



REVISTA TÉCNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Una Revista Internacional Arbitrada
que está indizada en las publicaciones
de referencia y comentarios:

- SCOPUS
- Compendex
- Chemical Abstracts
- Metal Abstracts
- World Aluminium Abstracts
- Mathematical Reviews
- Petroleum Abstracts
- Current Mathematical Publications
- MathSci
- Revenct
- Materials Information
- Periódica
- Actualidad Iberoamericana

UNIVERSIDAD DEL ZULIA



REVISTA TÉCNICA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Hacia los 130 años de creación de la Universidad del Zulia

"Buscar la verdad y afianzar los valores trascendentales", misión de las universidades en su artículo primero, inspirado en los principios humanísticos. Ley de Universidades 8 de septiembre de 1970.

Plant cover variations using the normalized vegetation difference index to measure SDGs in Manabi – Ecuador

Henry Antonio Pacheco Gil* , Ezequiel Zamora-Ledezma , Emilio José Jarre Castro 

Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Técnica de Manabí. Av. Urbina con Che Guevara. Portoviejo - 130105, Ecuador.

*Autor de correspondencia: hpacheco@utm.edu.ec

<https://doi.org/10.22209/rt.ve2020n2a02>

Recepción: 21/02/2020 | Aceptación: 22/03/2020 | Publicación: 31/07/2020

Abstract

The Sustainable Development Goals (SDGs) define the degradation of soils and forests as a major issue. The use of multispectral images has gained great interest in studying vegetation and quantifying its variation over time. This work evaluates the plant cover dynamics in an area of 768.04 km² of Manabí and establishes relationships with the SDGs-TIER III. LANDSAT multispectral images from 1998, 2008, and 2018, which were obtained from the United States Geological Survey (USGS). Geometric and radiometric corrections were made to calculate the NDVI. Data were reclassified in areas of poor and good plant cover with a supervised classification and field validation. The average NDVI for the years 1998, 2008, and 2018 was 0.549; 0.254 and 0.479, respectively. In the beginning, the negative trend of the NDVI stands out, which was the reflection in the reduction of plant cover (good) with 498.47 km² (64%). Then, in the last decade, the plant cover presented a positive trend. However, the global balance shows a loss of 15.77% of good plant cover, which represents 121.15 km² of missing or degraded forests. The results demonstrated the versatility of NDVI as a standard indicator for monitoring environmental SDGs.

Keywords: Landsat; deforestation; supervised classification.

Variaciones de la cobertura vegetal empleando el índice normalizado de diferencia de vegetación para monitorear ODS en Manabí - Ecuador

Resumen

Los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) definen como una problemática de gran importancia la degradación de suelos y bosques. El uso de imágenes multiespectrales ha cobrado gran interés para estudiar la vegetación y cuantificar su variación en el tiempo. Se evaluó la dinámica vegetal en 768,04 km² de Manabí y estableció relaciones con los ODS TIER III. Se emplearon imágenes multiespectrales LANDSAT de 1998, 2008 y 2018 obtenidas del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Se efectuaron correcciones geométricas y radiométricas para luego calcular el NDVI. Los datos fueron reclasificados en áreas de escasa y densa cobertura vegetal con clasificación supervisada y validación de campo. El NDVI promedio para los años 1998, 2008 y 2018 fue de 0,549; 0,254 y 0,479, respectivamente. Entre 1998-2008 se observó una tendencia negativa del NDVI, lo cual evidenció una disminución de la cobertura vegetal de 498,47 km² (64%). En la última década evaluada el NDVI presentó una tendencia positiva. No obstante, el balance global (1998-2018) mostró una pérdida de 15,77% de cobertura densa, lo que representó 121,15 km² de bosque desaparecido. Los resultados demostraron la versatilidad del NDVI como indicador estándar para monitorear ODS ambientales.

Palabras clave: Landsat; deforestación; clasificación supervisada.

Introducción

A partir de septiembre de 2015, se estableció un acuerdo para definir prioridades comunes al grupo de países partes de la Organización de Naciones Unidas, para ello se adoptó un conjunto de objetivos globales que promueven: erradicar la pobreza, proteger el planeta, generar sistemas de gobernanzas justos y equitativos, y en general, asegurar la prosperidad y calidad de vida de todas las personas. Este acuerdo fue enmarcado en lo que se conoce como la Agenda de Desarrollo Sostenible para el 2030 [1].

