



# 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.

# RUSLE Factor C estimation in the Lodana River micro-basin using Sentinel 2 satellite images

Ángel Claudio Ruiz Vélez<sup>1\*</sup> , Henry Antonio Pacheco Gil<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de la Maestría en Ingeniería Agrícola, Instituto de Postgrado, Universidad Técnica de Manabí.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Técnica de Manabí.

\*Autor de correspondencia: angel92\_18@hotmail.com; aruiz3161@utm.edu.ec

<https://doi.org/10.22209/rt.ve2020n2a10>

Recepción: 19/05/2020 | Aceptación: 02/06/2020 | Publicación: 31/07/2020

## Abstract

Water erosion is the loss of soil due to the action of water and currently is a worldwide problem that affects food production. This erosion depends on erosivity, erodability, inclination, slope length, cover, and soil management and conservation support practices. The objective of this research was to determine the RUSLE C Factor, which is related to the protection of soil by plant cover. The methodology consisted of calculating the C Factor based on spectral data obtained from Sentinel satellite images. The images were downloaded in the geospatial platform of the European Union's Earth Observation Program Copernicus, with a 2B processing level and a 10 m resolution, images were selected in different years to analyze their variability and the NDVI was calculated with equations proposed in the literature. The results indicate adjustments of different equations for dry and rainy seasons. Most of the coverage corresponded to forest, crops, and grasslands, with low C Factor and good soil protection by vegetation. The lowest coverage corresponded to bare soil with high C Factor and low protection snow in the basin.

**Keywords:** soil erosion; geographic information systems; NDVI.

## Estimación del Factor C de la RUSLE en la microcuenca del río Lodana, Ecuador, usando imágenes del satélite Sentinel 2

### Resumen

La erosión hídrica actualmente es un problema de orden mundial que afecta la producción de alimentos. Esta erosión depende de erosividad, erodabilidad, inclinación, longitud de la pendiente, cubierta y manejo del suelo, conservación y prácticas de apoyo de conservación. El objetivo del trabajo fue determinar el Factor C de la RUSLE, el cual está relacionado con la protección del suelo por la cobertura vegetal. La metodología consistió en calcular el Factor C a partir de datos espectrales obtenidos de imágenes del satélite Sentinel. Las imágenes se descargaron de la plataforma geoespacial Copernicus del Programa de Observación de la tierra de la Unión Europea, con un nivel de procesamiento 2B, que se caracteriza por su nitidez sin neblina y una resolución de 10 m, se seleccionó imágenes en el periodo 2016-2019 para analizar su variabilidad y se calculó el Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI). Los resultados indican ajustes de diferentes ecuaciones para las épocas secas y lluviosas. La mayor cobertura se correspondió con bosque, cultivos y pastizales, con bajo Factor C y buena protección del suelo por vegetación. La menor cobertura le correspondió al suelo desnudo con Factor C elevado y bajo nivel de protección en la cuenca.

**Palabras clave:** erosión hídrica; cobertura vegetal; datos espectrales; NDVI.

## Introducción

A escala mundial se presenta la degradación del suelo como un problema de graves impactos ambientales y grandes costos económicos, con desastrosos efectos sobre la agricultura y otras áreas productivas [1].

La parte del suelo que se pierde por la erosión hídrica generalmente es la más fértil, la que contiene la mayor concentración de nutrientes para las plantas, el humus, los abonos y correctivos que el agricultor haya aplicado [2, 3]. Ante esta problemática se han propuesto diversas alternativas de restauración [4] y prácticas de conservación sostenible [5].

Las pérdidas de suelo conducen a la degradación de la tierra a escala planetaria y resultan potenciadas, estas pérdidas, por eventos climáticos y geomorfológicos como sequías, inundaciones, deslizamientos de tierra u otros desastres [6, 7].

Se han desarrollado modelos para calcular la pérdida de suelo por erosión hídrica y los mismos se pueden dividir en empíricos, conceptuales y los basados en procesos [8, 9]. Estos modelos se constituyen en herramientas que promueven el uso concreto y desarrollo de competencias tecnológicas aplicadas a la Ingeniería.

