



Cálculo del factor C de la RUSLE, en la cuenca del río Carache, Trujillo-Venezuela usando imágenes del Satélite Miranda VRSS-1

Calculation of RUSLE C factor in Carache river basin, Trujillo, Venezuela Satellite Images using Miranda VRSS-1

PACHECO, Henry A. [1](#); CEVALLOS, Richard X. [2](#); VINCES, Carlos J. [3](#)

Recibido: 09/08/2018 • Aprobado: 15/11/2018 • Publicado 28/01/2019

Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Metodología](#)
- [3. Resultados](#)
- [4. Conclusiones](#)

[Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

El objetivo fue calcular el factor C de RUSLE usando geotecnologías. Se procesó una imagen multispectral, del satélite VRSS-1, con correcciones atmosféricas y geométricas, para el cálculo del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación y una clasificación supervisada para el uso del suelo. Se asignó un valor del factor C según la teoría y se determinó la correlación entre el factor C de RUSLE y el NDVI. Se obtuvo una función polinomial de 5to orden con $R^2 = 0.99$.

Palabras clave: USLE, NDVI, VRSS-1, factor C.

ABSTRACT:

The objective was to calculate the C factor of RUSLE using geotechnologies. A multispectral image of the VRSS-1 satellite was processed with atmospheric and geometric corrections, for the calculation of the normalized vegetation difference index and a supervised classification for land use. A value of factor C was assigned, according to the theory, and the correlation between it and the NDVI was determined.

A 5th order polynomial function was obtained with R^2

Keywords: USLE, NDVI, VRSS-1, C factor

1. Introducción

A nivel mundial, la planificación del territorio se ve afectada por la degradación de los recursos naturales, especialmente el suelo, por lo cual este es un tema de mucho interés en las investigaciones desarrolladas en la actualidad. Así Ganasri, and Ramesh, (2016) sostienen que cuantificar y zonificar la pérdida de suelo es fundamental para la implementación de mejores prácticas de conservación, por cuanto se estima, que a escala planetaria, la degradación de suelos por actividades antropogénicas supera los 2 millones de hectáreas, de las cuales alrededor de 1100 millones son por erosión hídrica.

En Venezuela, Colotti y Fernández (1993) obtuvieron en promedio 106,8 Mg/ha/año de erosión de suelo, lo que corresponde a un rango alto. Esto representa un problema con consecuencias muy drásticas sobre la disponibilidad de tierras aptas para el desarrollo de cultivos y la producción de alimentos; tal pérdida de suelo está directamente relacionada con la intensificación de procesos erosivos en paisajes montañosos, donde tiene gran influencia la densidad de la cobertura vegetal.

Cuando se pierde o degrada la cobertura se incrementa la erosión, al potenciar los impactos de gotas de lluvia sobre el suelo, provocando graves problemas de degradación ambiental y de calidad de suelo lo cual dificulta el desarrollo de la agricultura y las sociedades. Con el fin de reducir estos problemas se pueden adoptar prácticas de conservación sostenibles, lo que implica la comprensión en profundidad de la medida del riesgo y la distribución espacial de los procesos de erosión del suelo.

La determinación de la erosión es importante para valorar las unidades de tierra, ya que tiene efectos principales, que son: la pérdida de soportes y nutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos; acumulación de sedimentos en los cauces de los ríos en las cuencas bajas; y, la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua por la pérdida de suelos y la sedimentación de las cuencas y reservorios, lo que resulta en la reducción del flujo natural de las cuencas. (Fonseca, *et al.*, 2014)

El uso de modelos predictivos, en esta temática, como es el caso de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) ha sido estandarizado, por sus múltiples aplicaciones en todas partes del mundo. Los trabajos de Zerihun *et al.* (2018), Ganasri and Ramesh, (2016), Fonseca *et al.* (2014) y Pacheco (2012) evidencian que en los últimos años esta ecuación ha sido revisada para incorporar tecnologías de información geográfica en el procesamiento de las variables involucradas, surgiendo así la denominada RUSLE, donde se ha usado ampliamente la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica, con buenos resultados en la evaluación de la erosión. La teledetección tiene numerosas ventajas sobre los métodos tradicionales para el cálculo de los parámetros de RUSLE, Carvalho *et al.* (2014) reporta los bajos costos, la precisión de los datos, el menor equipamiento necesario y la fácil integración de los datos en Sistemas de Información Geográfica.

Uno de los elementos de la RUSLE lo conforma el Factor C de la ecuación universal, definido por Patil and Sharma (2013) como el efecto protector de las plantas sobre la cubierta del suelo. Las plantas pueden reducir la velocidad de la escorrentía y proteger poros superficiales para disminuir el efecto erosivo de la lluvia, e incorpora la influencia de las actividades humanas. Así el Factor C indica la acción de las prácticas de cultivo y de gestión en el suelo a través de los planes de conservación, rotación de cultivos u otros esquemas de gestión.

Van der Knijff, *et al.* (2012), definen el Factor C como la proporción de pérdida de suelo de terreno con una vegetación específica, su valor depende de las prácticas de cobertura y manejo de la vegetación. Además, deben tenerse en cuenta la etapa de crecimiento y la cubierta en el momento cuando se produce la lluvia más erosiva.

Para el cálculo de este factor de protección se ha usado el Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) ya que según Kabo-bah *et al.* (2013), implica el uso de datos de teledetección basado en la absorción, la transmisión y la reflectancia de la energía por la vegetación que se correlaciona significativamente con la cantidad de biomasa de hoja verde en el suelo. El desarrollo de índices de vegetación a partir de los valores de brillo se basa en la absorción diferencial, la transmisión y la reflectancia de la energía por la vegetación en las porciones del espectro electromagnético pertenecientes al rojo e infrarrojo cercano. A partir de este comportamiento diferencial de la vegetación en estas bandas del espectro electromagnético se han desarrollado varios índices para estudiar el comportamiento de la cobertura vegetal.

