDVI y las características físicas de la vegetación, que permita optimizar el uso de recursos en los sistemas de producción pecuaria.

Palabras clave: Pastizal, calidad de forraje, NDVI, ganadería extensiva.

INTRODUCCIÓN

La ganadería en México inició alrededor del año 1524, con la introducción del ganado bovino por los españoles a las costas de Veracruz, específicamente a las zonas de Alvarado, Coatzacoalcos y Pánuco, a este último sitio llegaron en 1527, introducidas por el conquistador Nuño de Guzmán. Las condiciones naturales permitieron la reproducción exitosa de la especie hasta convertirse en los animales más útiles del continente (Saucedo 1984; Barrera-Bassols 1996).

Los pastizales se definen como comunidades vegetales dominadas por gramíneas y algunas otras familias que cubren grandes extensiones de terrenos de topografía leve o accidentada; cualquier área que produce forraje ya sea en forma de zacate, plantas parecidas a los zacates, leguminosas, arbustos ramoneo y hierbas o mezclas de estas. En México, el término pastizal se usa en forma genérica al hacer referencia a todas las tierras de pastoreo con vegetación nativa y en algunas ocasiones inducida o naturalizada, pudiendo incluir matorrales, vegetación riparia y bosques, que concuerda con la nomenclatura de COTECOCA (González y Fierro 1985; Fierro 2001).

La presencia de pastizales naturales determinó en gran medida el establecimiento de la ganadería, pero fue el desmonte y creación de pastizales inducidos lo que favoreció su desarrollo. En México, la historia de deterioro de los pastizales se remonta 150 años atrás, pero en la década de los 60 ya se contaba con evidencia de estos cambios (CFAN-CID 1965). A nivel mundial, los sistemas agropecuarios están sujetos a cambios importantes en su funcionamiento debido a factores económicos, ambientales y sociales. Los mercados, la sociedad y los gobiernos constantemente requieren que los negocios basados en actividades agrícolas y pecuarias mejoren la seguridad, sanidad y calidad de sus productos, debiendo lograr rentabilidad económica, pero respetando limitaciones sociales y ambientales (Pullanagari *et al.* 2013).

ANTECEDENTES

La ganadería es una de las actividades económicas de mayor tradición sustentada bajo el sistema vaca-cría. Los pastizales constituyen la principal fuente de alimentación de este sistema y como consecuencia tienen un efecto directo sobre las decisiones y operaciones en los sistemas de producción animal de tipo extensivo (Chávez y González 2009).

En México, la atención gubernamental y sus programas orientados a la ganadería tradicionalmente atienden los efectos en el componente animal, por lo que el pastizal es un recurso al que se le ha dado poca importancia debido a su complejidad y magnitud, originando

una deficiente planeación en la producción ganadera de tipo extensivo. La falta de atención oficial, aunada a la permanente degradación de los pastizales, hace necesario el monitoreo continuo de la calidad de los agostaderos, requiriéndose el establecimiento de protocolos confiables, rápidos y económicos (Echavarría-Chairez *et al.* 2015).

Un manejo deficiente de los recursos naturales y las alteraciones climáticas han repercutido de forma negativa en las condiciones generales de los pastizales abiertos. Como resultado de la continua degradación de los suelos se puede observar una gradual disminución en la producción de materia seca (Serna y Echavarría 2007).

Es necesaria una selección de acciones sustentables apoyada en la prospectiva de revisar la viabilidad de la adopción de medidas para mitigar los efectos negativos del manejo deficiente de los pastizales, desde la perspectiva de la responsabilidad de los ganaderos en el manejo de sus pastizales. Este tipo de acciones requiere tomar en cuenta el uso de tecnologías emergentes y procedimientos holísticos que permitan el monitoreo permanente de los ecosistemas de pastizal, así como el conocimiento del estado que guardan las tierras de pastoreo y recursos asociados en los ranchos ganaderos desde una perspectiva más amplia, que considere factores como clima, suelos, vegetación y biodiversidad entre otros (Pinedo *et al.* 2013).