En Latinoamérica se han reportado afectaciones de suelos por erosión entre 14 y 26 %, en América del sur el agotamiento de sustancias nutritivas en el suelo perjudicó a 68,2 millones de hectáreas en 1980. Actualmente más del 68 % de la superficie sudamericana está afectada por la erosión: 100 millones de hectáreas de tierras fueron degradadas por la deforestación y 70 millones debido al sobrepastoreo [10]. En el Ecuador el 25% de los suelos en la sierra y el 15% en la región costa, se encuentran en procesos de erosión. Se calcula que alrededor del 48% de la superficie del Ecuador tiene serios problemas de erosión [11].

Un estudio en la subcuenca del Río Portoviejo [12], en la región central de la costa ecuatoriana, determinó que debido a la topografía irregular se concentra más la erosión hídrica en los cantones Portoviejo, 24 de Mayo y Santa Ana, con pendientes entre 30% y 45% de inclinación. Las pérdidas de suelo se estiman entre 50 y 100 ton/ha\*año, equivalente al 0,11% del total de la superficie de la subcuenca. Adicionalmente indica el autor que los rangos con valores de pendientes mayores a 45% presentaron pérdidas de suelo entre 100 - 200 ton/ha\*año con un valor del 0,21% del total del área de estudio.

En los últimos años se ha usado la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE) [13] para el análisis de la erosión, aprovechando los beneficios de los enormes avances en tecnologías geoespaciales como los Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. El Factor C y los índices espectrales que incluyen el Índice

Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI, por sus siglas en inglés) y otros relacionados, son ahora preferidos sobre técnicas convencionales debido a su objetividad, bajo costo y análisis de datos relativamente precisos [14, 15].

El procesamiento de imágenes satelitales permite identificar los principales lugares donde la erosión es muy severa. El Factor C es un parámetro importante para evaluar la proporción de pérdida de suelo en un terreno específico y prácticas de manejo en el suelo, sobre las tasas de erosión en tierras agrícolas. Los valores estacionales del Factor C dependen de muchos factores como lluvia, la práctica de la agricultura, tipo de cultivos, entre otros [16].

El método del Factor C tiene un impacto relativamente amplio en el cálculo de erosión, al utilizar datos digitales de teledetección, y se puede derivar a través del análisis de NDVI [17].

El Factor C y el factor topográfico, representan los elementos más influyentes en estimación de pérdidas de suelo mediante el modelo RUSLE. El Factor C está entre los primeros en importancia para estimar el riesgo de la erosión interurbana y se recomienda para estudios micro y mesoescalares, en combinación con el factor topográfico (factor LS) [18], con lo cual se induce una mayor variabilidad en términos de datos de entrada, generando posibilidades de gestión, para reducir los procesos de erosión, por ser el factor que más fácil cambia por las actividades humanas [19, 20, 21].

Este estudio pretende, mediante información extraída de imágenes satelitales y procesada en sistemas de información geográfica (SIG), obtener una clara perspectiva del impacto erosivo y procesos de degradación de suelos y su distribución espacial y temporal en la microcuenca del río Lodana, calculando el Factor C de la RUSLE a partir del NDVI.

## Metodología

### Obtención y procesamiento de las imágenes satelitales

Las imágenes satelitales se obtuvieron del geoportal Copernicus del satélite Sentinel, de la Agencia Espacial Europea [22]. Se descargaron imágenes con un nivel de procesamiento 2B, el cual se caracterizan por su nitidez con carencia de neblina, con correcciones atmosféricas y geométricas y una resolución de 10 m, para el periodo 2016-2019. Se procedió a realizar las respectivas correcciones geométricas y atmosféricas en las imágenes con la herramienta Sen2Cor [23] de Sentinel en entorno GIS, para garantizar la precisión de los resultados en las operaciones de álgebra de mapas. Se realizó una extracción por máscara, eliminando de esta forma zonas con cobertura de nubes.

Las operaciones de álgebra de mapas para el cálculo del NDVI propuesto por Rouse et al. (1974) [24], se hicieron sobre las bandas espectrales de la imagen Sentinel, las cuales presentan diferentes utilidades [25]. Se calculó el NDVI, para cada imagen seleccionada, usando las bandas 8 y 4 del satélite Sentinel 2, de acuerdo con la ecuación 1.

