

Sistemas de información geográfica para la evaluación de la erosión hídrica en el yacimiento Aguada Baguales (Neuquén)

Saad, Andrea ^a; Marizza, Marta ^b

^(a)Escuela Superior de Salud y Ambiente, Universidad Nacional del Comahue.

^(b)Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Comahue.

C/ Buenos Aires 1400, 8300. Neuquén, Argentina.

RESUMEN

El crecimiento de la actividad de hidrocarbúrfera, en Neuquén, ha provocado la intensificación de la desertificación. El yacimiento Aguada Baguales, con alrededor de 140 pozos, presenta procesos erosivos hídricos activos. En este trabajo se presenta una metodología para evaluar el riesgo de erosión hídrica y pérdida de suelo, basado en la ecuación de MUSLE, a partir de información integrada en un sistema de información geográfica. El resultado muestra la utilidad de la tecnología SIG como herramienta de análisis, y evaluación de la erosión hídrica de los suelos.

Palabras clave: erosión hídrica, sistemas de información geográfica

ABSTRACT

The growth of oil activity, in Neuquen province, has caused the increase of the desertification. Aguada Baguales field, with about 140 wells, it presents water erosive processes. In this paper, a methodology is presented to evaluate the risk of water erosion and soil loss, based on the empiric equation MUSLE, beginning from digital data format at the moment available, integrated in a Geographic Information System. The preliminary results demonstrate the utility of SIG technology as a tool analysis to evaluate and represent space distribution of water erosion.

Keywords: water erosion, geographic information system.

Introducción

En los últimos años la actividad relacionada a la extracción de hidrocarburos ha crecido rápidamente en la provincia de Neuquén. Si bien son recursos vitales para el desarrollo de la humanidad, también es cierto que las actividades relacionadas son generadoras de impactos ambientales significativos.

Cuando se selecciona un sitio de perforación, se procede a la construcción de la locación, la cual ocupa una superficie de aproximadamente 1 ha e implica el desmonte total de la vegetación de dicha área, con el agregado de una capa de 30 cm. de material calcáreo y la compactación que sirve para dar soporte a los equipos de perforación.

Además de la construcción de la locación, cada perforación implica la apertura de un camino de acceso a la misma y el tendido de una línea de conducción hacia un colector de campo o batería. Gran parte de los yacimientos se ubican en zonas áridas o semiáridas de la pro-

vincia, en las que las precipitaciones son escasas, pero cuando se originan lo hacen con gran intensidad dando lugar a fenómenos de erosión hídrica muy importantes, pudiendo afectar las conducciones y generando un riesgo de contaminación.

El yacimiento Aguada Baguales, ha llegado a implantar más de 140 pozos (petróleo y gas), baterías, colectores de campo, plantas de agua, acueductos, líneas de conducción, etc., que implican en cada uno de los casos la extracción de la cobertura vegetal y con esto el soporte del suelo, situación que acelera aún más los procesos erosivos presentes en la zona.

Surge entonces, la necesidad de efectuar una estimación de la degradación de los suelos, como primer paso para el estudio de una futura planificación del manejo de los mismos. Para ello, se utilizan las herramientas de un SIG que permiten analizar, vincular y realizar numerosas operaciones con información georeferenciada actualmente disponible.

Materiales y Metodología

La estimación de la producción de sedimentos para un evento de precipitación puede obtenerse a partir de la aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo. Según Willians y Berndt (1997):

$$Y = 11,78 (VQp)^{0,56} K LS C P \quad (1)$$

Siendo:
: Sedimentos producidos por una tormenta (ton)

V : Volumen de escorrentía (m^3)
 Qp : Caudal máximo o caudal pico (m^3/seg)
 K : Factor de erodabilidad del suelo (ton hr/ N ha)
 LS : Factor topográfico
 C : Factor de cultivo y manejo de suelo
 P : Factor de prácticas de control de la erosión

Esta ecuación (EUPSM) puede utilizarse para obtener la producción de sedimentos en una cuenca hidrográfica. Según Almorox et al. (1994), para obtener la pérdida anual, se deben agregar todas las tormentas del año.