Durigon *et al.* (2014), Patil and Sharma (2013), Seyran (2012), Karaburun (2010) y Erenci (2000), calcularon el factor C de RUSLE, con métodos matemáticos, usando modelos de regresión para realizar análisis de correlación entre los valores del factor C, medidos en campo y obtenidos a partir de tablas guía y los valores de NDVI derivados de imágenes obtenidas por teledetección.

En esta investigación se usó una imagen multiespectral del sector oriental de los Andes Venezolanos, capturada por el Venezuelan Remote Sensing Satellite (VRSS-1), el cual en septiembre del 2012 entró en órbita para la observación de La Tierra por imágenes multiespectrales de alta resolución. Los trabajos de Cheng *et al.* (2013), Hernández *et al.* (2013) y Acevedo *et al.* (2011) indican que los sensores del satélite cuentan con cámaras pancromáticas y multiespectrales a 2,5 y 10 m de resolución espacial respectivamente, cubriendo la cámara multiespectral, tres bandas en el visible y una en el infrarrojo cercano. Las imágenes de este satélite, de acuerdo con Salcedo (2012), tienen como objetivos el fomento de investigación y el desarrollo de capacidades, con miras a optimizar el uso de las imágenes y otros datos fundamentales para el estudio, seguimiento y planificación del territorio, así como el apoyo a los planes nacionales en materia de prevención de desastres. En este caso se correlacionó a través de un ajuste polinomial, el NDVI, obtenido con la imagen multiespectral del VRSS-1, y el Factor C de la Ecuación Universal de la Perdida de Suelo (USLE), generado con tablas guía y trabajos de campo.

2. Metodología

2.1. Adquisición y procesamiento de la imagen satelital

Se obtuvo de la Agencia Bolivariana de Actividades Espaciales (ABAE), la imagen VRSS-1_MSS-1_0170_0174_20121204_L2B_0121227560, la cual fue procesada con correcciones atmosféricas y geométricas. Luego se ejecutó un procedimiento de extracción por máscara para eliminar las áreas cubiertas por nubes, las cuales obviamente no reflejan la cobertura del suelo y por lo tanto el Factor C no corresponde a la realidad.

Para el caso específico del cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizado, (NDVI por sus siglas en inglés), se usaron solamente 2 de las bandas originales que proporciona el sensor y se detallan en la tabla 1.

El Índice normalizado de diferencias de vegetación se obtiene con la expresión:

$$NDVI = (PIR - VIS) / (PIR + VIS)$$

Siendo:

NDVI = Índice normalizado de diferencia de vegetación
 PIR = Banda infrarrojo cercano
 VIS = Banda roja visible

2.2. Mapa de uso del suelo y factor C

Para obtener los diversos usos del suelo en toda la extensión de la cuenca en el área de estudio, se usó la imagen multiespectral del satélite Miranda (VRSS-1), para realizar un mapa de uso de suelo a través de una clasificación supervisada, siguiendo la metodología propuesta por Durigon, *et al.* (2014) y Zihni (2000). Para esta clasificación los campos de entrenamiento se obtuvieron por trabajos de campo y fotointerpretación visual de la imagen de satélite.

Tabla 1
 Aplicaciones de las distintas bandas del Satélite VRSS-1

Banda	Denominación	Aplicaciones
1	Azul visible	Mapeo de tipos de bosque, diferenciación entre vegetación y suelos, identificación de rasgos culturales (caminos, urbanización, etc.)
2	Verde visible	Diferenciación entre tipos de plantas, determinación del estado de la vegetación, identificación de rasgos culturales.

3	Rojo visible	Diferenciación de especies vegetales y rasgos culturales.
4	Infrarrojo cercano	Determinación de tipos y estado sanitario de vegetación, delimitación de cuerpos de agua.

La asignación del factor C a cada uso del suelo se realizó combinando las clasificaciones de tipos de cultivos y prácticas agrícolas propuestas por Dumas (2012) Almorox, *et al.* (2010), Rafaelli (2003), Erenci (2000), cubriendo las formas de uso y cobertura del suelo presentes en el área de estudio y generar una guía adaptada a la realidad estudiada, tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2
Factor C, según tipo y cobertura de uso del suelo en el área de estudio

Clase	Factor C	Descripción
1	0,1	Bosque y Selva Nublada
2	0,2	Bosque, Cultivos y Pastizales
3	0,3	Matorrales y Pastizales
4	0,4	Cultivos y Pastoreo
5	0,5	Cultivos y Arbustales
6	0,6	Vegetación Escasa
7	0,9	Vegetación Semiárida y Terrenos y Cultivos
8	1	Suelo desnudo

2.3. Correlación entre el NDVI y el factor C

Se empleó un modelo de regresión, siguiendo la metodología de Karaburun (2010), para hacer análisis de correlación entre los valores del factor C, obtenidos por la clasificación supervisada de la imagen, y los valores de NDVI derivado con la banda roja e infrarroja de la imagen satelital. La función de correlación se obtuvo con un ajuste polinomial de 5to orden.