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

Donde:

NDVI= Índice normalizado de diferencia de vegetación  
NIR= Banda infrarrojo cercano  
RED= Banda roja visible

### Cálculo del Factor C

El Factor C se calculó con base en el NDVI, usando las ecuaciones 2 y 3, propuestas por Van der Knijff et al. (1999) [26] y Carvalho et al. (2014) [20]. Se determinó cual de estas ecuaciones se ajusta mejor, según la época del año, comparando los resultados con la cobertura real en sitios preestablecidos y verificados en trabajos de campo e interpretación visual de la imagen ráster.

$$FC_{VK} = \exp\left(-\alpha \frac{NDVI}{\beta - NDVI}\right) \quad (2)$$

Donde:

$FC_{VK}$  = Factor C Van der Knijff et al. (1999)  
exp = Función exponencial  
 $\alpha$  = Alfa (2)  
 $\beta$  = Beta (1)

NDVI= Índice normalizado de diferencia de vegetación

$$FC_D = \left(\frac{1 - NDVI}{2}\right)$$

Donde:

$FC_{VK}$  = Factor C Carvalho D. F. et al. (2014)  
NDVI= Índice normalizado de diferencia de vegetación

## Resultados y Discusión

### Combinación y Comprensión visual de la imagen Sentinel

En las imágenes de los años 2016, 2018 y 2019 se muestra la combinación de bandas 8,4,3 (RGB). Se observa una coloración rojo intenso hacia el norte y gran parte del suroeste de la microcuenca, la cual es una zona de bosque con árboles como; guaje (*Leucaenaleucocephala*), amarillo (*Tabebuiachrysantha*), laurel (*Laurusnobilis*), guachapél (*Albiziaaguachapele*), tagua (*Phytelphasaequatorialis*), tilo (*Tilia plantyphyllos*), cedro (*Cedrelaodorata*), algarrobo (*Ceratoniasiliqua*), samán (*Samaneasaman*), balsa

(*Ochromapyramidale*), caña guadua (*Guadua angustifolia*), Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana*), entre otros [27]. En la región central de la cuenca se identifican zonas menos rojizas correspondientes a pastizales, así como también suelo descubierto o con poca vegetación en tonalidades marrón claro-oscuro. La imagen del año 2017, tomada en época lluviosa, presentó colores rojos intensos en toda la microcuenca a excepción de los poblados y ciudades con color blanco azulado, se observaron picos marrones en las zonas altas y laderas hacia el sur este, posiblemente a causa de la erosión (Figura 1).

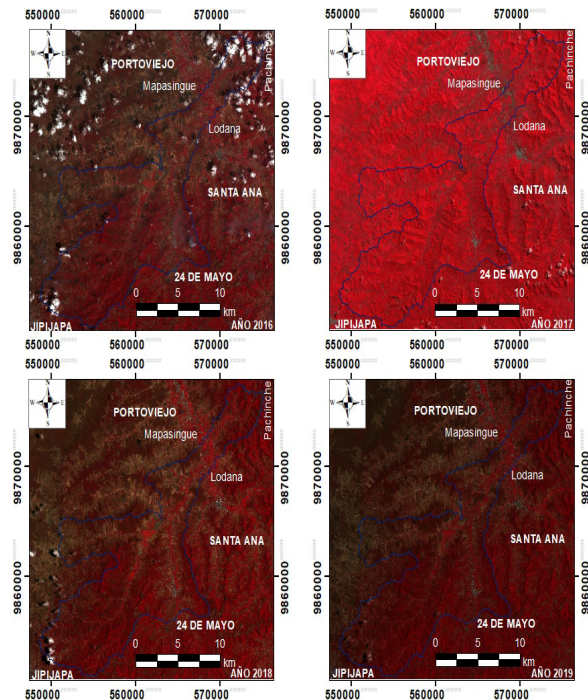


Figura 1. Combinación en Falso Color 8,4,3 en el periodo 2016-2019.

