Erosión de suelo y mapa de riesgo para la cuenca del Río Grande de Añasco, Puerto Rico

Ángel A. Anaya (<u>angel.a.anaya@gmail.com</u>) Edwin J. Colón (<u>edwinjcolon@gmail.com</u>) Departamento de Ingeniería Civil Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez.

Resumen

Estimaciones de la producción de sedimentos de las cuencas hidrográficas son muy importantes, ya que estos sedimentos disminuyen la capacidad de lagos, tienen repercusiones en los ecosistemas de las bahías y de la calidad del agua. Por lo tanto, es necesario localizar éstas áreas potenciales de la cuenca donde existe mayor erosión y trabajar con la creación de un programa de manejo de cuencas hidrográficas. La erosión del suelo es un aspecto que requiere de capital y tiempo para su evaluación.

Una serie de modelos paramétricos se han desarrollado para predecir la erosión de los suelos en las cuencas hidrográficas, la "Reviewed Universal Soil Loss Equation" (RUSLE) es la ecuación empírica más ampliamente utilizada para la estimación anual de pérdida de suelos agrícolas en cuencas. Si bien los métodos convencionales están basados en puntos de información, la teleobservación (Remote Sensing) hace posible medir parámetros hidrológicos en escalas espaciales mayores, esta ventaja unida a la funcionalidad de un SIG permite un análisis más robusto y ágil a la hora de manipular grandes cantidades de información.

Este trabajo utiliza la ecuación RUSLE para calcular y evaluar estas zonas, en Puerto Rico, básicamente, en la cuenca del Río Grande de Añasco. Algunos de los insumos del modelo, como factor de cobertura y de la práctica de la conservación también puede ser factor de éxito derivado de los datos de teleobservación.

El factor de LS se generó a partir de mapas de pendiente y mapas de elevaciones derivados de los DEM. El mapa del factor K fue elaborado a partir de la de los mapas de usos de suelos obtenidos de SURGO, datos y valores del factor K del Soil Survey de los Estados Unidos y las Islas Vírgenes (1998). Mapas que cubren cada uno de los parámetros (R, K, LS, C y P) se integraron para generar un mapa compuesto de la intensidad de la erosión sobre la cuenca.

Palabras clave: Teleobservación, RUSLE, GIS, Erosión De Suelos.

I. INTRODUCCIÓN

Los problemas asociados a la erosión de los suelos, el movimiento y la deposición de sedimentos en ríos, lagos y estuarios persisten a través de las edades geológicas en casi todas las partes de la tierra. Pero la situación se ve agravada en los últimos tiempos con el aumento de las intervenciones del hombre con el medio ambiente. En la actualidad, la calidad de los datos disponibles es extremadamente

variada. La planificación del uso de tierras basada en datos poco fiables puede conducir a graves y costosos errores. La erosión del suelo es una investigación intensidad de capital tiempo. V Extrapolación global sobre la base de datos generados por diversos y no estandarizados métodos pueden dar lugar a grandes errores y también puede conducir a errores costosos y crítica sobre cuestiones de política. En este estudio, la funcionalidad de los GIS se utiliza extensamente en la preparación del mapa de la erosión. La cuenca del Rio Grande de Añasco está influenciada por el hombre y el desarrollo de la erosión del suelo y el sedimentos transporte de al lago disminución de capacidad. La su proporciona teleobservación una conveniente solución para este problema. Además, el volumen de datos recogidos avuda técnicas con la de de teleobservación son mejor manejados y utilizados con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (GIS).

II. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Cuantificar la cantidad de sedimento generado en la cuenca del Río Grande de Añasco, correlacionar estos valores con los datos históricos y los patrones de sedimentación actual en la bahía.
- Generar un mapa de riesgo de erodabilidad a partir de clasificaciones de los diferentes parámetros que controlan la física de este fenómeno.

III. METODOLOGÍA

La pérdida de suelo se define como la cantidad de suelo perdido en un plazo de tiempo determinado, en una superficie de la tierra que ha sufrido la pérdida de suelo neto. Se expresa en unidades de masa por unidad de área (Ton ha⁻¹ y⁻¹)

Este documento utiliza la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada (RUSLE) La RUSLE puede expresarse de la siguiente manera:

$$\mathbf{A} = \mathbf{R}^* \mathbf{K}^* \mathbf{L} \mathbf{S}^* \mathbf{C}^* \mathbf{P} \tag{1}$$

Donde A es el calculado la pérdida de suelo por unidad de superficie, expresada en las unidades seleccionadas para K y el período seleccionado para R.