La percepción remota ha contribuido en gran medida a la comprensión de los paisajes naturales como sistemas complejos e integrados, ofreciendo una gran herramienta para identificar cambios en el uso o cobertura del terreno o la identificación de problemáticas ambientales. El uso de sistemas de teledetección se asocia a las descripciones de tipos de uso o cobertura del suelo, caracterizando la heterogeneidad del paisaje y su patrón espacial (McGarigal *et al.* 2005; Paruelo 2008)

El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) se calcula como $(NIR - Red) / (NIR + Red)$ donde NIR y Red son las cantidades de luz de los espectros infrarrojo cercano y rojo respectivamente, reflejados por una superficie. Este índice se correlaciona con la radiación fotosintéticamente activa absorbida por las plantas, capacidad fotosintética, producción primaria neta, índice de área foliar, asimilación de carbono y evapotranspiración. El NDVI permite monitorear la fotosíntesis en la vegetación a lo largo del tiempo y hace posibles las comparaciones espacio temporales (Pettorelli *et al.* 2011).

MÉTODO

Área de estudio

El estudio se realizó en dos predios ganaderos del municipio de Pánuco, Veracruz, ubicados entre los 21° 46' y 21° 52' de latitud Norte y entre los 98° 15' y 98° 20' de longitud Oeste. El clima de la región se clasifica como cálido sub-húmedo con lluvias en Verano (Aw); la mayor parte de la precipitación se presenta entre junio y octubre, mientras que la época de sequía ocurre entre febrero y mayo. Los valores más altos de temperatura se registran de mayo a septiembre y los menores entre diciembre y febrero (García 2004). La principal actividad productiva desarrollada en estos predios es la ganadería extensiva de bovinos para abasto, con cargas que fluctúan entre de 0.5 y 0.8 unidades animales por hectárea (UA/ha).

La vegetación característica de los sitios de muestreo está conformada por pastizales inducidos de *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha*, *Digitaria decumbens* y *Cynodon dactylon*, así como pasto invasor carretero (*Botriochloa pertusa*). También es posible observar con diferente grado de presencia, especies arbóreas y arbustivas nativas, típicas de selva baja espinosa como chijol (*Piscidia communis*), guásima (*Guazuma ulmifolia*), ébano (*Ebenopsis ebano*), huizache (*Acacia farnesiana*), gavia (*A. pringlei*), cornezuelo (*A. cornigera*), limoncillo (*Xanthoxylum fagara*), pusgual (*Croton cortesianus*) uña de gato (*A. gregii*), palma real (*Sabal mexicana*), cerón (*Phyllostylon brasiliense*), chaca (*Bursera simaruba*) y mezquite (*Prosopis glandulosa*), entre otras.

Colecta de muestras

Los sitios de muestreo fueron 15 parcelas de cien metros cuadrados (10 m x 10 m) libres de árboles establecidas previamente en cada uno de los predios.

Para capturar imágenes multiespectrales se empleó un vehículo aéreo no tripulado (VANT) de tipo cuadrocóptero equipado con una cámara multiespectral con capacidad para registrar imágenes en los espectros rojo, verde e infrarrojo cercano.

De forma paralela, en cada parcela se midieron los porcentajes de la superficie cubiertos por vegetación seca, vegetación verde y con suelo desnudo, se registró también el tiempo transcurrido desde el último periodo de pastoreo.

El método empleado para evaluar las características de la vegetación fue el de intercepción de línea desarrollado por Canfield (1941) y consiste en colocar líneas divididas en varios intervalos de la misma longitud a través de la comunidad vegetal que pueden visualizarse como transectos sumamente delgados, en los que se cuantificará la distancia interceptada por cada una de las características vegetales.

Los porcentajes de la superficie cubiertos por vegetación seca y verde se calcularon registrando la distancia que abarca su cobertura, es decir la longitud del segmento de la línea interceptado por las plantas, también se registró el suelo desnudo (sin cobertura vegetal).