Ecuador como país miembro y firmante de los acuerdos de la Agenda 2030, tiene el compromiso y obligación, así como todos los países firmantes, de abordar, desarrollar y aplicar medidas locales y nacionales, que fomenten la implementación de mecanismos o estrategias para medir y avanzar en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), desde una escala nacional, provincial, cantonal y parroquial [2]. Los 17 ODS son de carácter global, orientados a la acción y universalmente aplicables, concisos y fáciles de comunicar [3]. Los ODS tienen un enfoque integral al contemplar en su elaboración las dimensiones económica, social, ambiental y cultural como eje transversal del desarrollo.

Vinculando los ODS con el contexto mundial y local, se reconoce que entre los problemas ambientales que causan mayor preocupación a nivel mundial se encuentran los referidos a la degradación de suelos y bosques [4]. Estos procesos de degradación suelen traducirse en una reducción de la productividad de los cultivos y los recursos hídricos asociados. Los efectos negativos de los recursos degradados sobre la economía de una región son más severos en las zonas que más dependen de la agricultura para obtener ingresos, tal como ocurre en la Provincia de Manabí y en varios de sus Cantones [5, 6].

Para el monitoreo de la cobertura vegetal, y la gestión de bosques o sistemas de vegetación naturales, ha habido una creciente ampliación de herramientas directas e indirectas que permiten su cuantificación y trazabilidad. Entre estas, el uso de imágenes multiespectrales y sistemas de información geográficos han cobrado gran interés en las últimas décadas para apoyar estudios de vegetación, erosión, degradación de suelos y gestión de cuencas, entre otros [7, 8].

La respuesta de la vegetación al cambio climático ha sido analizada a escala regional, en diferentes países del mundo a través del índice normalizado de diferencia de vegetación (NDVI, por sus siglas en inglés) considerando datos de las principales variables climáticas (temperatura

y precipitación) en periodos superiores a 30 años [9]. El NDVI estima la densidad y vigor de la vegetación a través de su respuesta espectral en las bandas roja e infrarroja del espectro electromagnético. Esta información está disponible en imágenes satelitales de acceso abierto, con periodos de registro de más de 30 años, en plataformas internacionales como el servicio geológico de los Estados Unidos (USGS) y de la Agencia Espacial Europea (ESA) [10].

Trabajos recientes, a nivel mundial, de Ivushkin *et al.* [11]; Pacheco *et al.* [12]; Shahriari *et al.* [13], y Smith *et al.* [14], han demostrado la potencialidad del NDVI como indicador para analizar la degradación de los recursos bosques, suelos y agua, encontrando resultados coherentes con la realidad estudiada, prácticos y rápidos. Un interesante ejemplo de la practicidad de estas herramientas se evidencia a partir de las correlaciones positivas entre las variaciones en la cobertura de pastizales y bosques, en la cuenca del río Heilongjiang, Mongolia, respecto a la temperatura entre 1982 y 2015, usando como indicador el NDVI [15].

En este contexto, es preciso señalar que en la Provincia de Manabí no existe ninguna iniciativa local que promueva la sistematización y socialización de información o datos experimentales, que contribuyan con el desarrollo y conocimiento de los ODS o de aproximaciones metodológicas que permitan su monitoreo o medición [16]. Por ello, el presente trabajo tiene interés en establecer aproximaciones metodológicas para cuantificar aspectos vinculados al ODS # 15: "Vida de Ecosistemas Terrestres". Específicamente, se plantea el uso del NDVI como indicador de la variación temporal de la superficie de bosques de la Provincia de Manabí. Este tipo de mediciones representa aún en la actualidad un ODS clasificado como TIER III de acuerdo a la Agenda 2030, ya que no cuentan con métodos o estándares internacionales que puedan utilizarse como indicadores [17]. La investigación impulsa entonces la creación, establecimiento y aplicación de una metodología para la medición y monitoreo de uno de los ODS ambientales (ODS # 15) a nivel local y provincial.