Entonces, para el computo de la producción de sedimentos anual se utiliza la ecuación de Simons et al. (1992):

$$As = \frac{Vd(0,0Y_{100} + 0,0Y_{50} + 0,0Y_{25} + 0,06Y_{10} + 0,4Y_2)}{(0,0V_{100} + 0,0V_{50} + 0,02V_{25} + 0,06V_{10} + 0,4V_2)} \quad (2)$$

As : Producción de sedimentos anual (ton)
 Va : Producción anual promedio de escorrentía (m^3)

$Y_i, i = 100, 50, 25, 10, 2$: Producción de sedimentos para los i años de recurrencia

$V_j, j = 100, 50, 25, 10, 2$: Escorrentía para los j años de recurrencia.

La metodología propuesta consiste en utilizar un SIG para vincular un modelo hidrológico (HEC-HMS) y el modelo de producción de sedimentos EUPSM.

La información base necesaria consiste en un Modelo Digital del Terreno (MDT), a partir del cual se pueden obtener parámetros de relieve y mapas de cobertura y uso del suelo.

El modelo HEC-HMS y la extensión GoeHMS son utilizados para delinear las cuencas hidrográficas y calcular la escorrentía y Arc View (2000) para crear, analizar, integrar y manipular toda la información georeferenciada.

El modelo de precipitaciones intensas adoptado corresponde al desarrollado por Rapacioli y Marizza (1996) para la región del Alto Valle del Río Negro:

$$I_{TR} = \frac{a}{(t+b)^c}$$

t : duración de la precipitación, a , b y c son parámetros dependientes del tiempo de retorno o recurrencia

El modelo meteorológico adopta hietogramas acumulados generados a partir del modelo de precipitaciones intensas, para una duración de 4 horas, para las recurrencias Tr ; 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

La aplicación del modelo HEC-HMS se basa en un modelo de cuenca obtenido a partir del Geo-HMS sobre la base del MDT, considerando para el cálculo cada cuenca de manera independiente, para las pérdidas de precipitación adopta el método de CN, y para la transformación de lluvia- caudal, el hidrograma unitario del SCS. No se considera flujo base, puesto que interesa conocer el flujo superficial, que aporta el mayor volumen de escorrentía.

Los valores del coeficiente K de erodabilidad del suelo se obtienen a partir de datos de textura y materia orgánica, (Wischmeier y Smith, 1978).

El factor LS, que incluye el efecto combinado de longitud y gradiente de pendiente, se ha obtenido según, Wischmeier (1978):

$$LS = \left[\frac{\lambda}{22,1} \right]^{0,3} * \left[\frac{0,43 + 0,30 * s + 0,043 * s^2}{6,613} \right] \quad (4)$$

Siendo λ longitud estimada de la pendiente uniforme (m), s , pendiente media del área de aporte (%).

Los valores de C, se estiman en función de la cobertura vegetal, ponderando respecto a la superficie de la cuenca, a partir de Wischmeier (1978).

Resultados y Discusión

La metodología fue aplicada al área comprendida dentro del yacimiento Aguada Baguales, inmerso en un ecosistema árido, con precipitaciones anuales inferiores a los 200 mm pero con eventos de gran intensidad y corta duración (hasta 4 hs).

Las especies vegetales y faunísticas presentes, son las correspondientes a las provincias fitogeográficas del monte y patagónica (estepa arbustiva).

Los suelos son del tipo franco arenosos y roca (INTA, 2000). Los terrenos aflorantes más antiguos corresponden al Grupo Neuquén, y están constituidos por rocas de color rojizo, de litología areno arcillosa y de edad Cretácico Supe-

rior. Los afloramientos más importantes de este Grupo corresponden al Miembro Portezuelo y Plottier.



Fig 1. Erosión hídrica en el yacimiento

La geomorfología, como se muestra en la Figura 1, esta caracterizada por un relieve mesetiforme con superficies topográficas escalonadas y se presentan zonas escarpadas que dan a lugar a la presencia de procesos hídricos activos.