3. Resultados

3.1. Interpretación de la Imagen satelital

La Imagen VRSS-1_MSS-1_0170_0174_20121204_L2B_0121227560 del 12/04/2012, correspondiente al Municipio Carache del estado Trujillo, muestra en distintas combinaciones de bandas aspectos geomorfológicos así como uso y cobertura del espacio, tales como:

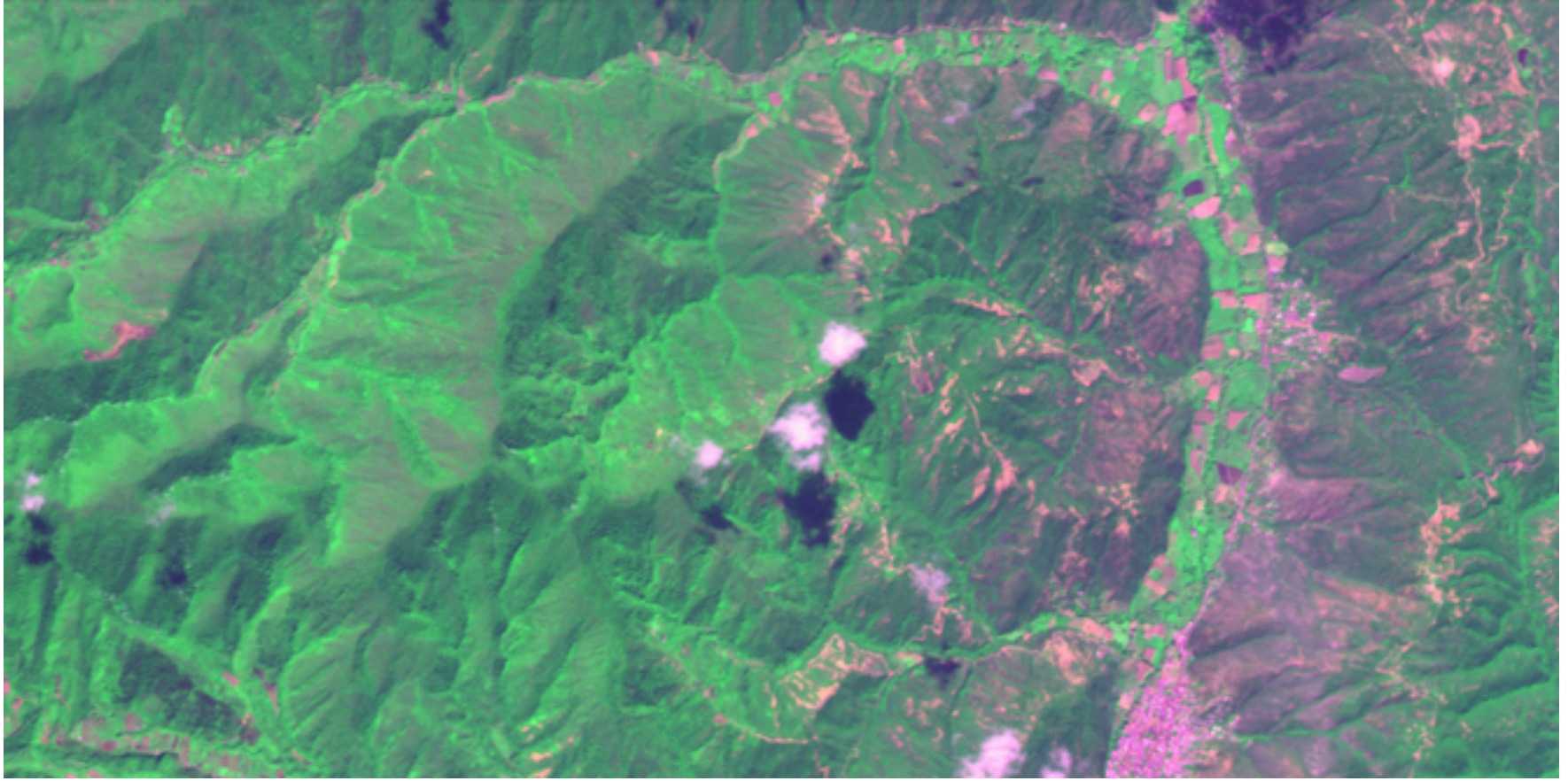
- Filas divisorias de agua
- Valles y terrazas fluviales
- Vertientes de las cuencas
- Forma y dimensiones relativas de las cuencas
- Uso y cobertura del espacio

En la imagen en pseudocolor, combinación 3-4-1, (RGV), figura 1, se identifican por su

patrón espacial y color distintas unidades geomorfológicas y usos del suelo. Respecto a las coberturas del suelo se reconocen fácilmente en color morado y formas geométricas definidas los núcleos urbanos y zonas de cultivo en los valles y terrazas fluviales, claramente se distinguen en verde claro las parcelas sembradas y en morado claro suelos desnudos en preparación para la siembra. Por otra parte destacan en verde claro los bosques de galería asociados a los cursos de agua y en verde más oscuro la vegetación arbórea y arbustiva (pinos de repoblación, bosque caducifolio y selva nublada), también se observan, en las partes más elevadas de las vertientes, colores morados claros indicativos de suelo descubierto de vegetación en ambientes semiáridos lo cual favorece los fuertes procesos erosivos en estos sectores de la cuencas.