También se solicitó a los responsables del pastoreo en cada uno de los ranchos que estimara la calidad de cada uno de los potreros basándose en su experiencia, esta variable se denominó calidad estimada.

Procesamiento de la información y análisis de datos.

El análisis de datos se realizó en el Instituto Tecnológico Superior de Pánuco que cuenta con espacio físico en el laboratorio del área de investigación, un vehículo aéreo no tripulado (dron cuadricóptero), cámara multiespectral, tableta electrónica, equipo de cómputo de laboratorio, equipo de cómputo para campo, vehículo para el transporte a los sitios de colecta de datos en campo.

El procesamiento de las imágenes digitales multiespectrales, así como la captura y análisis de los datos físicos de vegetación para el establecimiento de los valores de calidad de pastizal se realizaron en el laboratorio del área de investigación del Instituto Tecnológico Superior de Pánuco.

Se utilizó una computadora personal y el software PixelWrench para obtener el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) de cada una de las imágenes captadas en campo, posteriormente se calculó la relación entre los valores de NDVI y los parámetros físicos de calidad del pastizal mediante el programa estadístico XLStat.

Materiales

Cámara multiespectral para vehículo aéreo no tripulado

Refacciones para vehículo aéreo no tripulado

Refacciones para equipo de cómputo

Software Pix4D

Software XLStat

Inversor de corriente

Cinta métrica (25 m)

RESULTADOS

La relación entre el NDVI y la calidad del pastizal estimada por personal del rancho fue positiva ($R = 0.933$), ajustándose a un modelo lineal ($R^2 = 0.87$) y altamente significativa ($p < 0.0001$) (Figura 1).

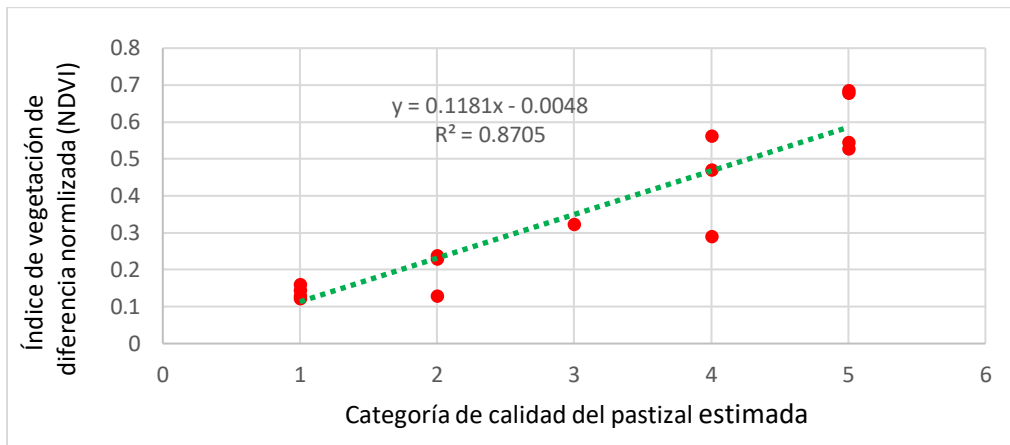


Figura 1. Relación entre NDVI y calidad estimada del pastizal.

También se identificó relación positiva entre el NDVI y la superficie cubierta por vegetación de color verde (fresca) ($R = 0.9278$), la variación fue explicada por un modelo lineal ($R^2 = 0.8608$; $p < 0.0001$) (Figura 2).

