

Erosión y Aumento en Inundabilidad en el Municipio de Río Grande

*Itzel J. Santiago Alverio
Maestría en Ciencia y Tecnología Geoespacial
Prof. Marisol Rodríguez
Departamento de Ciencias Geomáticas
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

Resumen — *En la actualidad se puede observar que los cambios en la climatología y las variaciones en condiciones atmosféricas son la orden del día, provocando cambios abruptos en el comportamiento de las inundaciones en todas partes del mundo. Esto produce la interrogante ¿Cuál es la causa de estos cambios? Por esto utilizando herramientas de tecnología geoespacial se investigó la erosión del suelo como una posible causa. Se aplicó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE por sus siglas en inglés) para el municipio de Río Grande y observar su comportamiento. Con el pasar de los años y luego de varias construcciones es notable el incremento en las inundaciones en zonas aledañas a estas, así que se comparará el resultado del cálculo de la ecuación RUSLE desarrollado en el año 2000 con uno realizado para el año 2010 para así comprobar si en efecto el cambio en la topografía y en el uso del suelo en la zona afecta el potencial de erosión de la misma.*

Palabras Claves — *Erosión, Inundación, RUSLE, Tecnología Geoespacial.*

INTRODUCCIÓN

A través de los años los residentes de una ciudad podrían observar cambios en el medio ambiente o en las condiciones atmosféricas de su entorno. Incluso algunas personas podrían percatarse de cambios leves, pero no es hasta que se comienzan a sentir cambios abruptos que se hace evidente que está ocurriendo algo. En la actualidad mantenerse informado es la orden del día, con los avances tecnológicos la información se mueve a velocidades exorbitantes, permitiendo que las personas tengan acceso a información que antes no estaba disponible provocando que eventos que antes podían pasar desapercibidos ganen notoriedad. El aumento en la inundabilidad es uno

de estos casos, es la realidad en la que se vive, y lo que despierta la iniciativa de esta investigación. Entre los factores que agravan las inundaciones existen actividades humanas entre estas:

- Al asfaltar cada vez mayores superficies se impermeabiliza el suelo, lo que impide que el agua se absorba por la tierra y facilita el que con gran rapidez las aguas lleguen a los cauces de los ríos a través de desagües y cunetas.
- Las canalizaciones solucionan los problemas de inundación en algunos tramos del río pero los agravan en otros a los que el agua llega mucho más rápidamente.
- La ocupación de los cauces por construcciones reduce la sección útil para evacuar el agua y reduce la capacidad de la llanura de inundación del río. La consecuencia es que las aguas suben a un nivel más alto y que llega mayor cantidad de agua a los siguientes tramos del río, porque no ha podido ser embalsada por la llanura de inundación, provocando mayores desbordamientos. Por otra parte el riesgo de perder la vida y de daños personales es muy alto en las personas que viven en esos lugares.
- La tala de bosques y los cultivos que desnudan al suelo de su cobertura vegetal facilitan la erosión, con lo que llegan a los ríos grandes cantidades de materiales en suspensión que agravan los efectos de la inundación. [1]

El municipio de Río Grande está sufriendo un aumento notable en inundaciones, lo que lleva a investigar las posibles causas. Mediante la implementación de herramientas geoespaciales se definen patrones que podrían ayudar a comprender dichos comportamientos y a detectar posibles soluciones para minimizar efectos. En esta investigación se utilizara la ayuda de estas tecnologías, para implementar la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada, (RUSLE

por sus siglas en inglés) para los años 2000 y 2010. Para determinar si el cambio en la topografía y en el uso de suelo provocado por construcciones, afecta el potencial de erosión en el municipio de Río Grande. “La erosión es un fenómeno natural que causa la pérdida de terreno. Ocurre debido a la acción del agua, del viento o movimiento del terreno para la construcción. Sus efectos aumentan con la inclinación del terreno. Su consecuencia final es la sedimentación, acumulación de partículas de suelo en el fondo de los cuerpos de agua [...] el sedimento que se acumula en los embalses reduce su vida útil y aumenta la incidencia de inundaciones.” [2]

A partir del año 1930 se comenzó a estudiar la erosión en el terreno por causas agrícolas pero años más tarde investigadores comenzaron a desarrollar procedimientos para estimar la pérdida de suelo en el cinturón de maíz. No fue hasta 1946 cuando un grupo de especialistas decidió reevaluar los factores que se utilizaban para estos cálculos y añadir la lluvia como factor. Es entonces cuando el Departamento de Agricultura de EE.UU. decide ubicar, reunir y consolidar todos los datos posibles de escorrentías y pérdida de suelos en los 49