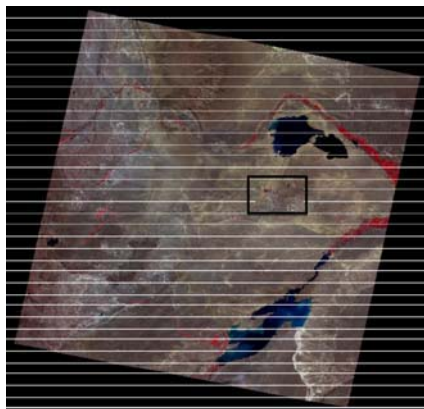


Fig 2. Imagen LANSAT TM, de Neuquén y Río Negro

Desde ArcView, utilizando la extensión GeoHMS a partir del MDT (USGS, de 90 m.), coordenadas: Gauss Kruger – WGS 84, y de la imagen satélite de Figura 2, se han delimitado las dos cuencas hidrográficas dentro de las cuales se encuentra el mayor número de pozos del yacimiento (Fig.3).

Se determinaron además los parámetros de las cuencas que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de las cuencas

Cuencas	C1	C2
A (km ²)	78.98	16.85
I (%)	0.97	2.85
Tc(hs)	3.57	1.32
CN	85	90
Lc (Km)	17287	8183

Siendo A: área de las cuencas, Lc: longitud del cauce principal, I: pendiente media del mismo, y Tc: tiempo de concentración obtenido a partir de la ecuación del California Culverts Practice (1942):

$$T_c = 0,954 \left(\frac{Lc^3}{H} \right)^{0,385} \quad (4)$$

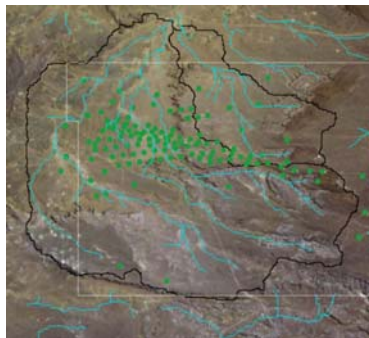


Fig 3. Delimitación de cuencas hidrográficas

Los valores de CN para cada cuenca se obtienen a partir de los datos para áreas aluviales semiáridas (Fernández, P., 1980) considerando la condición media de humedad en el suelo.

El modelo de precipitaciones intensas adoptado se muestra en la Tabla 2 y los resultados de la aplicación del modelo HEC-HMS en la Tabla 3.

Tabla 2. Hietogramas acumulados- tormenta de 4hs.

TR (años)	1 h	2 h	3 h	4h
2	8.2	19.1	20.4	21
5	14.4	35.5	37.4	39
10	18	44.5	48	50
25	21.8	55.7	60.8	64
50	25.5	65.2	71.2	75
100	28	73.9	80.7	85

Tabla 3. Resultado de la aplicación del modelo hidrológico HEC-HMS

T año	Cuenca C1		Cuenca C2	
	Qp (m ³ /s)	V (hm ³)	Qp (m ³ /s)	V (hm ³)
2	7.88	0.1702	9.16	0.1978
5	62.78	1.3560	38.23	0.8257
10	98.1	2.118	53.72	1.1603
25	161.96	3.4983	77.93	1.6832
50	210.78	4.5528	96.14	2.0766
100	256.79	5.5466	112.9	2.4401

La cantidad de sedimentos producidos a la salida de las cuencas para cada recurrencia considerada se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Producción de sedimentos en T

T	C1	C2
	Y (ton)	Y (ton)
2	1644.60	3598.86
5	16807.84	17829.31
10	27709.02	26097.21
25	48583.48	39586.86
50	65259.07	50083.47
100	81410.31	60001.28

Según los resultados de la Tabla 5, y en relación a la calificación de FAO (1980) se puede indicar que las cuencas presentan un grado de degradación moderada

Tabla 5. Producción anual de sedimentos (T/ha/año)

C1	30,74
C2	47,77

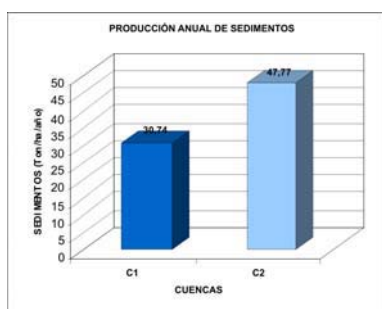


Figura 4. Producción anual de sedimentos de las cuencas estudiadas.