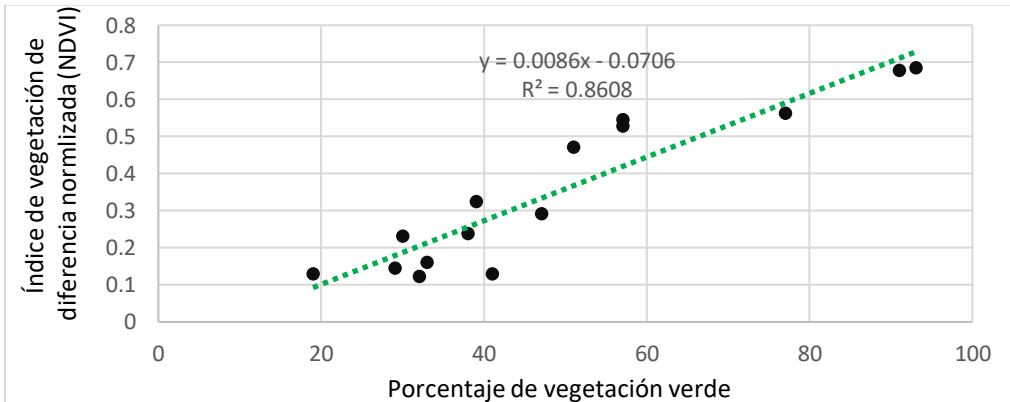


Figura 2. Relación entre NDVI y porcentaje de vegetación verde.

Entre el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y la superficie del terreno cubierta por vegetación seca fue posible observar una relación inversa o negativa ($R = -0.7344$), ajustada significativamente a un modelo lineal ($R^2 = 0.5393$; $p = 0.0018$) (Figura 3).

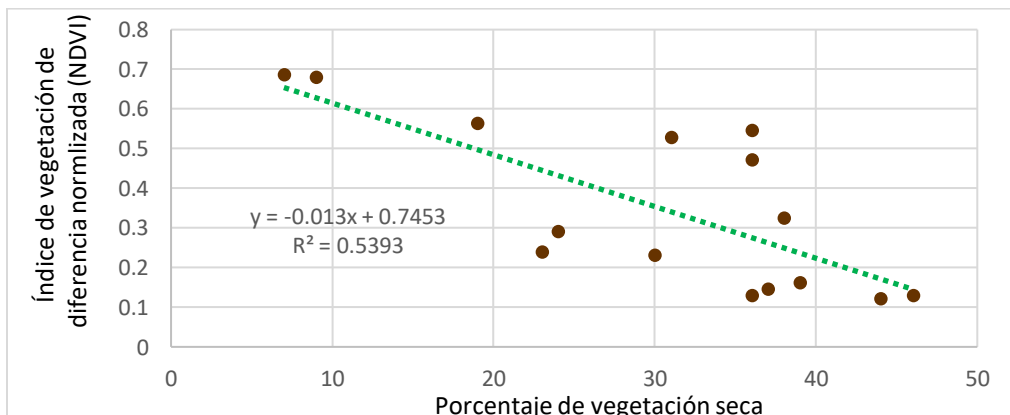


Figura 3. Relación entre NDVI y porcentaje de vegetación seca.

Al evaluar la relación entre el tiempo (en días) desde el último pastoreo y el NDVI fue posible observar que existe una relación positiva ($R = 0.9329$) que presenta un ajuste lineal estadísticamente significativo ($R^2 = 0.8703$; $p < 0.0001$) (Figura 4).

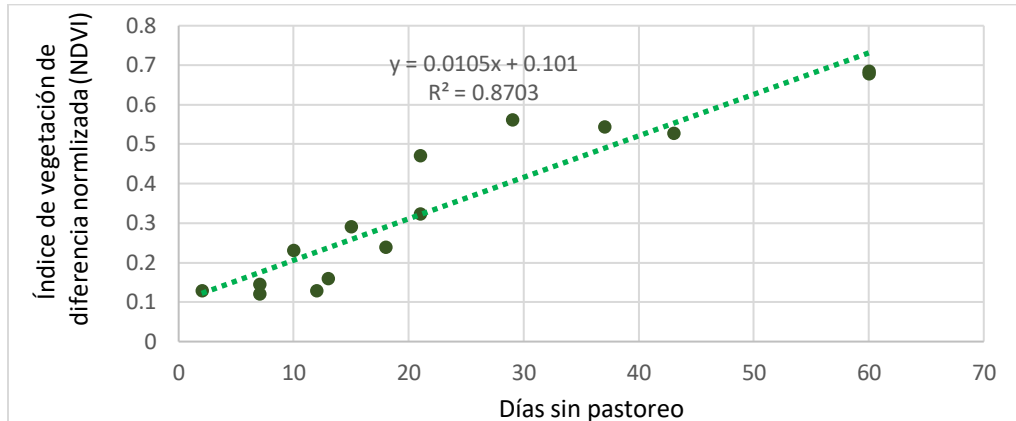


Figura 4. Relación entre NDVI y días sin pastoreo en potreros.

