

ESTIMACIÓN DE LA TASA DE PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA DEL RÍO HORCONES (PROV. DE SALTA Y SANTIAGO DEL ESTERO)

Luis A. Olmos, Marcelo J. Borsellino, Mónica M. Mattar, María T. Pilán, H. D. Farias

Instituto de Recursos Hídricos – Fac. de Ciencias Exactas y Tecnologías - Universidad Nac. de Sgo. del Estero

Av. Belgrano (S) 1912, (4200) - Santiago del Estero, Argentina

E-mail: lolmos@unse.edu.ar - mborse@unse.edu.ar - mmattar@unse.edu.ar – tpilan@unse.edu.ar – hdf@unse.edu.ar

Introducción

La erosión de cuencas de drenaje y la degradación es uno de los problemas medioambientales más complejos a nivel mundial. Es así que ha sido naturalmente el tema de investigación durante muchas décadas en los países que presentaban todos los tipos de clima en el planeta. El problema se agrava debido a diferentes factores, como ser: amplio rango de temperatura, distribución irregular de las lluvias, degradación de la cobertura vegetal, entre otros.

La región del NOA, lugar geográfico donde se enmarca la cuenca del Río Horcones, presenta un cuadro de severo deterioro ambiental, que adquiere una considerable gravedad en el caso de las cuencas hídricas. En particular, los procesos de erosión superficial y remoción de sedimentos en masa, que afectan a las cuencas de dicha región, agudizan el problema de las inundaciones, acentúan los fenómenos de colmatación de embalses, condicionan el regular funcionamiento de las obras de toma, influyen negativamente en la fauna acuática, promueven procesos de metamorfosis fluvial, es decir tienden a adquirir las dimensiones de un desastre real para las áreas montañosas como para las zonas pedemontanas y de llanura, debido a la degradación de la tierra que implica.

La valoración de degradación de la tierra debido a la acción erosiva de escurrimiento del agua de lluvia puede ser de dos tipos: Cualitativa o Cuantitativa. De hecho la valoración cuantitativa es más difícil que el cualitativo, desde que implica un intento por calcular las magnitudes y volúmenes de interés que son escasamente medidos en la práctica. En los últimos años se han desarrollado varios métodos para la valoración cuantitativa de la degradación entre los que se pueden citar: USLE, MUSLE, RUSLE, WEPP, AGNPS, CREAMS, ANSWERS. La mayoría de ellos se ha usado principalmente en Estados Unidos y en menor medida en Europa.

Estas metodologías tienen la limitación de ser aplicables bajo algunas de los siguientes condicionantes: cuenca de montaña, zonas agrícolas con todos los factores controlados, cuencas de superficies pequeñas (< a xxx km²), necesidad de contar con medidas y datos hidrológicos de las cuencas a nivel diario para ser aplicados a lo largo de un período de tiempo considerable, lo que la mayoría de las veces es imposible debido a la escasez de información.

Objetivo

Dentro de este contexto, los hidrólogos en Argentina normalmente aplican modelos estocásticos como el Gavrilovich y/o agregados como Miraki los cuales permiten salvar los condicionantes antes expuestos y arribar a una cuantificación razonablemente aceptable a la hora de predecir o validar el fenómeno de estudio en algún sitio de interés o donde se emplazará o está emplazada una obra hidráulica.

En consecuencia, el presente trabajo tiene como objetivo el análisis del modelo agregado de Miraki y la posibilidad de su implementación a escala distribuida de sus diferentes expresiones empíricas aplicada a la cuenca del

Río Horcones, que es una cuenca de magnitud superficial media según la clasificación de Ponce.

