

## Evaluación de la erosión potencial de los suelos mediante la metodología CORINE en distritos pecuarios de la provincia Mayabeque, Cuba

Marina B. Vega<sup>1</sup>, J. M. Febles<sup>2</sup>, A. Tolón<sup>3</sup> y X. Lastra<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", CUJAE, Ave. 114, No. 11901, Marianao, La Habana, Cuba

<sup>2</sup>Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez", Autopista Nacional y Carretera de Tapaste, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba

<sup>3</sup>Universidad de Almería. Carretera Sacramento s/n. La Cañada de San Urbano, Almería, España  
Correo electrónico: mvega@civil.cujae.edu.cu

Se aplicó una metodología, incluida en CORINE Programme (1992), para evaluar cualitativamente la erosión de los suelos. La aplicación se realizó en los distritos pecuarios Guayabal y Nazareno, ubicados en la provincia Mayabeque. Esta metodología tiene en cuenta todos los factores, recogidos en mapas temáticos, que influyen objetivamente en la erosión de los suelos. Cada uno de los mapas ilustra el comportamiento espacial de los diferentes factores de la erosión en los distritos investigados. La síntesis de los mismos, mediante la tecnología de un Sistema de Información Geográfica (SIG), permitió obtener un mapa de erosión potencial, donde la susceptibilidad a la erosión hídrica se representó por clases. Se obtuvieron los mapas de los índices de erodabilidad, erosividad y topográfico, y a partir de ellos, el de erosión potencial. Este último se evaluó con la categoría baja en el distrito pecuario Guayabal, y con la moderada y alta, para el distrito pecuario Nazareno. Se comprobó que, aunque la erosividad de la lluvia es la misma en ambos distritos, el relieve, más enérgico en el distrito Nazareno, controla la erosión potencial.

Palabras clave: *erosión potencial de los suelos, cartografía de factores, sistema de información geográfica.*

El suelo es la base de la producción alimentaria y del desarrollo pecuario, por lo que para garantizar la necesidad creciente de alimentos y materia prima es imprescindible trabajar por su conservación. En la actualidad, los suelos se encuentran en grave estado de degradación, fundamentalmente por la erosión hídrica. Este proceso afecta al mayor número de hectáreas, con modificaciones en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, que traen consigo la reducción de la producción de alimentos para el hombre (Lobo *et al.* 2005) y de pastos para el ganado.

La evaluación y cartografía de los procesos erosivos del suelo se ha convertido en una necesidad, pues constituyen una amenaza para el desarrollo agropecuario sustentable (Le Bissonnais *et al.* 2002 y Stroosnijder 2005). La literatura especializada consta de una amplia variedad de metodologías para el estudio de la erosión (Almorox *et al.* 1994, Gobin *et al.* 2003 y Vega y Febles 2005), entre ellas se destaca la cartografía temática de factores y los modelos de erosión.

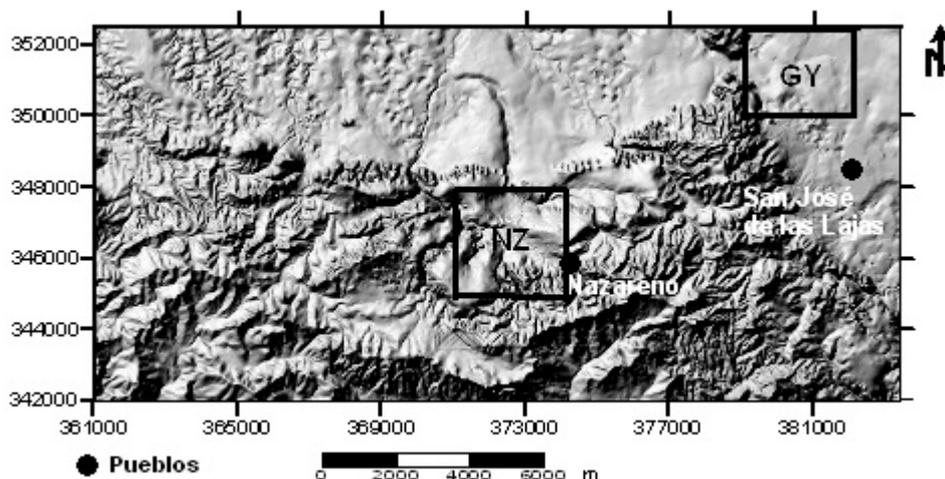
En Cuba, el método geográfico-comparativo ha sido el más utilizado en los estudios de erosión, que utiliza perfiles típicos de cada agrupamiento, en calidad de patrones. Solo en años recientes se han incorporado a las investigaciones los modelos de erosión, fundamentalmente USLE (Vallejo y Martínez 2000 y Reyes 2004), RUSLE (Ruiz *et al.* 2006 y Alonso y Díaz 2010) y MMF (Vega 2006, Febles 2007 y Febles *et al.* 2011), así como la cartografía temática de factores en ambiente SIG (Cabrera 2002, Díaz *et al.* 2005, Vega 2006, Febles 2007 y Vargas 2010).