Figura 1

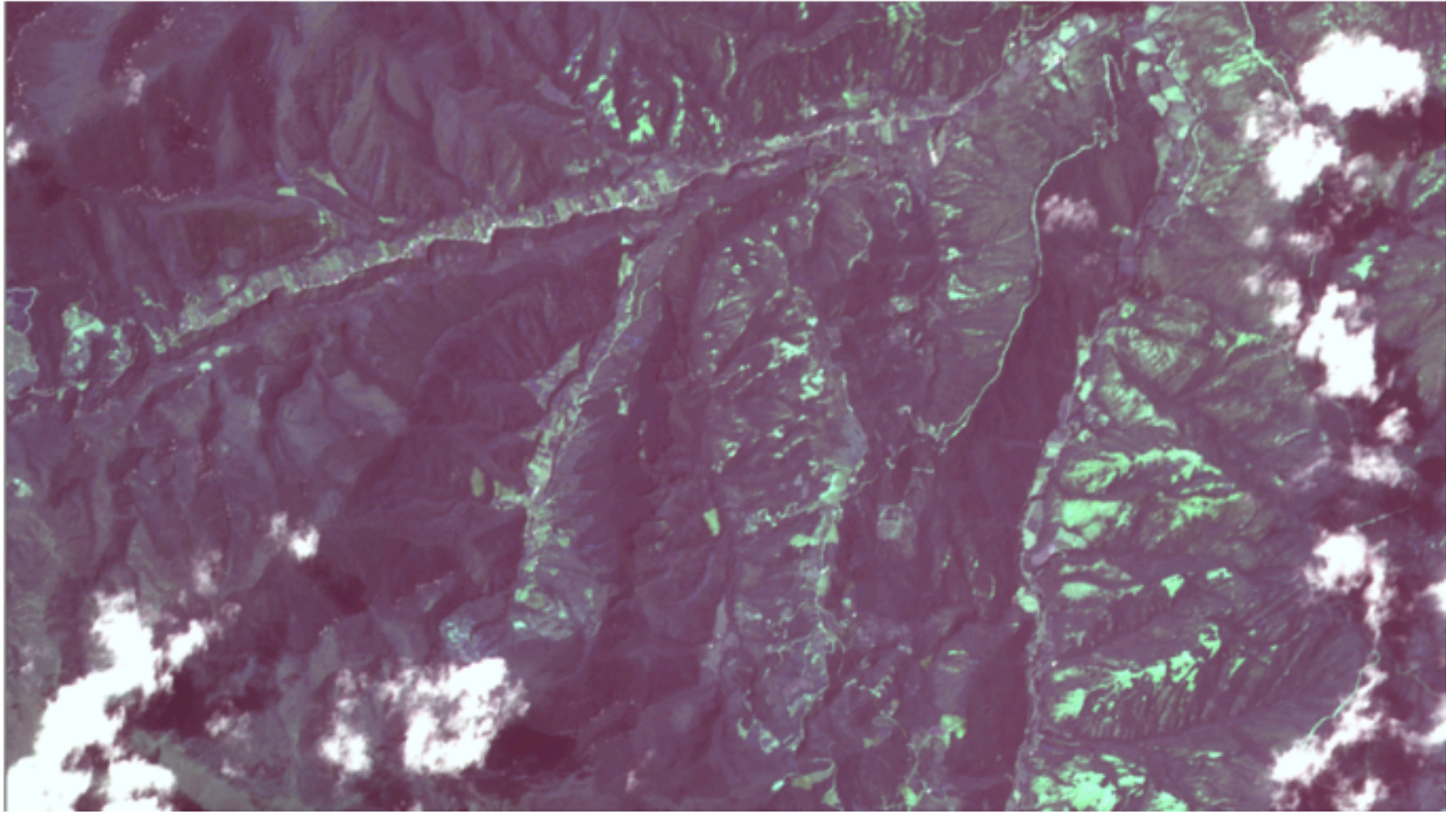
Imagen del VRSS-1 en pseudocolor, combinación 3-4-1, (RGV)



Otra combinación de bandas en falso color 1-2-3, (figura 2) discrimina con claridad las distintas formas tabulares: Como son los casos de las mesas y terrazas fluviales con presencia de cultivos de regadío, en colores claros. Al este de la imagen se observa vegetación abundante en tonos granates, mientras que al oeste las vertientes están más expuestas a la erosión, con procesos de acaravamiento, por lo que tienen menor cobertura vegetal, que ofrece tonos más claros.

Figura 2

Imagen del VRSS-1 en falso color, combinación 1-2-3, (RGV)