Metodología

Para el análisis multitemporal de la variación en la cobertura vegetal, se seleccionó una superficie de 768,04 km² al oeste de la represa Poza Honda, cubriendo parte de las parroquias rurales de los cantones Portoviejo y Santa Ana (Provincia de Manabí, Ecuador), muy representativas para este estudio por la importante actividad agropecuaria que se genera en la zona, la cual afecta directamente la dinámica de la vegetación [18] (Figura 1).

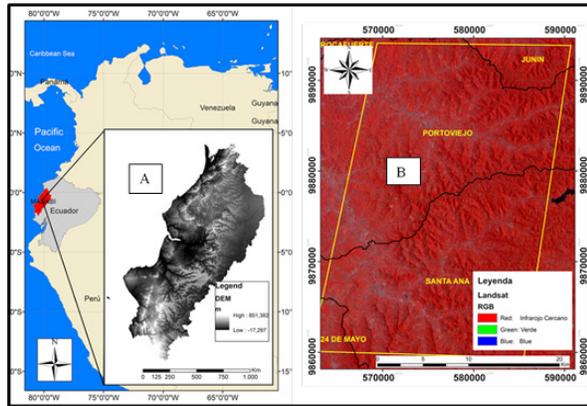


Figura 1. (A) Ubicación del área de estudio. (B) Imagen LANDSAT, septiembre 1998, Combinación en falso color (RGB; Infrarrojo cercano, Verde, Azul), destaca la presencia de la vegetación en color rojo.

Índice normalizado de diferencia de vegetación (NDVI)

Se descargaron imágenes multispectrales del satélite LANDSAT, con una resolución espacial de 30 metros, a través del portal EarthExplorer del servicio geológico de los Estados Unidos (USGS), para los años 1998, 2008 y 2018, definiendo una serie temporal de 20 años.

Las imágenes fueron corregidas geométrica y radiométricamente, de acuerdo a la propuesta de Andino y López [19]. Para el cálculo del índice de vegetación (NDVI) se usaron herramientas de álgebra de mapas, disponibles en un software de ambiente GIS, y los cálculos se realizaron empleando la Ecuación 1 [20]:

$$NDVI = \frac{R - NIR}{R + NIR} \quad (1)$$

Donde: R= banda roja del espectro electromagnético; NIR = banda infrarrojo cercano.

El NDVI obtenido para cada año fue reclasificado en áreas de escasa y densa cobertura vegetal. Para ello se realizó una clasificación supervisada de la imagen, resaltando la cobertura vegetal en una combinación de bandas en falso color con las bandas rojo, infrarrojo cercano, y verde para los cañones RGB (rojo, verde, azul). Con esta combinación se puede discriminar con mucha facilidad las celdas de la imagen con escasa y densa cobertura vegetal [21], obteniendo los límites de clases según se muestra en la Tabla 1. Adicionalmente, se realizaron verificaciones de campo para validar la información obtenida en las imágenes.

Tabla 1. Clasificación de la cobertura vegetal en función del índice normalizado de diferencia de vegetación (NDVI).

Clase de cobertura vegetal	Rango NDVI
Escasa	≤ 0,35
Densa	> 0,35

Para el análisis de tendencias se usó la metodología desarrollada por Chu *et al.* [15], que se basa en los mínimos cuadrados ordinarios (OLS) para detectar tendencias temporales y el suavizado de puntos de dispersión ponderados localmente (LOWESS) para suavizar los datos de series temporales interanuales de NDVI.

Resultados y Discusión

Índice normalizado de diferencia de vegetación (NDVI) para el monitoreo de la cobertura vegetal

La cobertura vegetal representa uno de los elementos más sensibles al cambio climático, por cuanto juega un rol fundamental en el ciclo del carbono y nitrógeno, así como en el balance de masas y energía a nivel de los ecosistemas. La dinámica de la vegetación se analizó empleando el NDVI como indicador, encontrando diferencias significativas para los años 1998, 2008 y 2018 en los sectores adyacentes al bosque protector de la represa Poza Honda, en el Cantón Santa Ana de la Provincia de Manabí, Ecuador. La variación temporal de la superficie vegetal (cobertura) y el promedio del NDVI se muestran en la Tabla 2 y Figura 2, respectivamente. De acuerdo con Campos *et al.* [22], los resultados generados a partir del NDVI fueron normalizados en valores adimensionales entre -1 y 1, siendo los valores negativos indicadores de áreas sin cobertura vegetal y los positivos distintas densidades y vigorosidad de la cobertura. De éstos, los valores cercanos a 1 representaron áreas de cobertura vegetal muy densa tipo selvática y boscosa (bien conservada).