La Figura 2, se corresponde con la combinación de bandas 11, 8A, 2 (RGB) para los años 2016, 2018 y 2019, donde se muestran elementos relacionados con la agricultura. En la microcuenca se identifican colores verde brillantes sobre zonas agrícolas productivas de manera aleatoria en diferentes sectores. Por otro lado, se observa un color plomo moteado a las áreas de descanso, posiblemente descubiertas de vegetación producto de la quema del barbecho; existen áreas de color amarillo pálido que representan pastizales, la combinación permite identificar los bosques de galería asociados a cursos de agua. Por su parte, los poblados y ciudades se observan en colores morado magenta y para vialidad color marrón claro. En el 2017, se nota un color verde brillante en gran parte de la microcuenca y sus alrededores, sin embargo, existen zonas descubiertas de pequeñas dimensiones, posiblemente sean cárcavas producto de una erosión hídrica, ubicadas en el suroeste y noreste de la cuenca.

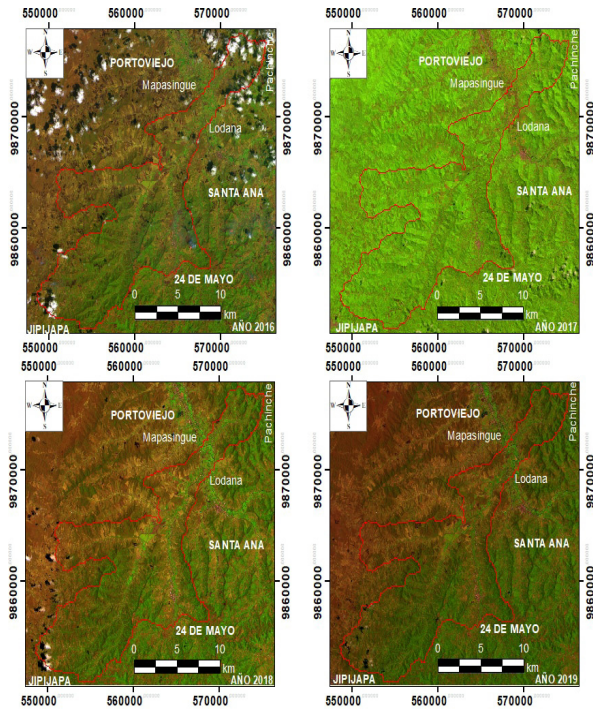


Figura 2. Usos Agrícolas combinación 11, 8A, 2 en el periodo 2016-2019.

### Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI)

Los datos de NDVI, reflejan para el año 2016 valores mínimos de -0,117 y máximos de 0,769 con una media de 0,352. Para el año 2017 el mínimo fue de 0,008

y valores máximos de 0,632 con una media de 0,473. En el año 2018, se obtuvieron mínimos y máximos de -0,221 y 0,828, respectivamente con una media de 0,439. Finalmente, para el año 2019, los valores mínimos fueron de -0,156 y valores máximos de 0,999 con una media de 0,478.

Los valores de NDVI (Tabla 1 y Figura 3), menores a cero representan zonas sin vegetación, mientras que los mayores a 0,6 indican zonas con presencia de espesa cobertura vegetal [28]. Se aprecia como los valores de NDVI presenta variabilidad espacial y temporal en distintas regiones de la cuenca.

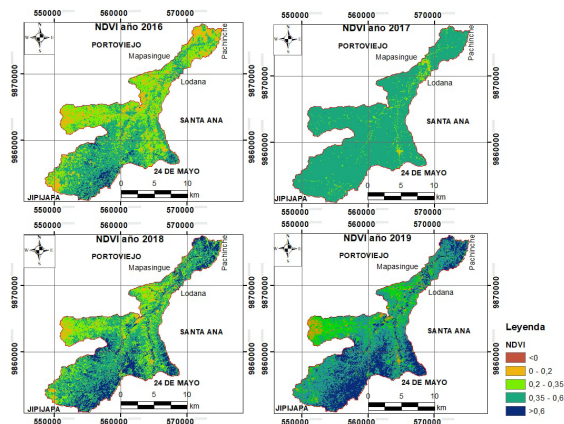
En la imagen del año 2017 los valores no presentan magnitudes negativas, lo cual evidencia una buena cobertura vegetal, influenciada por la época lluviosa en la cual se tomó la imagen. Para este año se reportó incrementos de precipitación 46,2 %, en el mes de febrero, respecto al promedio histórico con intensidad máxima de 60 mm/h, [29].