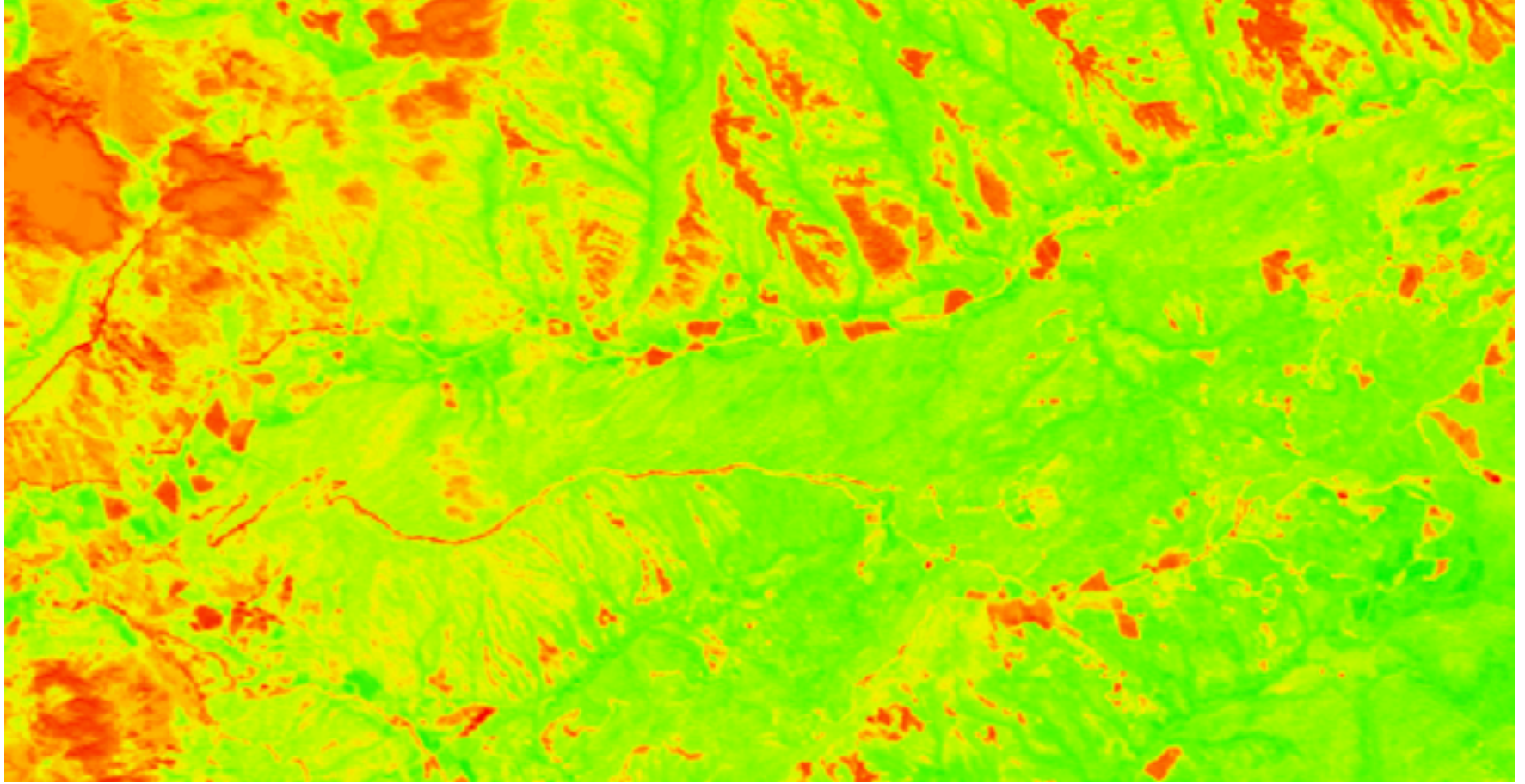


El análisis visual de la imagen indica claramente la presencia de fuertes procesos erosivos, relacionados en algunos casos con intervención antrópica, según Montilla (2012) y por otro lado en condiciones naturales de la cuenca como son los elevados valores de pendiente y la escasa cobertura vegetal en ambientes semiáridos, lo cual sugiere considerar rigurosamente el Factor C de la USLE para determinar la pérdida de suelo en la cuenca.

3.2. Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación.

El NDVI, figura 3, presenta valores que oscilan entre -0,4 y 0,67 con una media de 0,31, estos valores indican la presencia de zonas descubiertas de vegetación o con escasa cobertura vegetal para los sectores con valores menores a cero, mientras que la presencia de espesa cobertura vegetal se muestra con valores alrededor de 0,6 sugiriendo la existencia de una cobertura vegetal densa pero no completamente vigorosa, coincidiendo los mínimos valores justamente en las áreas pobladas, con vegetación semiárida o terrenos de cultivos, mientras que la máxima protección se encuentra en la áreas con vegetación densa.

Figura 3
Índice Normalizado de diferencia de Vegetación



3.3. Uso y Cobertura del Suelo

En la tabla 3 se muestra la superficie cubierta por cada una de las clases de uso y cobertura del suelo, representando el mayor porcentaje de cobertura, con un 22,8 %, la clase 2 con valores del Factor C entre 0,1 y 0,2, ubicados en las partes más elevadas de las cuencas, hacia el oriente de la imagen 5, cubiertas por bosque denso en transición a selva nublada, se observa también la presencia de esta clase hacia el noroeste de la imagen donde la cobertura dominante la representan el bosque caducifolio, cultivos y pastizales. En segunda posición en cuanto a cobertura, con un 16,59 %, se encuentran la clase 3 cubierta por matorrales y pastizales, distribuidos indistintamente por toda el área de estudio a excepción del centro y suroccidente de la imagen donde predomina el suelo desnudo y la vegetación semiárida, lo cual mezclado con terrenos de cultivo, alcanza el 15,08 % de cobertura, agrupados en la clase 7.

Por su parte la clase representada por Bosque y Selva Nublada, ocupa una posición intermedia con un 11,6 % de cobertura y se distribuye hacia el oriente de la imagen en la parte más alta de la cuenca en ambientes de paramo y subpáramo, mientras que al norte, en altitudes alrededor de los 500 metros, también se observa la presencia abundante de esta clase pero caracterizada por una cobertura de bosque caducifolio y algunos cultivos de regadío.

El resto de las clases se distribuyen indistintamente por toda el área de estudio y conforman principalmente cultivos variados, pastizales, arbustales y zonas de escasa vegetación.