Este trabajo tiene como objetivo la evaluación cualitativa de la erosión potencial en los distritos

pecuarios Nazareno y Guayabal, de la provincia Mayabeque, en Cuba, mediante la aplicación de la metodología CORINE. Esta se incluye en CORINE Programme (1992), desarrollado para evaluar los recursos naturales y problemas ambientales en regiones del sur de la Comunidad Europea. La literatura especializada también refiere la aplicación de esta metodología para evaluar la erosión de los suelos en localidades ajenas a la región original (Dengiz y Akgul 2005, Bayramin *et al.* 2006, Parlak 2007 y Abdurrahim y Baris 2010), ya que considera todos los factores que influyen objetivamente en los procesos de erosión en cualquier territorio (Kirby y Morgan 1984, Porta *et al.* 1999 y Blanco y Lal 2008). Adicionalmente, puede ser implementada con el uso de la tecnología de los SIGs, que representa la herramienta más difundida en la actualidad para la evaluación de la erosión. Esta tecnología permite la modelación y análisis del proceso erosivo con un enfoque multidisciplinario. De ahí su utilidad y difusión para este tipo de investigaciones (Shi *et al.* 2004, Jae Lim *et al.* 2005, Vega 2006, Febles 2007, Akay *et al.* 2008, Yuksel *et al.* 2008 y Morejón 2009).

### Materiales y Métodos

El distrito pecuario Guayabal, con más de 250 ha, se halla a 3 km de San José de las Lajas, específicamente al noroeste, en la provincia de Mayabeque (figura 1). En esta localidad, la existencia de un substrato rocoso, de composición carbonatada, unido a las condiciones climáticas, ha favorecido el desarrollo y evolución secuencial de los procesos cársico-erosivos. Estos procesos son perceptibles en las flexuras convexas del micro relieve destinado al pastoreo y a cultivos varios.



NZ: Distrito Pecuario Nazareno, GY: Distrito Pecuario Guayabal, Cuadrados en negro: límites de los Distritos

Figura 1. Ubicación de los sectores investigados.

Además, han contribuido subrepticamente a acelerar la morfogénesis cársica. Como expresión superficial de los mismos se identifican numerosas dolinas en el paisaje (Gounou y Febles 1997).

El distrito pecuario Nazareno (figura 1) está localizado en el centro de la provincia Mayabeque, en áreas próximas al poblado Nazareno. Abarca 325 ha y se identifica como una región de alturas, con contrastes geomorfológicos y cobertura edáfica de gran complejidad, donde se ha examinado la influencia de los procesos erosivos, la diferenciación litoestructural, geomorfológica, morfométrica y las condiciones de uso de los suelos en los diversos niveles altimétricos. En esta unidad no se ha desarrollado una fase superior en los procesos erosivos, debido a los efectos benéficos de la vegetación (Jaimez *et al.* 2003, Zhou *et al.* 2008 y Zhanga *et al.* 2011), que a modo de “barrera biológica” ha permanecido en los sectores de las laderas más

inaccesibles.

En estas dos localidades, representativas de la cuenca lechera del municipio San José de las Lajas, se aplicó la metodología CORINE (CORINE Program 1992). En esta, los mapas de riesgo de erosión son el resultado del análisis de datos espacialmente distribuidos acerca de la cobertura edáfica, relieve, precipitaciones y utilización del suelo (figura 2). El procesamiento se realizó en el ambiente de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para establecer las categorías de riesgo.

La metodología consistió en evaluar cuatro índices de diagnóstico: erodabilidad, erosividad, topográfico y de protección del suelo. Estos datos se procesaron mediante el álgebra de mapas en el SIG y permitieron obtener mapas de los índices de erosión potencial y actual, según la secuencia de combinación que se ilustra en la figura 2.