Conclusiones

Los resultados alcanzados permiten establecer que en la cuenca C2, se observan valores mayores de producción de sedimentos, debido en parte, a que el valor de CN es más elevado en comparación a la cuenca de mayor superficie (C1) a causa de una mayor proporción de suelo rocoso, y también a la mayor pendiente media del cauce principal que favorece la escorrentía superficial contribuyendo al transporte de sedimentos. Estos sedimentos transportados son finalmente depositados en la parte inferior del sistema de cuencas.

Las precipitaciones intensas que se originan en la región movilizan grandes cantidades de sedimentos y no solo cambian la fisonomía de la zona, sino que además pueden afectar líneas de conducción de hidrocarburos y otras instalaciones asociadas, con el potencial riesgo de contaminación.

Aunque la superficie ocupada por pozos de explotación, dentro de las cuencas de estudio, es solamente del orden del 1% con respecto a la superficie total, la actividad antrópica contribuye también a la erosión y podría inferirse de los resultados obtenidos que el avance del desarrollo hidrocarburífero y la ausencia de medidas concretas para el control de la erosión podrían incrementar los procesos erosivos en la zona a un alto grado de erosión del área.

Como recomendación, se debería analizar la posibilidad de implementar una cuenca experimental en la que pudiera medirse la producción de sedimentos, con el fin de ajustar las ecuaciones utilizadas.

Referencias

- Almorox, J., de Antonio R., Saa A., Díaz M.C., Gascó J.M., 1994. Métodos de estimación de la erosión hídrica. Madrid. Ed. Agrícola Española S.A. p.152.
- Arc View GIS version 3.2a, 2000. Environmental Systems Research Institute, Inc. USA. User's Guide and Tutorial Exercises.
- HEC-GeoHMS, versión 1.1, 2003. Geospatial Hydrologic Modelling System Extensión. User's Manual. U.S. Army Corps of Engineers Civils. Hydrologic Engineering Center. Davis. California.
- HEC-HMS Hydrologic Modeling System, version 3.1.0, 2006. User's Manual. U.S. Army Corps of Engineers Civils. Hydrologic Engineering Center. Davis. California.
- INTA, 2000. Atlas de Suelos.
- FAO. Evaluación de la degradación de tierras en zonas áridas.

- FAO, 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma.
- Fernández, P.; Segerer, C.; Fernández, J.M.; Segerer, E.C.; Delgado, S.C.; Buk, E.M. (1980) Estudio hidrológico de cuencas aluvionales en la Provincia de Neuquén y curvas generalizadas para el cálculo hidráulico de estructuras viales.
- Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCyTH). Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Provincia del Neuquén, 48p.
- Rapacioli R., Marizza M., (1996). Determinación de un modelo de precipitaciones intensas para la región del Alto Valle del Río Negro y curvas de caudal – área – frecuencia en la zona de meseta al Norte de la ciudad de Cipolletti. Facultad de Ingeniería, UNCo.
- Simons D. B., Fuat Sentürk, (1992). Sediment Transport Technology. Water and Sediment Dynamics. Water Resources Publications, P.O. Box 2841, Littleton, Colorado, USA.
- Willians J.R., Berndt H.D., (1997). Sediment Yield Prediction Based on Watershed Hydrologic. Transactions of the ASAE. vol 20 (6), 1100-1104.
- Wischmeier, W.H., Smith D.D., (1978). Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. USDA. Handbook N° 537