Area de Estudio

La Cuenca del Río Rosario u Horcones, tiene su cabecera en las Sierras de Carahuasi en el Departamento Guachipas, Provincia de Salta, y en su tramo superior escurre con dirección Oeste-Este, hasta cercanías de la Localidad de Rosario de la Frontera. A partir de este punto cambia su denominación por Río Horcones, siendo su dirección dominante NO-SE y se introduce de esta manera en las llanuras deprimidas de la Provincia de Santiago del Estero (bañados del Horcones) para drenar finalmente sus aguas hasta el Río Salado. La superficie total de la cuenca es de aproximadamente 9000 Km² y una longitud de 230 Kms. El área cubre en su totalidad en el Departamento Pellegrini de la Provincia de Santiago del Estero (Fig.1). Desde el punto de vista geomorfológico se ubica en la formación conocida como Chaco-Pampeana. Respecto de las características topográficas del área es la de un valle con pendientes muy suaves. El régimen de precipitaciones es monzónico con una alta concentración de lluvias en el período estival, donde se produce el 80 % de la precipitación.

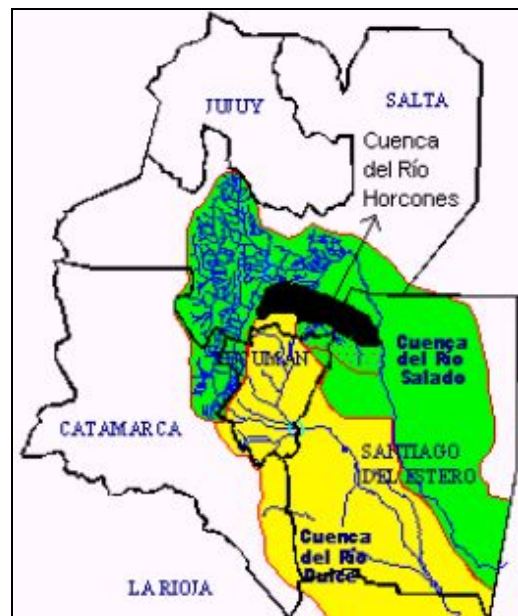


Figura 1.- Ubicación geográfica de la cuenca

Metodología

Para llevar a cabo este estudio en la cuenca del Río Horcones se ejecutan las siguientes etapas:

- Recopilación de Información básica consistente en: datos de lluvia media anual, cobertura de suelos, curvas de nivel cada 100 metros, definición del área de la cuenca, red de drenaje, volumen de escorrentía.
- Evaluación del modelo a aplicar de manera de definir la posibilidad de su utilización en forma distribuida, ya que se trata de un modelo empírico agregado.

- Selección de Software mediante el cual se podrá implementar el modelo. Para ello se selecciona el software Idrisi 32 que permite llevar cabo la corrida de modelos de fenómenos que tienen una distribución espacial, es decir, que dispone de herramientas GIS.

Aplicación del Modelo y Resultados

La metodología propuesta por Miraki (Garde & R. Raju, 1985; p. 263-264) se ha originado como una necesidad de estimar la producción de sedimentos en cuencas para evaluar la posible sedimentación en embalses. Las formulaciones han sido calibradas con datos observados en 32 embalses cuya colmatación progresiva fue monitoreada conjuntamente con las características físicas e hidrológicas de las cuencas que aportaban su escorrentía a los cuerpos de agua.

De esta manera, puede presentarse una relación funcional general para estimar el volumen total absoluto (V_{sa}) de sólidos producidos por una cuenca en un año de la siguiente manera:

$$V_{sa} = \Psi_v (A_c, P_a, V_Q, S_c, D_d, F_c) \quad (1)$$

En ella:

- A_c : área de la cuenca (Km^2)
- P_a : precipitación media anual. (cm)
- V_Q : derrame medio anual. (Hm^3)
- S_c : pendiente media de la cuenca. (adimensional)
- D_d : densidad de drenaje de la cuenca. (Km^{-1})
- F_c : factor de cobertura vegetal y uso del suelo en la cuenca. (adimensional)

Aplicando un análisis de regresión múltiple, Miraki propone las siguientes ecuaciones para la relación funcional en función de los datos disponibles:

$$V_{sa} = 1,182 * 10^{-6} . A_c^{1,026} . P_a^{1,289} . V_Q^{0,287} . S_c^{0,075} . D_d^{0,398} . F_c^{2,422} \quad (2)$$

$$V_{sa} = 1,067 * 10^{-6} . A_c^{1,292} . P_a^{1,384} . S_c^{0,129} . D_d^{0,397} . F_c^{2,510} \quad (3)$$

$$V_{sa} = 2,410 * 10^{-6} . A_c^{1,154} . P_a^{1,071} . S_c^{0,060} . F_c^{1,893} \quad (4)$$

$$V_{sa} = 4,169 * 10^{-5} . A_c^{0,841} . P_a^{0,139} . V_Q^{0,312} \quad (5)$$

Estas formulaciones se llevan en forma distribuidas con las acotaciones :