Estados. El conjunto de esa información y las investigaciones de Wischmeier, Smith y otros desarrollaron la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo (USLE por sus siglas en inglés), fue publicado en 1965 y revisado en 1978. Investigadores continúan mejorando USLE lo que provocó el desarrollo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE). Esta utiliza la misma fórmula pero mejora la determinación de los factores utilizados. Estos incluyen algunos mapas isoerodientes nuevos y revisados; un enfoque variable en el tiempo para el factor de erosionabilidad del suelo; un subfactor para evaluar el factor de gestión de la cubierta; una nueva ecuación para reflejar longitud de la pendiente e inclinación. Un nuevo manual Agricultura (No. 703), que describe RUSLE con gran detalle fue publicado en 1997 por el Departamento de Agricultura de EE.UU.

La ecuación de Universal de Pérdida del Suelo (USLE) y la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada (RUSLE), son modelos empíricos para calcular la pérdida de suelo a partir de gráficas de erosión. Las mismas fueron desarrolladas para los Estados Unidos aunque se pueden ajustar por

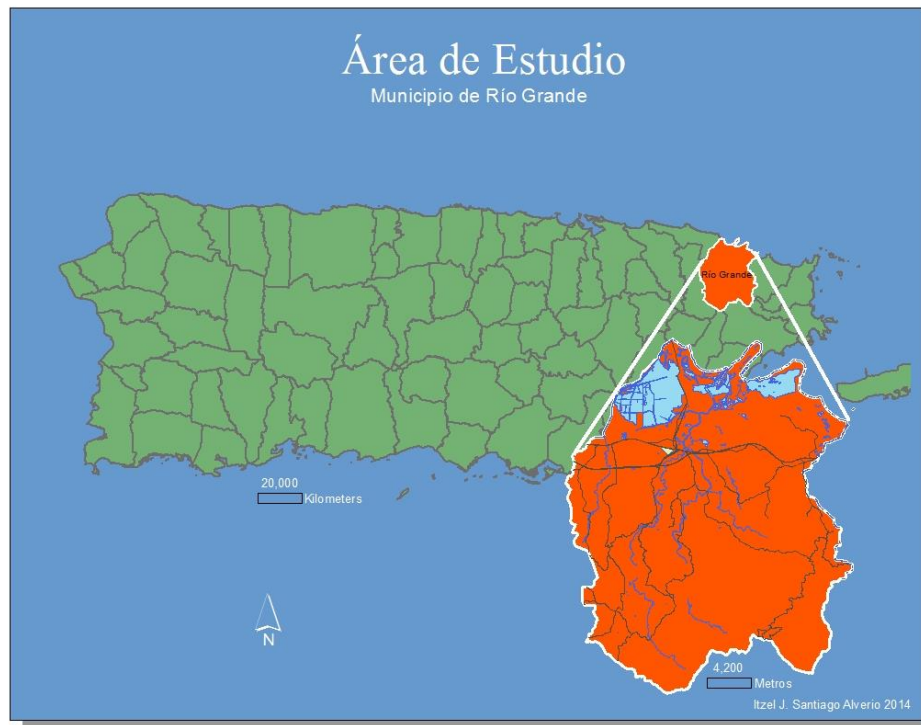


Figura 1
Mapa del Área de Estudio

las condiciones del terreno para otros lugares. Es por esto que se utilizará una simplificación de la misma, la ecuación de Potencial Relativo de Erosión (REP por sus siglas en inglés) para el municipio de Río Grande y observar el comportamiento y las tendencias del mismo. No se utiliza la ecuación RUSLE porque no se adapta a los ambientes muy empinados y surcos de las Islas Vírgenes y Puerto Rico.

Ecuación USLE:

$$A = K * R * L * S * C * P \quad (1)$$

A: pérdida de suelo promedio por el período de tiempo representado

K: susceptibilidad de erosión del suelo

R: erosividad de la lluvia

L: longitud de la pendiente

S: ángulo de pendiente

C: cultivo y ordenación

P: prácticas de conservación

Se aplicará la ecuación REP para el año 2010 y se comparará con los resultados obtenidos para esta con los datos utilizados en el estudio “Summit-to-Sea Analysis and Data Products” realizado por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA por sus siglas en inglés) año 2000[3]. Utilizando ambos resultados se podrá evaluar el cambio en potencial de erosión del terreno antes y después del desarrollo de las construcciones, para definir si la erosión es un factor que aporta al aumento de inundaciones de las áreas aledañas al mismo. Es importante descubrir estos factores, pues permitirían implementar medidas capaces de minimizar los mismos y diseñar medidas que permitan corregir sus efectos. Para canalizar así los recursos pertinentes.