CONCLUSIÓN

Se desarrolló de un indicador preciso de calidad para pastizales destinados a la ganadería extensiva mediante imágenes aéreas multiespectrales con potencial para fundamentar programas de monitoreo en predios ganaderos o Unidades de Producción Pecuaria (UPP) con fines de asistencia técnica, establecer programación de actividades de mantenimiento y calendarización del pastoreo. Con el uso del indicador, el técnico agropecuario o agrónomo puede tener la capacidad de generar datos acerca de la calidad del forraje en amplias extensiones de terreno y programar la rotación de los potreros, de manera que es posible aprovechar óptimamente los recursos vegetales, maximizarndola producción y disponibilidad de forraje para el ganado.

LITERATURA CITADA

- Barrera-Bassols, N. 1996. Los orígenes de la ganadería en México. *Ciencias*, 44: 14-27.
- Canfield, 1491. Application of the Line Intercept Method in Sampling Range Vegetation. *Journal of Forestry*, 39(4):388-394.
- CFAN-CID. 1965. Estudio integral preliminar de la ganadería del norte de México. Tomo IV, inventario de recursos ganaderos. COPARMEX –Cd. de México.
- Chávez, S. y G. González. 2009. Estudios zootécnicos (Animales en pastoreo). En: Chávez, S. (ed). *Rancho experimental La Campana, 50 años de investigación y transferencia de tecnología en pastizales y producción animal*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

- Echavarría-Chairez, F., J. Santos de la Cruz, R. Gutiérrez y G. Medina. 2015. Validación de una estrategia metodológica para la evaluación cualitativa de un pastizal mediano abierto del estado de Zacatecas. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 6(2):171-191.
- Fierro L.C. 2001. Análisis de la condición de los pastizales del desierto chihuahuense en México. Consultoría para Pronatura Noreste. México.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (5ª Ed). Instituto de Geografía, UNAM. México.
- González, M.H. y L.C. Fierro. 1985. Estado actual de los pastizales y posibles soluciones para la ganadería en el norte de México. En: R. De Luna, J.G. Medina y L.C. Fierro (Eds.) Manejo y Transformación de los Pastizales. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Delegación Coahuila. Saltillo, Coah. México.
- McGarigal, K., S. Cushman and Regan. 2005. Quantifying terrestrial habitat loss and fragmentation: a protocol. University of Massachusetts.
- Paruelo, J. M. 2008. La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos. *Ecosistemas*, 17(3):4-22.
- Pettorelli, N., S. Ryan, T. Mueller, N. Bunnefeld, B. Jedrzejewska, M. Lima and K. Kausrud. 2011. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): unforeseen successes in animal ecology. *Clim Res*, 46: 15–27.
- Pinedo, A., Q. Hernández, C. Melgoza, V. Rentería, S. Vélez, N. Morales, E. Santellano y E. Esparza. 2013. Diagnóstico actual y sustentabilidad de los pastizales del estado de chihuahua ante el cambio climático. Cuerpo Académico de Recursos Naturales y Ecología (UACH-CA16). Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Mexico.
- Pullanagari, R., R. A. Dynes, W. M. King, I. J. Yule, S. Thulin, N. M. Knox and A. Ramoelo. 2013. Remote sensing of pasture quality. Proceedings of the 22nd International Grasslands Congress. The Royal Society of New Zealand.
- Saucedo, P. 1984. Historia de la ganadería en México, Tomo I. UNAM, México.
- Serna P. y C. Echavarría. 2007. Niveles de degradación del suelo de un pastizal semiárido: Diferencias en productividad. IV Simposio internacional de pastizales. San Luís Potosí, S.L.P.