Estudios similares de NDVI en el período 2000-2014, fueron un indicador de la degradación de tierras en Argentina, mostrando así, un patrón con una marcada heterogeneidad espacial, existiendo tendencias positivas y negativas en la actividad de la vegetación, el estudio demostró que, para gestionar la problemática se requiere sistemas de monitoreo que permitan detectar su tendencia y proporcionen alertas tempranas, desarrollando metodologías de monitoreo basados en índices de imágenes satelitales [30]. En Cuetzalan, Mexico, estudios de NDVI en el periodo 1994-2005, demostraron variación en la densidad de vegetación[31], siendo incididos en la topografía, cambio climático e impacto humano[32].

Tabla 1. Valores de NDVI calculados para diferentes años en la microcuenca del rio Lodana.

NDVI	Descripción	Cobertura Vegetal							
		Año 2016		Año 2017		Año 2018		Año 2019	
	**	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)
<0	SinV.	0,05	0,02	0	0	0,06	0,03	0,02	0,01
0 - 0,2	V. ME	33,43	14,91	1,03	0,46	12,74	5,68	9,12	4,07
0,2 - 0,35	V. Media	81,44	36,32	8,92	3,98	55,34	24,68	40,31	17,98
0,35 - 0,6	V. Densa	99,5	44,38	214,24	95,55	115,34	51,44	113,88	50,79
>0,6	V. MD	9,81	4,37	0,04	0,02	40,74	18,17	60,91	27,16
<b>Total</b>		224,23	100	224,23	100	224,23	100	224,23	100

V. = Vegetación; ME = Muy Escasa; MD = Muy Densa



**Figura 3.** Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) calculados para los años 2016, 2017, 2018 y 2019 en la microcuenca del río Lodana.

**Factor C, Uso y cobertura del suelo**

El método de Van der Knijff et al. (1999) [26] se adaptó mejor a la época seca y presentan sus resultados para los años 2016, 2018 y 2019; mientras que la metodología de Carvalho et al. (2014) [20] mostró mejores resultados para el año 2017 correspondiente a la época lluviosa (Tabla 2).

El área de mayor cobertura en el 2016, se corresponde con bosque, cultivos y pastizales con 35,23 km<sup>2</sup>, equivalente al 15,71% con un Factor C entre 0,1-0,2. La menor cobertura le correspondió al suelo desnudo con 1,78 km<sup>2</sup>, con un porcentaje de 0,80% y con un Factor C > 0,9.

En el 2017 (Figura 4), el área de mayor cobertura fue de bosque, cultivos y pastizales con 130,73 km<sup>2</sup>, equivalente al 58,30 % representado por la clase 2 y un Factor C entre 0,1-0,2 y la superficie de menor cobertura fue la vegetación semiárida con 1,18 km<sup>2</sup>, equivalente al 0,53 %, situada en la clase 7 y Factor C entre 0,6-0,9.

En el 2018, los valores de mayor cobertura fueron de bosque con 71,21 km<sup>2</sup>, equivalente al 31,76% representado por la clase 1 y un Factor C < -0,1 y la superficie de menor cobertura fue el suelo desnudo con 0,54 km<sup>2</sup>, equivalente al 0,24%, situada en la clase 8 y Factor C > 0,9.

Para el 2019, los valores con mayor área se situaron en la cobertura de bosque con 94,25 km<sup>2</sup>, equivalente al 42,03 % representado por la clase 1 y un Factor C < -0,1 y la superficie de menor cobertura fue el suelo desnudo con 0,16 km<sup>2</sup>, equivalente al 0,07%, situada en la clase 8 y Factor C > 0,9.