OBJETIVOS

El objetivo de esta investigación es medir la diferencia en el potencial de erosión relativo del terreno causado por el cambio en la topografía y el uso de suelo por construcciones en el municipio de Río Grande. Para definir si la erosión del mismo es

un factor que influye en el aumento en inundaciones del municipio.



Figure 2
Esquema REP

METODOLOGÍA

Para esta investigación se utilizó un marco Geográfico, se realizó el análisis en el municipio de Río Grande, (Figura 1) esto luego de que se percibiera un aumento en las inundaciones del municipio. Para llevar a cabo esta investigación se utilizaron los siguientes datos:

- Modelos de elevación digital (DEM por sus siglas en inglés)
- Archivos digitales de Carreteras, Hidrografía[4]
- Precipitaciones [3]
- Factor K [3]
- Las tasas de erosión relativa para cada tipo de cobertura terrestre [3]

Luego de organizar y evaluar toda la información recopilada se organizó la misma agrupándolas por periodos de tiempo. Para el manejo y procesamiento de los datos se utilizó programa ArcMaps 10.2.1.

Ecuación 2:

$$REP = \frac{Pendiente(\%) * Precipitación(mm) * Factor - k * TasaErosión Relativa}{1000} \quad (2)$$

- Pendiente (%)- se calcula utilizando el Modelo de Elevación Digital (DEM)
- Precipitaciones durante el mes de mayor precipitación (en milímetros)- valores medios mensuales de precipitación para el mes de mayor pluviosidad del año a largo plazo es una malla de interpolación basado en los datos de las estaciones climáticas de Nacional del Clima del Centro de Datos de la NOAA (CNDC). Esta variable fue elegido porque es más indicativo de la estación lluviosa y más eventos extremos durante el año.
- Factor de erosionabilidad del suelo (factor K) - se obtuvo de la base de datos SSURGO de la USDA. Modelo de elevación digital (DEM), modelo digital o representación en tres

dimensiones de la superficie de un terreno, creado a partir de los datos de elevación del terreno.

- Las tasas de erosión relativa para cada tipo de cobertura terrestre se determinaron a partir de trabajos publicados anteriormente y calculados para cada conjunto de datos de la cobertura del suelo. Erosión potencial relativa se relaciona con la cobertura vegetal, por lo que los tipos de cobertura del suelo, tales como desarrollado/urbana tienen mucho más altas tasas de erosión relativos que los bosques o vegetación secundaria. Categorías de cobertura de suelo fueron reclasificados a las tasas de erosión relativos, que van desde 15 a 220 para los bosques de tierra estéril.

Utilizando la herramienta “Raster Calculator” de “Spatial Analyst Tools” se calculó la ecuación REP para el año 2000 utilizando los datos provistos