Los resultados muestran valores de NDVI promedio de 0,549; 0,254 y 0,479 en el área de estudio para los años 1998, 2008 y 2018, respectivamente. Estos datos reflejaron una dinámica muy activa de la cobertura vegetal, durante el periodo de 20 años considerado en el estudio. Los primeros 10 años mostraron una tendencia negativa del NDVI, lo cual fue el reflejo de una disminución de 498,47 km² (64%) de cobertura densa y un aumento correspondiente de la cobertura escasa (Tabla 2, Figura 2b y 2c). La razón principal de dicha disminución estuvo relacionada con las prácticas agropecuarias desarrolladas en la zona [23], lo que supone cambios de usos de la tierra, agresiva tala y quema de bosque para el desarrollo de cultivos de ciclo corto, generando al cabo de algunos años

Tabla 2. Variabilidad temporal de la cobertura vegetal y el índice normalizado de diferencia de vegetación (NDVI).

Año	Cobertura vegetal (Km ²)		Total (Km ²)	Variación por periodo		Pérdida total		NDVI Promedio
	Escasa	Densa		(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)	
1998	39,24	728,80	768,04	-	-	-	-	0,549
2008	537,71	230,32	768,04	-498,47	-64,90	-	-	0,254
2018	160,40	607,64	768,04	377,32	49,13	-15,77	-121,15	0,499