Debido a que la región investigada se caracteriza por

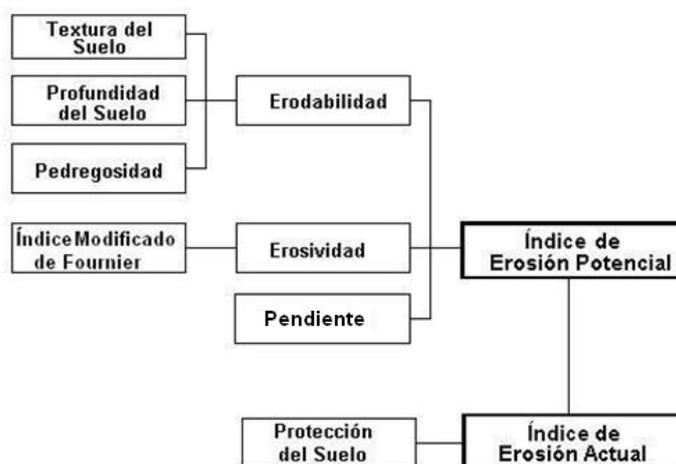


Figura 2 Metodología CORINE (CORINE Programme 1992) para evaluar la erosión de los suelos.

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 4, 2011.

alta pluviometría, se desestimó el cálculo del índice de aridez. La fuente de los datos para aplicar la metodología fue la tabla de propiedades de la versión digital del Mapa Nacional de Suelos, escala 1:25 000 (Paneque *et al.* 1991). De esta se seleccionaron los datos de textura, profundidad y pedregosidad.

Los datos de pluviometría se tomaron de una base de 38 pluviómetros y el modelo digital de elevaciones (MDE), con pixel de 25 m (GER 2004).

Los diferentes índices se calcularon de acuerdo con las ecuaciones siguientes:

Índice de erodabilidad = clases de texturas x clases de profundidad x clases de pedregosidad.

Para el índice de erosividad, se utilizó el de Fournier modificado (IMF), propuesto por Arnoldus (1978):

$$IMF = \sum_{i=1}^2 \frac{P_i^2}{P_t}$$

Donde:

$P_i$  : precipitación media mensual (mm)

$P_t$  : precipitación media anual (mm)

El topográfico se evaluó procesando el MDE para obtener la pendiente.

Índice de erosión potencial = índice erodabilidad x índice erosividad x índice topográfico.

La modelación cartográfica para obtener todos los índices se realizó en el ambiente del SIG y las operaciones de reclasificación se efectuaron de acuerdo con las clases establecidas por la metodología CORINE.

### Resultados y Discusión

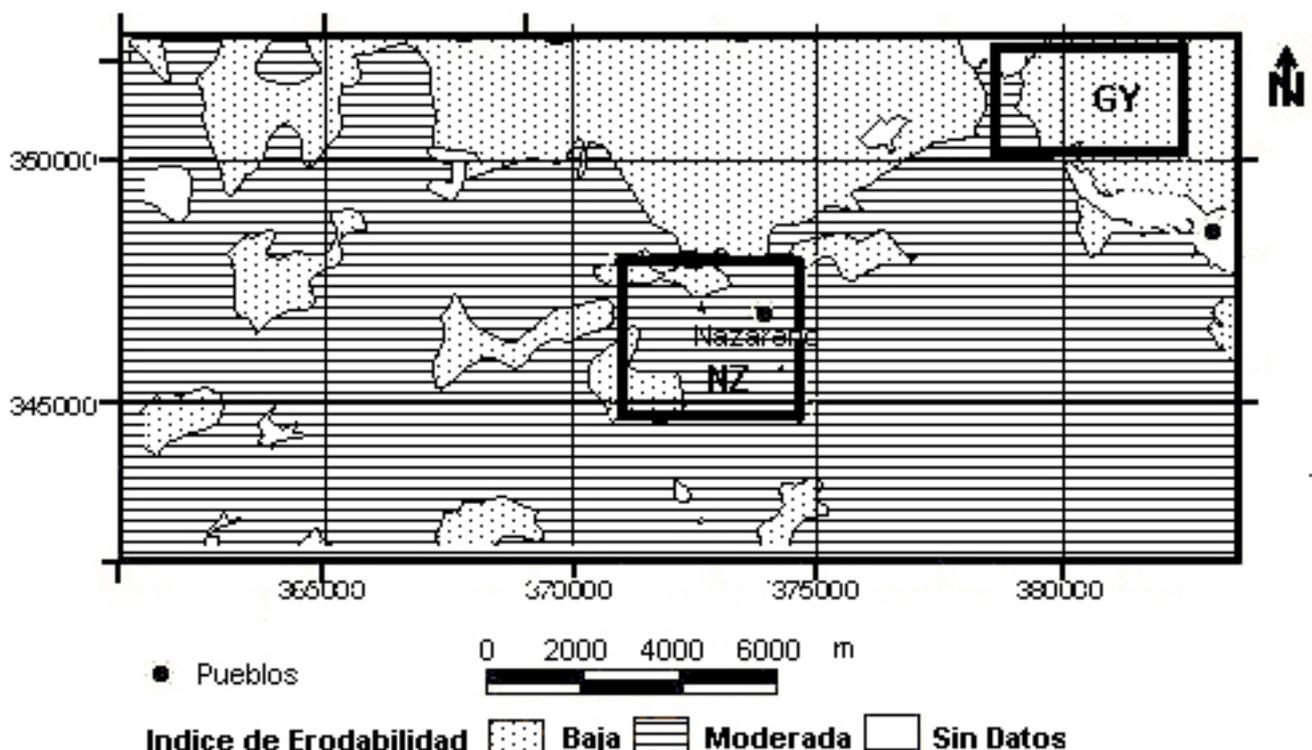
Mediante la cartografía temática de los factores de la erosión, en el ambiente de un SIG, se obtuvieron los