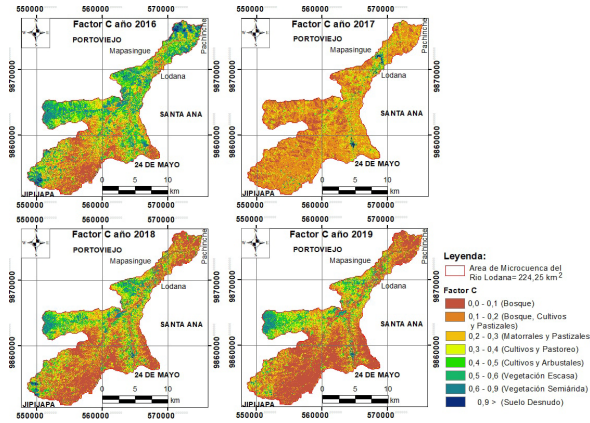
Los valores de Factor C calculados muestran ciertos cambios positivos en relación al tiempo, donde se evidencia el incremento de la cobertura, sin embargo, existe presencia de escasa vegetación y suelos descubiertos, lo cual se considera como un problema que

**Tabla 2.** Valores de Factor C calculados para los años 2016, 2017, 2018 y 2019

Factor C	Clase	Descripción	Cobertura Vegetal							
			Año 2016		Año 2017		Año 2018		Año 2019	
		**	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)
< 0,1	1	B	28,13	12,54	34,41	15,35	71,21	31,76	94,25	42,03
0,1 - 0,2	2	B, C y P	35,23	15,71	130,73	58,3	40,05	17,86	40,47	18,05
0,2 - 0,3	3	M y P	32,71	14,59	42,28	18,86	32,32	14,42	29,64	13,22
0,3 - 0,4	4	C y P.	33,67	15,01	10,65	4,75	28,75	12,82	23,14	10,32
0,4 - 0,5	5	C y A	34,04	15,18	3,37	1,5	22,84	10,19	16,69	7,44
0,5 - 0,6	6	V. Escasa	25,29	11,28	1,61	0,72	15,32	6,83	10,27	4,58
0,6 - 0,9	7	V. Semi	33,38	14,89	1,18	0,53	13,18	5,88	9,61	4,29
> 0,9	8	S. Desnudo	1,78	0,8	0,00	0,00	0,54	0,24	0,16	0,07
		<b>Total</b>	224,23	100	224,23	100	224,23	100	224,23	100

\*\* B = Bosque; C = Cultivo; P = Pastizales; A = Arbustales; V. = Vegetación; S = Suelo

involucra la escasa protección de la cobertura vegetal, potenciando procesos erosivos ya sea por configuración natural o por intervención antrópica.



**Figura 4.** Mapa de Factor C en la microcuenca del río Lodana en el periodo 2016-2018

La escasa protección de la cobertura vegetal, encontrada para el área de estudio, es consistente con los resultados reportados en ecosistemas adyacentes. Por ejemplo, Montilla y Col. [33], en el bosque de Pacoche, al suroeste del área de estudio, encontraron disminución de 6,5 % en de la superficie boscosa para el período 2014-2018, por deforestación atribuida al pastoreo, agricultura y ocupación humana. Adicionalmente [34], reportaron para la misma zona deforestación de bosque a razón de 16,15 ha/año para el periodo 1990-2008. Recientemente [13], encontraron relaciones altamente significativas ( $p < 0.001$ ) entre la pérdida de suelo y la expansión del área cultivada, lo cual también pudiera ser el caso para el área de estudio en esta investigación.

## Conclusiones

Las imágenes satelitales Sentinel 2 usadas demuestran buena resolución y gran calidad en la combinación de bandas, discriminando muy bien el uso y cobertura del suelo.

Los valores del NDVI resultan en un buen estimador de la cobertura, notándose un incremento en sus magnitudes durante la época húmeda.

El Factor C de la RUSLE en la microcuenca de estudio presentó oscilaciones, consistentes con la realidad, dependiendo de la época del año y el tipo de cobertura de suelo en diferentes partes de la cuenca.

Se evidenció la persistencia de elevada magnitud del Factor C en diversas regiones de la cuenca para todos los años.

Se recomienda implementar actividades de asesoría técnica en buenas practicas agrícolas como la siembra en contorno a la pendiente, rotación y asociación

de cultivos, aprovechamiento de residuos de cosecha, pastoreo programado, entre otras.