- (R) = Erosividad de la lluvia
- (K) = Susceptibilidad de erosión del suelo
- (L) = Largo de la pendiente
- (S) = Magnitud de la pendiente
- (C) = Cubierta y manejo de cultivos
- (P) = residuos prácticas de conservación

(A) = Pérdida de suelos promedio por el período de tiempo representado por R, generalmente un año.



Figura 1. Metodología

Figura 1, muestra un esquema sobre la metodología utilizada en este trabajo.

Incluye los diferentes componentes de obtener y calcular para el último cálculo de la erosión del suelo en Rio Grande de Arecibo.

IV. ÁREA DEL STUDIO

El Rio Grande de Añasco y su cuenca se encuentra en la costa occidental de Puerto Rico entre las latitudes 18 ° 20'N y 18 ° 05'N y las longitudes 67 ° 15'W y 66 ° 45'W.

El Río Grande de Añasco se origina cerca de la Cordillera Central, corrientes al oeste, y desemboca en la Bahía de Añasco. Tiene su origen de la unión del Río Blanco y el Río Prieto en el límite del Barrio Espino y Pesuela del municipio de Lares. Cruza por los municipios de Adjuntas, Lares, Las Marías. San Sebastián, Añasco, Mayagüez. Tiene una longitud aproximada de 40 millas (64 kilómetros) desde su origen hasta que desemboca en el Pasaje de Mona al oeste de Puerto Rico. Tiene de 20 a 60 pies de ancho y de 2 a 20 pies de profundidad.

La parte alta de la cuenca contienen cuatro embalses conectados por tuberías; El Lago Toro, Lago Prieto, Lago Guayo, y el Lago Yahuecas. El valle aluvial del Río Grande de Añasco cubre un área de aproximadamente 18 mi². La cuenca es delimitada por colinas al norte, este y sur, y por la Bahía de Añasco, al oeste. Las dos zonas montañosas lo son las Cadena de San Francisco, y las montañas Atalaya al norte, y las Colinas de Uroyán al sureste. Los afluentes del Río Grande de Añasco que desembocan aguas abajo en el l valle son el Río Dagüey y el Río Cañas. El Caño La Puente y Caño Boquilla son más pequeños arroyos que atraviesan el valle.



Figura 2. Mapa de localización y elevación del área de estudio

Las elevaciones dentro de la cuenca varían desde el valle aluvial con 30 metros sobre el nivel medio del mar hasta su mayor altitud que se encuentra en las montañas situadas en la región en la Cordillera Central, con el Monte Guilarte a 3953 metros de altura sobre el nivel medio del mar.

V. FACTORES PARA LA ECUACIÓN (RUSLE)

FACTOR R

Para calcular esta parámetro se utilizo la formula de Arnoldus, en función de la precipitación promedio mensual y anual.

R= 0.0302 * **RI**^{1.9} (Arnoldus 1980) (2)

Se utilizaron ocho estaciones de lluvia mapas а usar para generar de precipitación media mensual y anual mediante el de algoritmos uso geostadísticos como Kriggging y la función de base radial. (figura 3)

	LO	LA		-	-
ESTACION	N	Т	ESTE	NORTE	R
	-	-		-	-
ADJUNTAS 1	18	66			
NW	10'	43'	741491.9	2009931	832.6867
ADJUNTAS	18	66			
SUBSTATION	10'	48'	732672.9	2009823	765.1255
	18	66			
LARES	16'	50'	729014.5	2020852	1005.821
		-		-	-
MAYAGUEZ	18	67			
CITY	10'	07'	699164.4	2009451	734.657
		,	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	,,,,	131 31
MAYAGUEZ	18	67			
AIRPORT	15	09'	695544.3	2018639	682.112
	,		,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	
PUERTO	18	67			
REAL	04'	10'	693984.2	1998329	319.2235
SAN	-				
SEBASTIAN 2	18	67			
WNW	21	01	709525.3	2029856	1027.094
					, , , ,
	18	66			
UTUADO	16'	40'	746642.5	2021069	638.485







FACTOR K

El factor susceptibilidad de erosión del suelo, es la tasa de pérdida de suelos por unidad El para un suelo específico.

Se preparó a partir del mapa de uso de suelo de la cuenca, obtenido de SSURGO.