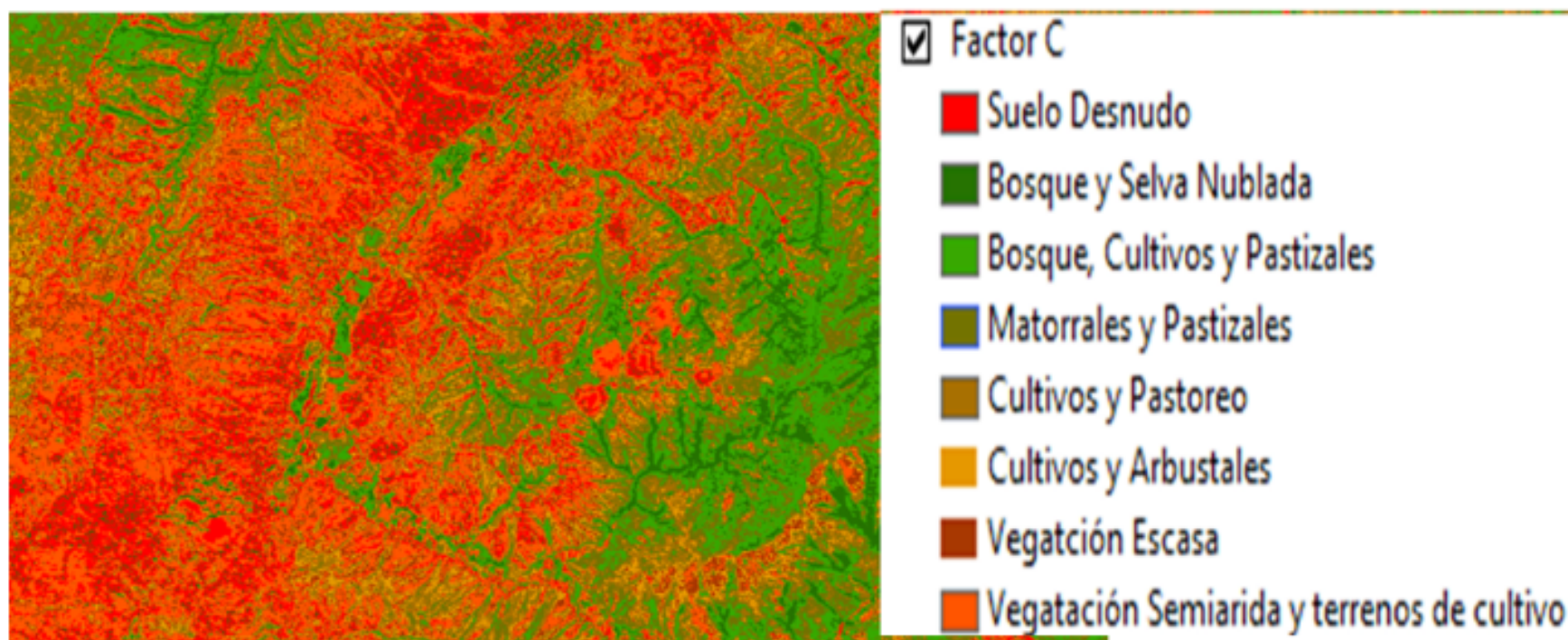
Con esta información se puede afirmar la presencia de sectores con elevados valores del Factor C, lo cual debe considerarse como un indicador de escasa protección del suelo y por lo tanto presencia de fuertes procesos erosivos, maximizados estos procesos por las fuertes pendientes presentes en los sectores más elevados de la cuenca, justamente donde es abundante la presencia de vegetación semiárida.

Tabla 3
Distribución porcentual del Factor C, según tipo de cobertura

Clase	Factor C	Descripción	Cobertura (Km2)	Cobertura (%)
1	≤ 0,1	Bosque y Selva Nublada	55,42	11,60

2	0,1 – 0,2	Bosque, Cultivos y Pastizales	108,98	22,80
3	0,2 – 0,3	Matorrales y Pastizales	79,26	16,59
4	0,3 – 0,4	Cultivos y Pastoreo	55,48	11,61
5	0,4 – 0,5	Cultivos y Arbustales	40,71	8,52
6	0,5 – 0,6	Vegetación Escasa	30,59	6,40
7	0,6 – 0,9	Vegetación Semiárida y Terrenos y Cultivos	72,08	15,08
8	≤ 0,9	Suelo desnudo	35,38	7,4
Total			477,9	100

Figura 4
Distribución espacial del factor C de la RUSLE



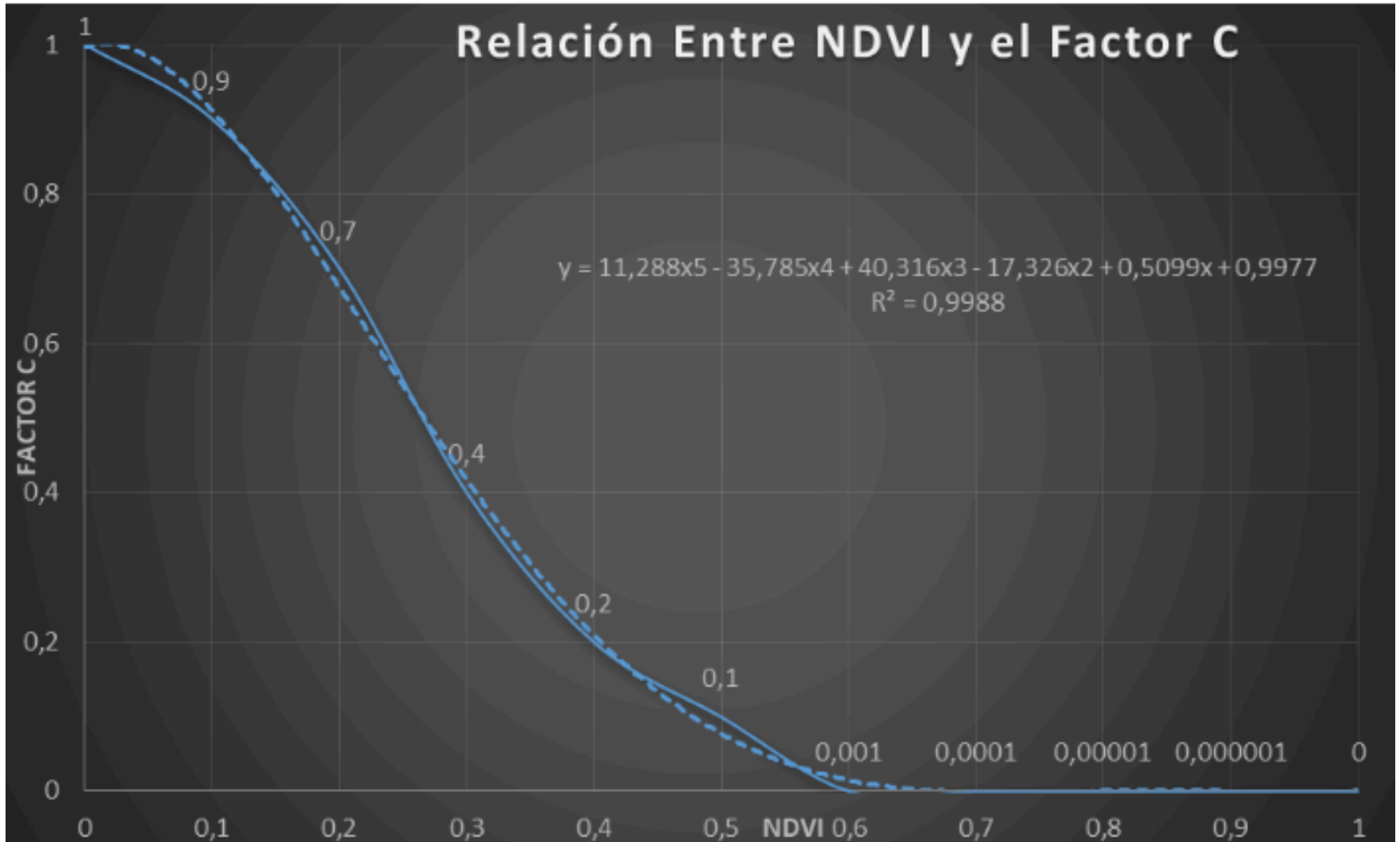
La información obtenida de la imagen satelital, combinada con observaciones de campo confirma la inexistencia de prácticas agrícolas de conservación, potenciando la pérdida del recurso suelo en la cuenca, con lo cual se incrementa el material sedimentario que transportan los cursos de agua, afectando negativamente la calidad del agua y potenciando la posibilidad de inundaciones de áreas pobladas y cultivos así como la colmatación del embalse de Agua Viva, ubicado aguas abajo del área de estudio, donde se evidencia la formación acelerada de un delta que a largo plazo seguramente disminuirá la vida útil del embalse, lo cual merece un estudio más detallado.