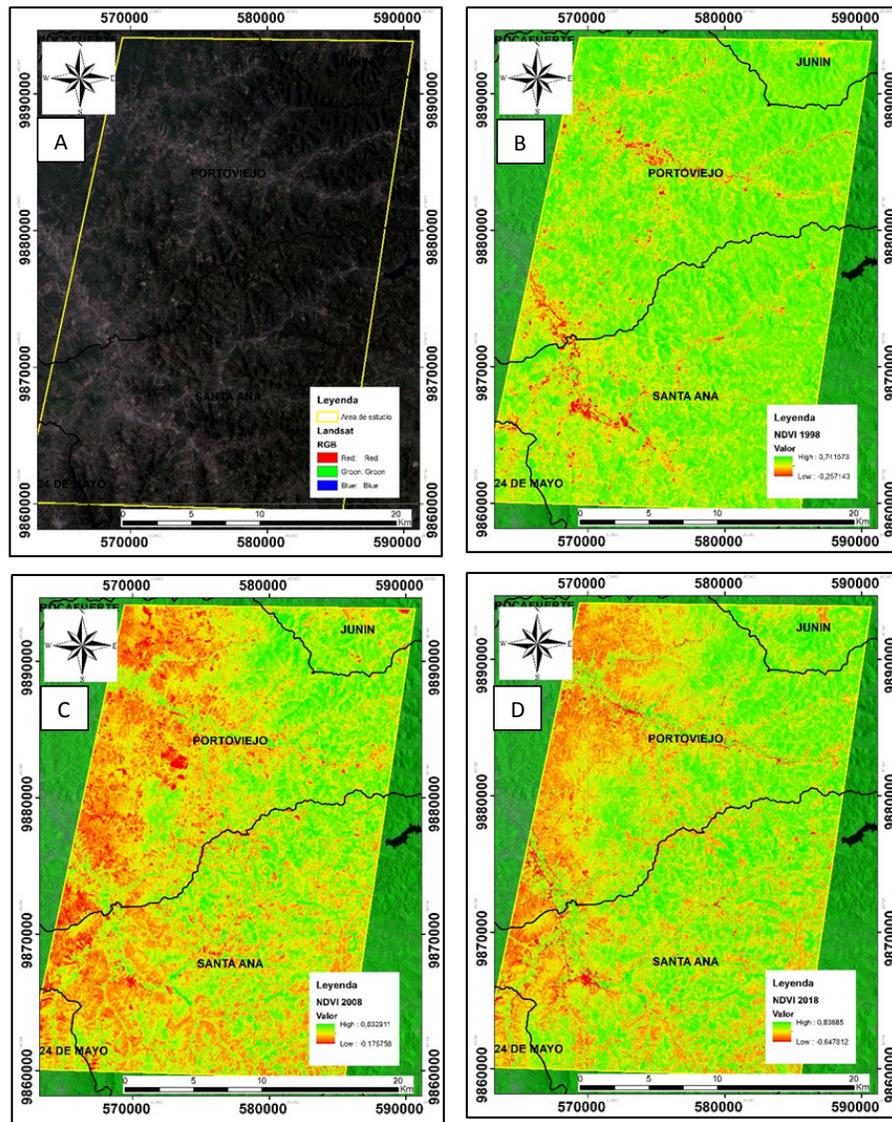


Figura 2. Variabilidad espacial y temporal de la cobertura vegetal y el NDVI. Las imágenes representan: a) Imagen multispectral en color verdadero; b) NDVI 1998; c) NDVI 2008; d) NDVI 2018.

la transformación sistemática de la tierra a condiciones de desertificación o establecimiento de pastizales. Según Chu *et al.* [15], la disminución de la cobertura vegetal tuvo un fuerte impacto en el cambio climático no solo por la influencia directa en los procesos de evapotranspiración y condensación, sino también por el importante rol de la vegetación leñosa en el secuestro y almacenamiento de carbono en compartimentos aéreos y subterráneos del ecosistema.

En la segunda década de estudio (2008-2018) se encontró una tendencia positiva del NDVI, como indicador de la recuperación de la cobertura vegetal densa en 377,32 km², lo cual representó un 49,13%, persistiendo; sin embargo, un 15,77% de pérdida neta de cobertura vegetal en los 20 años estudiados, lo que equivalió a 121,15 km² de bosque desaparecido o transformado, lo cual fue consistente con las tendencias reportadas para América Latina [24]. Aun ante el déficit en el balance definitivo, vale la pena destacar la recuperación significativa de la cobertura vegetal durante los últimos 10 años. Esta recuperación podría ser por el impacto de algunas iniciativas o proyectos para protección y recuperación del bosque, por parte de entes gubernamentales y no gubernamentales [25]. Así, por ejemplo, el Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE), desde el año 2008 ejecuta el programa Socio Bosque, el cual tiene como propósito conservar los bosques, páramos y vegetación nativa a cambio de incentivos económicos otorgados a los productores agrícolas. La entrega de este incentivo está condicionada a la protección y conservación de sus bosques, lo que significa que las personas reciben el incentivo una vez cumplen con las condiciones de seguimiento que se determinan en un convenio que firma cada productor con el MAE. De acuerdo a las cifras reportadas, la Provincia de Manabí ha recibido una inversión de US\$ 221.203,32 para 7.819 beneficiarios, quienes mantienen un total de 10.421,64 hectáreas de áreas bajo conservación [26].

Con estos antecedentes y los resultados obtenidos en la serie cronológica de la zona evaluada, se demostró como el NDVI podría usarse como un indicador para cuantificar y monitorear ODS ambientales TIER III en la Provincia de Manabí, especialmente la variación de la superficie vegetal o cobertura. Esta metodología podría no solo homologarse y replicarse en Provincias vecinas, sino que también permitiría la evaluación de diferentes tipos de sistemas vegetales (*p.e.*, bosque seco, siempreverde, deciduo, de paramo, litoral, arbustal espinoso, entre otros) a escala nacional, en un país como Ecuador que según Reyes y Moreira [27], ocupa el sexto lugar a nivel mundial en biodiversidad.

Conclusiones

El análisis de la variabilidad temporal de la cobertura vegetal en la zona de estudio mediante el NDVI muestra resultados interesantes, coherentes y prácticos sobre las dinámicas de la cobertura vegetal y puede ser

usado como un indicador de sostenibilidad y de monitoreo de ODS ambientales.

Los resultados de la investigación sugieren la necesidad de potenciar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, adaptadas a escala local, en el área de estudio. Se demuestra la versatilidad del uso de imágenes multiespectrales y la aplicación de NDVI como herramienta para cuantificar las variaciones de la cobertura vegetal a escala local, y se propone la homologación de esta metodología para utilizarla en Provincias vecinas y a escala nacional como una de las estrategias para medir y monitorear ODS ambientales TIER III.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Grupo FARO Ecuador por haber otorgado un financiamiento al grupo de investigación "Funcionamiento de Agroecosistemas y Cambio Climático - FAGROCLIM" de la Universidad Técnica de Manabí, durante la convocatoria de fondos concursables para fortalecer la implementación y medición de los ODS ambientales en Ecuador a nivel nacional y local (2018-2019), a través de la iniciativa EMPRENDE 2030.