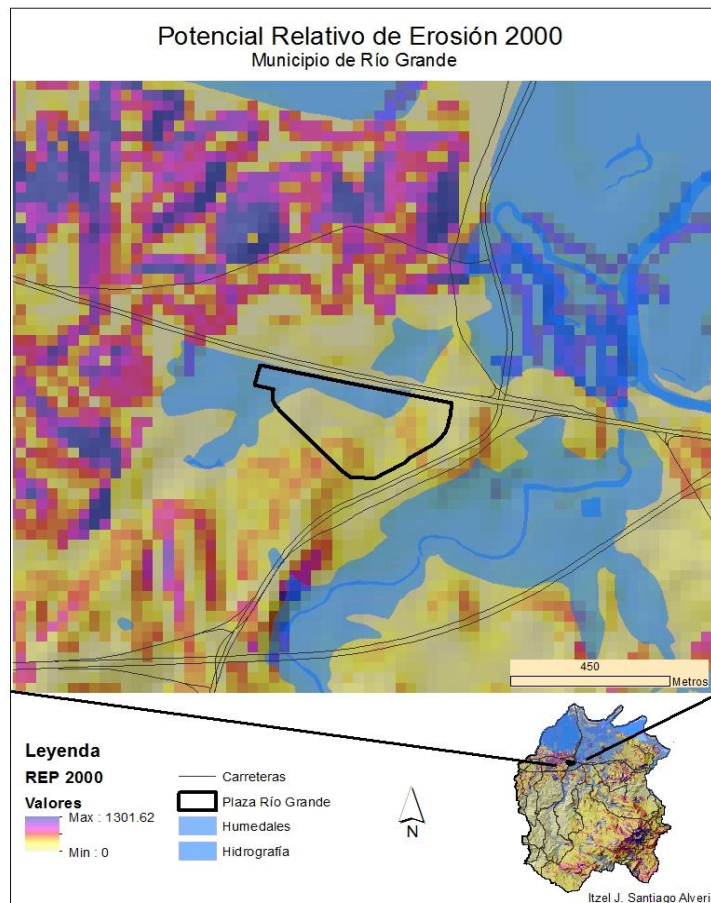


Figura 3
Mapa REP año 2000

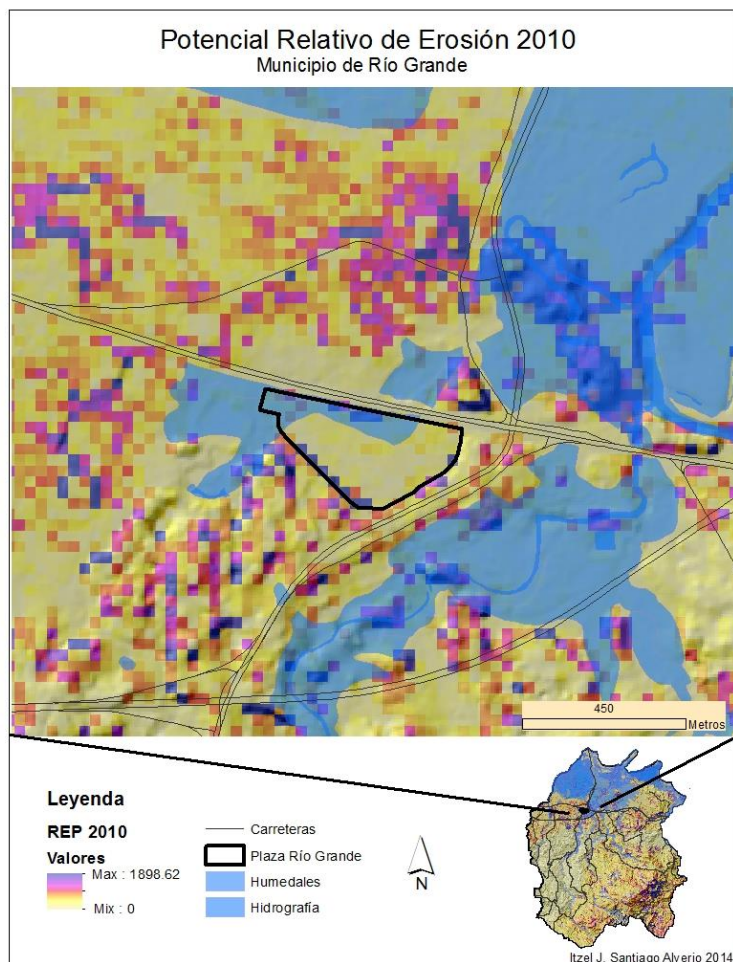


Figura 4
Mapa REP Año 2010

por el estudio “Summit-to-Sea Analysis and Data Products”[3]. Luego se calculó la pendiente del terreno utilizando un Modelo Digital de Elevaciones (DEM por sus siglas en inglés) para el año 2010 con la herramienta “Slope” de “Spatial Analyst Tools”. Los datos para la precipitación se mantuvieron constantes para ambos al igual que el factor-k del suelo. Mientras que tasa de erosión relativa por tipo de suelo se modificó el área de la construcción del centro comercial. Y se procedió a calcular nuevamente la ecuación REP en esta ocasión para los datos del año 2010. Luego se realizó una resta de ambos resultados utilizando la herramienta de “Map Algebra” para visualizar los aumentos y las disminuciones del potencial de erosión de manera clara.

ANÁLISIS

Tras llevar a cabo esta investigación se pudo observar el comportamiento del Potencial Relativo de Erosión en el suelo del municipio de Río Grande antes (año 2000) y después (año 2010) de la construcción del centro comercial Plaza Río Grande. Tras comparar ambos resultados se puede observar en el mapa REP 2000 (Figura 3) que las áreas con mayor potencial de erosión son más amplias que en el REP de 2010 (Figura 4). Pero cuando se evalúan los valores resultantes, la variación entre los valores máximos es significativa. Para el año 2000 el valor máximo del Potencial Relativo de Erosión fue 1301.62 mientras que en el año 2010 el valor se elevó a 1898.62 (valores sin unidades). Lo que muestra que las áreas susceptibles a erosión en 2000 eran más amplias