- Para llevar a cabo el análisis en función del objetivo previsto, se aplica las diferentes formulaciones de manera agregada y se promedia los resultados para utilizar este valor como el de comparación y calibración de la aplicación de las formulas en formato distribuido. El valor de la producción de sedimentos promedio anual es de : $0,397 Hm^3/año$.
- Se adopta el criterio anterior a raíz de que no se dispone de la bibliografía consultada los valores de los coeficientes de correlación para las diferentes expresiones empíricas
- La aplicación de las fórmulas (2), (3) y (5) sólo pueden distribuirse parcialmente obteniéndose mapas relacionados a esa distribución parcial, ya que la distribución espacial de la escorrentía y la

densidad de drenaje como variables independientes de la producción de sedimentos no es factible de llevarse a cabo.

- Debido a que los valores obtenidos son bajos y el calculador de imágenes trabaja con simple precisión se obtuvieron mapas referentes a la combinación de las variables de mayor magnitud numérica.

De los resultados obtenidos, la expresión matemática que mejor se ajusta al valor de calibración es la de la ecuación (4) dando una tasa promedio de producción de sedimentos de $0,377 Hm^3/año$, lo que representa una subestimación del 5%. En la Figura 2 se presenta el mapa de producción de sedimentos donde están involucradas las variables precipitación, pendiente y factor de cobertura. Estos valores deben ser multiplicados por el factor resultante del producto de la constante y el factor superficial, cuyo valor es $4,836x10^{-9}$.

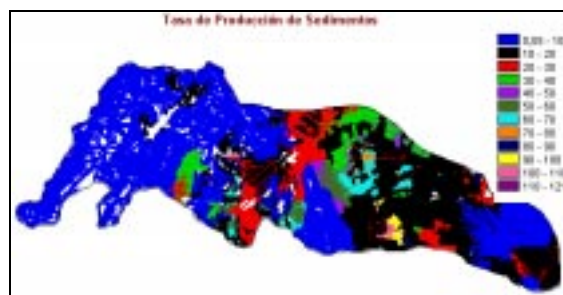


Figura 2.- Producción de Sedimentos en [$Hm^3/año.Km^2$]

Conclusiones

- ❖ La metodología de Miraki que mejor se adapta para la aplicación en un formato distribuido es la referida en la ecuación (4).
- ❖ La metodología de Miraki es de gran utilidad a la hora de abordar el estudio de colmatación de embalses en cuencas medianas o grandes y donde los datos disponibles son escasos.
- ❖ La posibilidad de implementación del modelo en forma distribuida mediante técnicas GIS permite visualizar mejor el fenómeno en estudio y adoptar medidas preventivas y/o correctivas eficientes.
- ❖ La tasa de producción de sedimentos para la cuenca del Río Horcones es baja, lo que significa que la misma presenta poco grado de intervención.

Referencias Bibliográficas

- Garde, R. J. & Ranga-Raju, K. (1985). *Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems*. Halsted Press, J. Wiley & Sons, NY, USA.
- Olmos, L; Borsellino M. y Paz M. (2000) - "Sistemas de Información Geográfica: Una herramienta para planificar y evaluar los recursos hídricos". XVIII C.N.A. Sgo. del Estero
- Olmos, Luis; Jegat Herve (2001). "Análisis de la erosión hídrica mediante un modelo distribuido (CALSITE) y un modelo agregado (SWRRB). Aplicación a la cuenca del río Grande (Venezuela)". *Revista Ingeniería del Agua*, Vol. 8 N° 1. Barcelona, España.
- Spalletti P.D. y Brea J.D. (2000). "Validación de una metodología para estimación de producción de sedimentos". XVIII Congreso Nacional del Agua. Santiago del Estero.