En general se observa el factor C, con una distribución generalizada de valores bajos y por lo tanto de alta protección hacia el noroeste y el oriente de la imagen, lo que corresponde con la presencia de bosque caducifolio en transición a selva nublada en las partes más elevadas, por otra parte los valores más altos y por lo tanto menos protección por el Factor C se distribuyen al centro y sur de la zona de estudio, donde prevalece una vegetación semiárida y áreas de cultivo en los valles de los ríos y algunas terrazas, lo cual indica escasa protección ante procesos erosivos y por lo tanto mayor incidencia en la pérdida de suelo en estos sectores.

3.4. Correlación entre el NDVI y el factor C

Se establece una relación, a través de una función polinomial de 5to orden con un $R^2 = 0,99$ (figura 5), entre el NDVI y el factor C, con lo cual se evidencia la buena precisión de las imágenes multiespectrales del VRSS-1 para el cálculo del factor de protección de la vegetación en la RUSLE.

Figura 6
Correlación entre el NDVI y el Factos C de la RUSLE



La relación entre la cobertura vegetal, estudiada a través del Índice Normalizado de diferencia de Vegetación y Factor C de la Ecuación Universal de pérdida de suelo es evidente. En este trabajo se pudo encontrar esas relaciones y traducirlas en la siguiente expresión Matemática:

$$\text{Factor C} = 11,288 * (\text{NDVI})^5 - 35,785 * (\text{NDVI})^4 + 40,316 * (\text{NDVI})^3 - 17,326 * (\text{NDVI})^2 + 0,5099 * \text{NDV} + 0,99$$

El $R^2 = 0,9988$ es un indicador de las aplicaciones precisas de las imágenes multiespectrales del VRSS-1 para este tipo de investigaciones, con lo cual se puede incrementar la precisión de los datos, disminuir los costos y los tiempos para estos estudios.

4. Conclusiones

Las imágenes del VRSS1, aportan información útil, actualizada y abundante de las características geospaciales y en este caso particular permitieron obtener los valores del Factor C de la USLE con resultados muy ajustados a la realidad.

El Índice normalizado de diferencia de vegetación resulta ser un buen indicador de la distribución espacial de la cobertura vegetal y se puede correlacionar con el Factor C, a través de una expresión matemática de alta precisión.

En la Cuenca del río Carache se pudo determinar la presencia de altos valores del Factor C de la USLE, cerca del 30% entre 0,5 y 1, lo cual indica la activación de fuertes procesos erosivos en los sectores de baja cobertura vegetal y alta pendiente, reflejando la urgente necesidad de implementar medidas de protección y el uso de prácticas apropiadas de cultivo

para reducir el riesgo de pérdida de suelos en la cuenca.

El uso apropiado de Tecnologías de la Información Geográfica permite obtener, procesar y producir información muy útil en la toma de decisiones para el mejoramiento de la calidad de vida de toda la ciudadanía.