Referencias Bibliográficas

- [1] United Nations - UN.: "Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development". A/RES/70/1, (2016) <https://sustainabledevelopment.un.org>.
- [2] ODS Territorio Ecuador: "Metodologías y estrategias para monitorear e impulsar estudios de ODS ambientales en Manabí" en: Retos en la medición de los ODS. Panorama Sostenible, Publicación anual, (2020) 12 - 21. <https://odsterritorioecuador.ec/publicacion-retos-en-la-medicion-de-los-ods/>.
- [3] Organización de Naciones Unidas (ONU).: "Proyecto de documento final de la cumbre de las Naciones Unidas para la aprobación de la agenda para el desarrollo". A/RES/70/1, (2015) https://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ares70d1_es.pdf.
- [4] Batallas A.: "Estrategias nacionales para el desarrollo en el Ecuador vinculadas a las metas del ODS 13 cambio climático, periodo 2013-2017. Caso de estudio: programa nacional de restauración con fines de conservación". Instituto de Altos Estudios Nacionales, Universidad de Postgrado del Estado - Ecuador. Trabajo de titulación para obtener la Especialización en Cooperación Internacional, (2018) <http://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/4879>.

- [5] Castro M.: "Rendimientos de maíz duro seco en invierno 2016". Dirección de análisis y procesamiento de la información. Coordinación General del Sistema de Información Nacional - CGSIN. Ministerio de la Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca - Ecuador, (2017) 1 - 8.
- [6] Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC): "Estadísticas de producción", (2017) <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>.
- [7] Boardman J.: "The value of Google Earth™ for erosion mapping." *Catena*, Vol. 143, (2016) 123-127. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.03.03>.
- [8] Gaspari F.J., Rodríguez Vagaría A.M., Delgado M.I., Senisterral G.E., Denegri G.A.: "Vulnerabilidad ambiental en cuencas hidrográficas serranas mediante SIG". *Multequina*, Vol. 20, (2011) 3-13.
- [9] Baniya B., Tang Q., Huang Z., Sun S., Techato K.: "Spatial and temporal variation of NDVI in response to climate change and the implication for carbon dynamics in Nepal". *Forests*, Vol. 9, N° 329, (2018) 1-18. <https://doi.org/10.3390/f9060329>
- [10] Vanderhoof M. K., Fairaux N., Beal Y.G., Hawbaker T.J.: "Validation of the USGS Landsat Burned Area Essential Climate Variable (BAECV) across the conterminous United States". *Remote Sensing of Environment*, Vol. 198, (2017) 393-406. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.025>
- [11] Ivushkin K., Bartholomeus H., Bregt A.K., Pulatov A., Franceschini M.H.D., Kramer H., van Loo E.N., Jaramillo Roman V., Finkers R.: "UAV based soil salinity assessment of cropland." *Geoderma*, Vol. 338, (2019) 502-512. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.09.046>
- [12] Pacheco H.A., Cevallos R.X., Vences C.: "Cálculo del factor C de la RUSLE, en la cuenca del río Carache, Trujillo-Venezuela usando imágenes del Satélite Miranda VRSS-1." *Revista ESPACIOS*, Vol. 40, N° 3, (2019) <https://www.revistaespacios.com/a19v40n03/a19v40n03p06.pdf>
- [13] Shahriari M., Delbari M., Afrasiab P., Reza M., Rad P.: "Predicting regional spatial distribution of soil texture in floodplains using remote sensing data: A case of southeastern Iran." *Catena*, Vol. 182, (2019) 104-149. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104149>
- [14] Smith V., Portillo-Quintero C., Sanchez-Azofeifa A., Hernandez-Stefanoni J.L.: "Assessing the accuracy of detected breaks in Landsat time series as predictors of small scale deforestation in tropical dry forests of Mexico and Costa Rica." *Remote sensing of environment*, Vol. 221, (2019) 707-721. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.12.020>
- [15] Chu H., Venevsky S., Wu C., Wang M.: "NDVI-based vegetation dynamics and its response to climate changes at Amur-Heilongjiang River Basin from 1982 to 2015." *Science of the Total Environment*, Vol. 650, (2019) 2051-2062. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.115>
- [16] Peña R.A., León Vega L.: "Reforestación en zonas de riesgo de deslizamientos y sus impactos en la economía para el desarrollo sostenible de las comunidades rurales. Caso: Provincia de Manabí-Ecuador." *Desarrollo Local Sostenible - DELOS*, Vol. 9, N° 26, (2016) <http://www.eumed.net/rev/delos/26/reforestacion.html>.
- [17] Morris C.: "Potenciando el uso de los registros administrativos con fines estadísticos para el seguimiento de la Agenda 2030". Seminario Regional de la CEPAL. Naciones Unidas, (2017). <https://www.cepal.org/es/eventos/seminario-regional-potenciando-uso-registros-administrativos-fines-estadisticos-seguimiento>.
- [18] Layza R., Gonzáles F., Terán: J. "La deforestación y el cambio climático en la provincia de San Martín periodo: 1973 al 2014." *Revista Ciencia y Tecnología*, Vol. 14, N° 2, (2018) 19-30.
- [19] Andino Rafael E.C., Ochoa López V.L.: "Cálculo de reflectancia en imágenes Landsat OLI-8, sobre la región central de Honduras, mediante software libre SEXTANTE." *Ciencias Espaciales*, Vol. 9, N° 1, (2016) 81-96. <https://doi.org/10.5377/ce.v9i1.3127>
- [20] Campos A., Guerrero E., Gines E.: "Evolución de la cobertura vegetal en el Parque Nacional Cerros de Amotape de Tumbes utilizando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI): 2000-2014." *Manglar* Vol. 15, N° 1, (2018) 47-56.
- [21] Shen X., Cao L., Yang B., Xu Z. and Wang G.: "Estimation of forest structural attributes using spectral indices and point clouds from UAS-based multispectral and RGB imageries." *Remote Sensing*, Vol. 11, N° 7, (2019) 1-24. <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/7/800/htm>
- [22] Campos P.N., Da Silva Coutinho A.V., Damasceno Da Costa A.V., Da Silva Coutinho J., Lima Rocha Júnior J., Das Mercês M.O.: "Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise do uso e ocupação do solo em uma área pertencente ao município de Capitão Poço-PA." *Brazilian Journal of Animal and Environ. Research*, Vol. 2, N° 5, (2019) 1792-1799.