## Referencias Bibliográficas

- [1] Nájera, O., Bojórquez, J., Flores, F., Murray, R. and García, A.: "Riesgo de Erosión Hídrica y Estimación de Pérdida de Suelo en Paisajes Geomorfológicos Volcánicos en México". *Cultivos Tropicales.*, Vol. 37, N° 2, (2016) 45-55.
- [2] Arciniegas S., et al.: "Propuesta metodológica para evaluación del riesgo de erosión hídrica, utilizando sistemas de información geográfica y teledetección, Cantón Cayambe". *Perspectiva.*, Vol. 3, N°18, (2017)275-281.
- [3] Ganasri B. P. and RameshH.: "Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin". *GeoscienceFrontier.*, (2015)1-9.
- [4] Bohre P. B. and ChaubeyO.P.: "Restoration of Degraded Lands through Plantation Forests". *Global Journal Inc.*, Vol. 14. N° 1, (2014)19-27.
- [5] Pacheco H. A., Cevallos R.X. y Vines C.J.: "Cálculo del factor C de la RUSLE, en la cuenca del río Carache, Trujillo-Venezuela usando imágenes del Satélite Miranda VRSS-1". *Rev. ESPACIOS.*, Vol. 40, N°3, (2019) 6.
- [6] Zhou L., Wang X., Wang Z., Zhang X., Chen C. and Liu H.: "The Challenge of Soil Loss Control and Vegetation Restoration in the Karst Area of Southwestern China". *International Soil and Water Conservation Research*, Vol. 8, N° 1, (2020)26-34.
- [7] Gaitán J., Navarro M., VuegenL., PizarroM., Carfagno P. y Rigo S.: "Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina". *Instituto de Suelos - Centro de Investigación de Recursos Naturales y Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias.*, (2017) 1-41.
- [8] Durigon V. L., CarvalhoD.F., AntunesM.A., OliveiraP.T. and FernandesM.M.: "NDVI time series for monitoring RUSLE cover management factor in a tropical watershed". *International JournalofRemoteSensing*, Vol. 35, N°2, (2014)441-453.
- [9] Duran U. P. y RodríguezL.A.: "Asistencia de Softwares Matemáticos en el cálculo diferencial en estudiantes de Ingeniería". *Revista Bases de la Ciencia.*, Vol. 3, N°2, (2018)61-76.
- [10] Milesi O. y Jarroud M.: "Degradación de los suelos amenaza nutrición en América Latina. IPS". *Inter Press Service.*, (2016) 1-3.
- [11] CLIRSEN, SIGAGRO, y MAGAP.: "Amenaza a Erosión Hídrica". Proyecto de generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacio-