Figura 5. (K) susceptibilidad de erosión del suelo con unidades de Ton*ha*hr*ha⁻¹*MJ*mm⁻¹

FACTOR LS

Para construir el mapa raster de este factor para la cuenca se procederá de la siguiente forma:

- Se calculó el mapa de pendientes a partir del mdt.
- Se calculó el mapa LS a partir de la metodología propuesta por SURGO

$$\mathbf{LS} = \mathbf{f}(\mathbf{L}, \mathbf{S}) \tag{3}$$

Uso de la DEM (Digital Elevation Model) con 30 metros de resolución espacial para la zona de estudio, el factor de L * S se calculó utilizando:

$$LS = L/22^{*}(0.065+0.045^{*}S+0.0065^{*}S^{2})$$
(4)

L = longitud (metros) fija a 30 metros. S = pendiente (radianes). El mapa del factor de LS fue creado a partir de los DEM y el cálculo de pendientes, primero en la obtención de la red en cada píxel un valor de LS.



Figura 6. (LS) Características de las pendientes del suelo con unidades de Ton*ha⁻¹*yr⁻¹

FACTOR C

El factor cubierta y manejo, es función del tipo de vegetación, Para calcular este parámetro se usaran imágenes satelitales, de sensores MSS, TM y ETM, a resolución de pixel de 30 metros, y con una ventana temporal de desde los 70's hasta imágenes posteriores al 2000.

Se comenzó creando un "subset" de las imágenes del "Path": 005 y "Row": 047 para que solo incluyera el área deseada para el estudio. (figuras 7, 8, 9)



Figura 7. Imagen color falso del sensor MSS



Figura 8 . Imagen color verdadero del sensor TM



Figura 9. Imagen color verdadero del sensor ETM+

Aplicando una clasificación no supervisada del tipo K medios utilizando el programa ENVI 4.3 con 8 clases y 5 iteraciones se obtuvo los siguientes resultados (figura , ,)



Figura 10. Kmeans de la imagen del MSS



Figura 11. Kmeans de la imagen del TM



Figura 12. Kmeans de la imagen del ETM+

CATEGORIA	С		
Cuerpos de agua	0		
Bosque Denso	0.002		
Bosque Medio	0.006		
Grama	0.12		
Cultivos	0.1		
Ciudad	0		

Figura 13 .Valores utilizados para C por clase.

Combinando estos valores con el resultado de la clasificación del K medios y la máscara de la cuenca se producen los mapas del factor C para las tres imágenes. (figuras 14, 15, 16)

MSS



Figura 14 . (C) Cubierta y manejo de cultivos MSS

TM



Figura 15 . (C) Cubierta y manejo de cultivos TM



Figura 15 . (C) Cubierta y manejo de cultivos ETM+

VI. MAPAS DE EROSIÓN

Todos los mapas de los valores de **R**, **K**, **LS** y **C** fueron integrados en varios mapas para producir los mapas de intensidad de erosión para cada imagen. Las figuras 16-18 muestran el resultado final de este proceso para la cueca del Rio Grande de Añasco.



Figura 16. Mapa de erosión usando MSS

550 500 450 400 350 300 250 200 150 100

Figura 17. Mapa de erosión usando TM





VII. **RESULTADOS**

INTENSIDAD	RANG O	MSS	ТМ	ETM+
Muy Baja	0-5	30.09%	42.16 %	27.25 %
Baja	5-12	22.38 %	14.93 %	23.00 %
Moderada	12-25	5.98 %	3.78 %	5.00 %
Alta	25-60	10.30 %	11.04%	11.63 %
Muy Alta	60-150	4.69 %	6.70 %	6.12 %
Extremadamen te Alta	> 150	26.56 %	21.39 %	27.00 %



Las variaciones en los números se deben a que las imágenes fueron re-calibradas a un tamaño de pixel de 30 x 30 y las fotos no son del mismo año.

VIII. **CONCLUSIONES**

Los valores más críticos de pérdida de suelo fueron obtenidos usando el mapa de cobertura generado a partir de la imagen ETM, con valores máximos de 606 Ton por hectárea ano, además el indica producto generado que aproximadamente el 44% de la cuenca presenta pérdida de suelo categoría altaextremadamente alta.

Comparando los resultados con "The Average Annual Soil Erosion by Water on

TM

7

Cultivated Cropland as a Portion of the Tolerable Rate, 1997." Que presenta valores promedio para Puerto Rico entre 2 y 4 ton/ha/año, se observa que la cuenca del rio grande de Añasco presenta valores muy superiores a la media con valores de o-12 ton/ha/año.

IX. REFERENCIAS

Ogawa, S. Saito, G. et al. 1997. Estimation of Soil erosion using USLE and Landsat TM in Pakistan. ACRS 1997 Proceedings.

Samad, R., Abdul, N. 1997. Soil Erosion and Hydrological Study of the Bakun Dam Catchment Area, Sarawak Using Remote Sensing and Geographic Information System (GIS). ACRS 1997 Proceedings.

www.landsat.org

water.usgs.gov

ssurgo.usgs.gov

www.ott.wrcc.osmre.gov