- [23] Viguera B., Martínez-Rodríguez M.R., Donatti C., Harvey C.A. y Alpízar, F.: "El clima, el cambio climático, la vulnerabilidad y acciones contra el cambio climático: Conceptos básicos". Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA. Conservación Internacional (CI) / Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE), (2017) 44 páginas.
- [24] Cárdenas-Acero G.: "Análisis del nivel de riesgo del cambio climático por deforestación en el páramo de Chingaza". Facultad de Educación Permanente y Avanzada, Universidad de América - Colombia. Monografía para optar al título de Especialista en Gestión Ambiental, (2019) 87 páginas. <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7250/1/291735-2019-I-GA.pdf>.
- [25] Teran J.C.: "Estrategias agrícolas de mitigación y adaptación al cambio climático: Comparación en sistemas de producción en la Región Andina y en España". Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, Universidad Politécnica de Madrid – España. Tesis Doctoral, (2017) 156 páginas. http://oa.upm.es/47385/1/JHENNY_CAYAMBE_TERAN.pdf.
- [26] Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE). Resultados del Proyecto Socio Bosque, (2018). <http://sociobosque.ambiente.gob.ec/node/44>. 2018.
- [27] Ruiz E., Moreira J.: "Metabolitos secundarios en plantas medicinales usadas para problemas gastrointestinales. Una revisión sobre medicina ancestral ecuatoriana". Bases de la Ciencia. Vol. 2, N° 3, (2017) 1-16.



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

REVISTA TECNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DEL ZULIA

Volumen Especial, 2020, No. 2, pp. 04 - 110 _____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada en Julio de 2020, por el **Fondo Editorial Serbiluz**, Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela*

www.luz.edu.ve
www.serbi.luz.edu.ve
www.produccioncientifica.org