Referencias bibliográficas

- Acevedo, R., R. Becerra, N. Orihuela, F. Varela. (2011) "Space activities in the Bolivarian Republic of Venezuela," *Space Policy* (Elsevier), Volume 27, Issue 3, August 2011, pp: 174–179
- Almorox Alonso, J., López Bermúdez, F. y Rafaelli, S. (2010). *La degradación de los suelos por erosión hídrica: Métodos de estimación*. Murcia: Universidad de Murcia.
- Dumas Salazar, A. (2012). *Riesgo de erosión hídrica en la cuenca hidrográfica del río Mundo*. [Resumen en línea], Trabajo de grado de maestría no publicado, Universidad Complutense de Madrid. Disponible: <http://eprints.ucm.es/17468/> [Consulta: 2014, Junio 28]
- Colotti, E y Fernández, (1993) *Estimación de las pérdidas de suelo por salpique mediante el uso de cilindros de separación [Carteles]*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Biblioteca, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). <http://www.ceniap.gov.ve/>
- Durigon, V., Carvalho, D., Antunes, M., Oliveira, P. y Fernández, M. (2014) NDVI time series for monitoring RUSLE cover management factor in a tropical watershed. *International Journal of Remote Sensing* **Volume 35, Issue 2**.
- Erenci, Z. (2000). *C-Factor Mapping Using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Lom Sak / Lom Kao, Thailand*. Netherlands: Justus – Liebig – Universitat Giessen. Disponible: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2004/1537/pdf/ErencinZihni-2000-08-15.pdf> [Consulta: 2014, Abril 30]
- Fonseca, D., Durigon, V., Homem, M., Sampaio, W. y Sanchez, P. (2014) Predicting soil erosion using Rusle and NDVI time series from TM Landsat 5. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 49, n.3, p.215-224, mar. 2014. DOI: 10.1590/S0100-204X2014000300008
- Ganasri, B. and Ramesh, H. (2016) Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin. *Geoscience Frontiers* 7 (2016) 953-961.
- Hernández, R., R. Acevedo, F. Varela, S. Otero. (2013) Current Space Projects of the Bolivarian Republic Venezuela," *RevMexAA (Serie de Conferencias)*, Vol. 43, pp:9–12 , 2013
- Kabo-bah, A., WaterHut, G., Nkrumah, P. y Murava, R. (2013) Evaluation of NDVI Using SPOT-5 Satellite Data for Northern Ghana. *Environmental Management and Sustainable Development*. 2013, Vol. 2, No. 1
- Karaburun, A. (2010) Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buyukcekmece watershed. *Ozean Journal of Applied Sciences* 3(1), 2010.
- Montes León, M. Domínguez Cortazar, M. y Ventura Ramos, E. (s.f.). *Metodología para la estimación del riesgo de erosión hídrica en cuencas hidrográficas utilizando un sig*. [Resumen en línea]. Trabajo de maestría no publicado, Universidad Autónoma de Queretano. Disponible: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/mexicon/R-0233.pdf>. [Consulta: 2014, Mayo 22]
- Montilla, A. (2008). Diagnóstico ecogeográfico de la cuenca del río Carache: Una aproximación a su realidad. *Revista Paradigma [Revista en línea]*, v. 29 n° 1. Disponible: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1011-22512008000100010&lng=es&nrm=iso. ISSN 1011-2251 [Consulta: 2014, Marzo, 23]
- Pacheco, H. (2012) El índice de erosión potencial en la vertiente norte del Waraira Repano, estado Vargas, Venezuela. *Cuadernos de Geografía. Revista Colombiana de Geografía*. Vol. 21, n° 2, 2012. 2256-5442
- Patil, R. and Sharma, S. (2013) Remote Sensing and GIS based modeling of crop/cover management factor (C) of USLE in Shakker river watershed. *International Conference on*

Chemical, Agricultural and Medical Sciences (CAMS-2013) Dec. 29-30, 2013 Kuala Lumpur (Malaysia).

Rafaelli, S. (2003). Paisaje erosivo en cuencas de montaña: Modelación con extrapolación espacial ascendente. [Resumen en línea]. Tesis de Doctorado no publicada, Universidad Nacional de Córdoba, España. Disponible: 128

http://www.efn.uncor.edu/archivos/doctorado_cs_ing/rafaelli/Tesis_SR_principal.pdf.
[Consulta: 2014, Marzo 06]

Seyran, K. (2012) Estimation of USLE c-factor using vegetation indices (vis) for soil erosion modelling in Lake Bosumtwi Basin, Ghana. Tesis. Master of Science Department of Wildlife and Range Management, Kwame Nkrumah University of Science and Technology.

Shinde, V., Tiwari, N., Manjushree, S., (2010) Prioritization of micro watersheds on the basis of soil erosion hazard using remote sensing and geographic information system. International Journal of Water Resources and Environmental Engineering 2 (3), 130-136.

Van der Knijff, Jones, y Montanarella (1999), Soil Erosion Risk Assessment Italy. European Soil Bureau.

Yan Cheng, Zhizhuang Li, Hongzhi Zhao, Shuyan Wang, Yufu Cui, Jian Zhao. (2013) "VRSS-1 Satellite Summary," Proceedings of the 64th International Astronautical Congress (IAC 2013), Beijing, China, Sept. 23-27, 2013, paper: IAC-13-B4.1.7

Zerihun, M., Mohammedyasin, M., Sewnet, D., Adem, A., and Lakew, M. (2018) Assessment of soil erosion using RUSLE, GIS and remote sensing in NW Ethiopia. Geoderma Regional 12 (2018) 83–90

Zihni, E. (2000) C-Factor Mapping Using Remote Sensing and GIS. A Case Study of Lom Sak / Lom Kao, Thailand. Soil Science Division International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences Enschede, the Netherlands.

1. Facultad de Ingeniería Agrícola. Universidad Técnica de Manabí. Profesor en Ciencias de La Tierra. Doctor en Ciencias de la ingeniería. henrypacheco@gmail.com

2. Facultad de Ingeniería Agrícola. Universidad Técnica de Manabí. Ingeniero Agrícola, Magister en Educación y Desarrollo Social. rcevallos@utm.edu.ec

3. Facultad de Ingeniería Agrícola. Universidad Técnica de Manabí. Ingeniero Industrial, Master en Gerencia Educativa. carlosjuliovincessolorzano@gmail.com

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 40 (Nº 03) Año 2019

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]