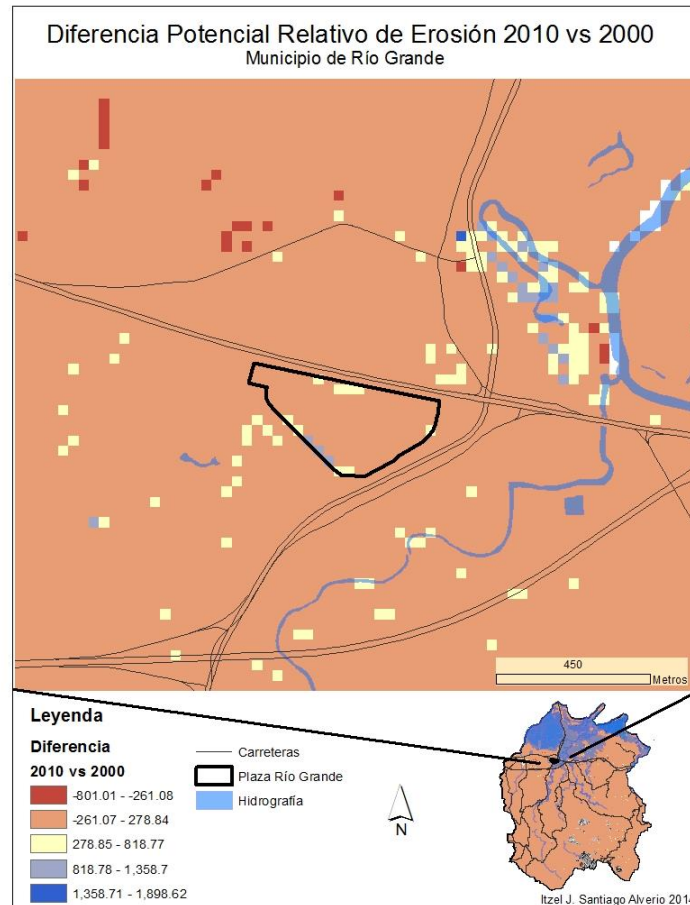


Figura 5
Mapa Diferencia REP 2010 vs 2000

pero el impacto menos fuerte que para 2010. Luego evaluando el mapa de la diferencia de ambos años (Figura 5) es más claro el efecto causado por la construcción del centro comercial Plaza Río Grande. Pues se hace evidente que las zonas donde la diferencia es positiva, lo que implica hubo aumento el Potencial Relativo de Erosión. Estas áreas están en zonas aledañas al desarrollo de la construcción del centro comercial.

CONCLUSIÓN

Se puede concluir luego de analizar ambos mapas hubo cambios en el Potencial Relativo de Erosión. Aunque las áreas potenciales eran mayores previo a la construcción del centro comercial el cambio en la topografía y el uso de suelos causados por la construcción causó un incremento en los valores de áreas circundantes al centro comercial. Por esto se podría decir que como reacción en

cadena el aumento en Potencial Relativo de Erosión influye en el aumento de las inundaciones del municipio.

Esto deja claro que se deben evaluar modelos similares a este para la prevención de desastres. Se debe además educar a la comunidad y evaluar planes para mitigar los efectos de estos proyectos. Mantenerse investigando utilizando herramientas como las que se presentaron en esta investigación, que pueden lograr resultados veraces de manera remota. Regular los proyectos que requieran incurrir en cambios en la topografía y en el uso de suelos, proteger el medio ambiente y hacer uso inteligente de los recursos que se tienen a la mano.

REFERENCIAS

- [1] Echarri, L., "Libro electrónico Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente", Tema 8 [Online]. Retrieved from

- <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/08RiesgN/130Inund.htm>.
- [2] González, C., “La Erosion”, 2010. Retrieved on April 2014 from <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-811/encumarerosion.pdf>.
- [3] National Centers for Coastal Ocean Science, *Center for Coastal Monitoring and Assessment, Summit to Sea Characterization of Coastal Watersheds*, (Puerto Rico and U.S. Virgin Islands) http://ccma.nos.noaa.gov/ecosystems/coralreef/summit_sea/summit_sea2.aspx.
- [4] Portal de Datos Geográficos Gubernamentales, www.gis.pr.gov. Recuperado el 7 de 2 de 2014, de [www.gis.pr.gov: http://www2.pr.gov/agencias/gis/descarga/Geodatos/Pages/default.aspx](http://www2.pr.gov/agencias/gis/descarga/Geodatos/Pages/default.aspx).