- nal., (2011)1-40.
- [12] Jaramillo J. J.: "Estudio Del Riesgo Por Erosión Hídrica Del Suelo Utilizando El Modelo U.S.L.E, Mediante Herramientas S.I.G, Aplicado En La Subcuenca Río Portoviejo, Provincia De Manabí." Universidad Central del Ecuador, (2015) 1-108.
- [13] Anseyee A. B., Elias E., Soromessa T. and Feyisa G.L.: "Land use/land cover change effect on soil erosion and sedimentdelivery in the Winike watershed, Omo Gibe Basin, Ethiopia". Science of The Total Environment. Volume 728, (2020)1-52.
- [14] Phinzi k. and Silas N.: "The assessment of waterborne erosion at catchment level using GIS-based RUSLE and remote sensing: A review". International Soil and Water Conservation Research., Vol. 7, (2019)27-46.
- [15] Holly E. and Jeffrey L.: "Application of airborne LiDAR and GIS in modeling trail erosion along the Appalachian Trail in New Hampshire, USA."Landscape and UrbanPlanning., (2020)1-9.
- [16] Riveros C. and Nijimbere G.: "Assessment of soil erosion of Burundi using remote sensing and GIS by RUSLE model". RUDN Journal of Ecology and Life Safety, Vol. 27, N° 1, (2019)17-28.
- [17] Bambang S.: "The effect of choosing three different C factor formulae derived from NDVI on a fully raster-based erosion modelling". IOP ebooksEarth and EnvironmentalScience., Vol. 47, (2016) 1-10.
- [18] Renard K.G., Yoder D.C., Lightle D.T. and Dabney S.M.: "Universal soil loss equation and revised universal soil loss equation". Handbook of erosion modelling., Vol. 8, (2011) 135-167.
- [19] Blaga L., Losan I. and Bucur L.: "Quantification of C Factor from Usle Model sing certain sets of classical and satelite data in Nw Romania." Seria Geografie., (2018)255-268.
- [20] Carvalho D.F, Durigon V.L., Antunes M.A., Almeida W.S. and Oliveira P.T.: "PredictingsoilerosionusingRusle and NDVI time series from TM Landsat 5".Pesquisa Agropecuaria Brasileira, Vol. 49, N°3, (2014) 215-224.
- [21] Patil R. J. and Sharma S. K.: "Remote Sensing and GIS based modeling of crop/cover management factor (C) of USLE inShakker river watershed".Agricultural and Medical Sciences., (2013)1-4.
- [22] ESA, EUMETSAT, ECMWF and UE.: "European Union's Earth Observation Programme". Copernicus., (2014).
- [23] Padró J. C., Muñoz, F. J., Ávila L.Á., PesquerL., Pons X.: "Radiometric Correction of Landsat-8 and Sentinel-2A Scenes Using Drone Imagery in Synergy with Field Spectroradiometry". RemoteSens., Vol. 10, N° 11, (2018) 1-26.
- [24] Rouse, et al.: "Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation". Texas A&M Univ.; Remote Sensing Center; College Station, TX, NASA., N° 73,(1974) 1-93.
- [25] Alonso D.: "Combinación de bandas en imágenes de satélite Landsat y Sentinel". Sentinel-2 -Resolución espacial -MappingGIS., (2020).
- [26] Van der Knijff, et al.: "Soil Erosion Risk Assessment in Europe". European Soil Data Centre., (1999) 1-34.
- [27] León S.Y, Valencia R., Pitman N., Endara L., Ulloa C.U. y Navarrete H.: "Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador".Publicaciones Herbario QCA y Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, (2011).
- [28] Pacheco H. A., ZamoraE.L. yJarreE.C.: "Variaciones de la cobertura vegetal empleando el índice normalizado de diferencia de vegetación para monitorear ODS en Manabí - Ecuador." Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia., N° 2, (2020).
- [29] Pacheco H., Montilla A., Menendez W, Delgado M. y Zambrano D.: "Causas y consecuencias de las lluvias extraordinarias de 2017 en la Costa Ecuatoriana: el caso de la provincia de Manabí". INVEMAR., Vol. 48, N° 2, (2019) 45-70.
- [30] Gaitán J.J., Donaldo D.E. y Azcona C.: "Tendencia del NDVI en el período 2000-2014 como indicador de la degradación de tierras en Argentina: ventajas y limitaciones". AGRISCIENTIA., Vol. 32, N°2, (2015) 83-93.
- [31] Torres E., Linares G., Tenorio M., Peña R., Castellán R. y Rodríguez A.: "Índices de vegetación y Uso de Suelo en la Región Terrestre Prioritaria 105: Cuetzalan, México".Rev. Iberoamericana de Ciencias., Vol. 1, N° 3, (2014) 102-112.
- [32] Paula A.P, Zambrano L. y Paula P.: "Análisis Multitemporal de los cambios de la vegetación, en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo como consecuencia del cambio climático". Enfoque UTE., Vol. 9, N° 2, (2018) 125-137.
- [33] Montilla A.P, Reyes A.R. y Agüero E.C.: "Análisis de Deforestación en Ecosistemas Boscosos del Refugio de Vida Silvestre Pacoche, Manabí Manta, Ecuador".Revista de Investigación., Vol. 41, N° 92, (2017) 74-94.
- [34] Cartaya S.R. y Zurita S.A.: "Determinación de la deforestación total y la tasa porcentual de cambio en la Reserva Natural de Pacoche y una zona no protegida en el centro-norte de Manabí". Revista la Técnica., N°14, (2015) 72-79.





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](http://www.luz.edu.ve)  
[www.serbi.luz.edu.ve](http://www.serbi.luz.edu.ve)  
[www.produccioncientifica.org](http://www.produccioncientifica.org)