índices que reflejan la susceptibilidad inherente de los suelos a la erosión en los establecimientos ganaderos investigados.

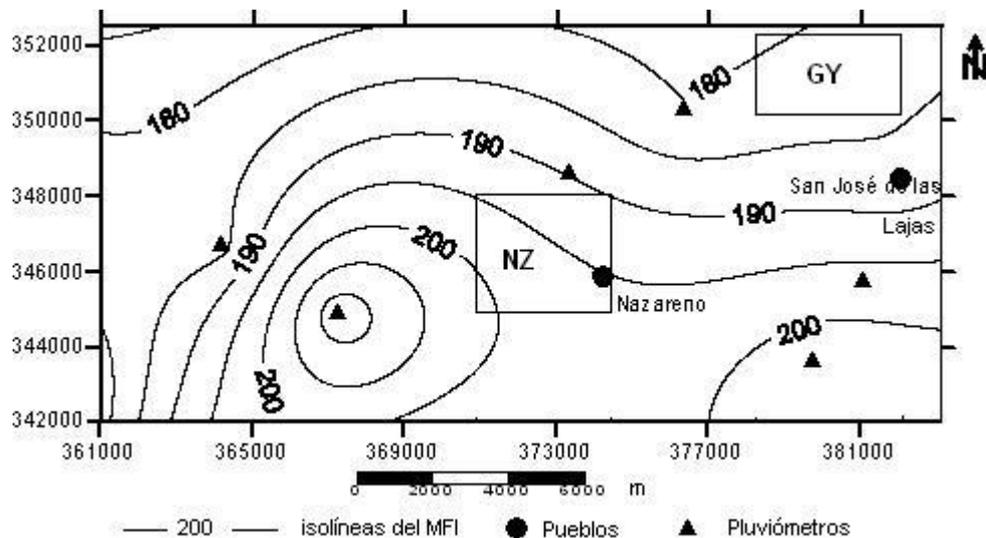
El comportamiento del índice de erodabilidad (figura 3) califica la resistencia antierosiva de la cobertura edáfica, condicionada por la susceptibilidad intrínseca de los suelos, de acuerdo con sus propiedades y con los ambientes geológicos de formación. Estos criterios coinciden con los resultados de Orellana y Moreno (2001). En el distrito Guayabal predomina la clase de erodabilidad baja, mientras que en Nazareno, la moderada. Esto indica que las partículas de los suelos en Nazareno son removidas con más facilidad que las de los suelos del distrito Guayaba. No obstante, solo con la evaluación integral de todos los factores que controlan la génesis y evolución secuencial de los procesos erosivos, se podrá calificar la verdadera susceptibilidad de estos suelos a la erosión.

El mapa del IMF (figura 4) corrobora el grado de agresividad climática que caracteriza la región estudiada, con valores que fluctúan entre 180 y 220 para ambos distritos. Esos valores, según la metodología CORINE, se evalúan como muy altos e indican que la erosividad pluvial es, en general, elevada con influencia significativa en la generación del proceso erosivo.

El mapa del índice topográfico (figura 5) pone de manifiesto que en la región del distrito Guayabal predomina la categoría 1 (muy suave). Esto significa que, en general, el factor generador del fenómeno en esta localidad está asociado básicamente a la erosión por impacto, y al efímero escurrimiento producido durante las precipitaciones. Por el contrario, en Nazareno están representadas las clases muy suave, suave e inclinada, por lo que el factor generador del



NZ: Distrito Pecuario Nazareno, GY: Distrito Pecuario Guayabal, Cuadrados en negro: límites de los Distritos  
Figura 3. Mapa del índice de erodabilidad de la región investigada



NZ: Distrito Pecuario Nazareno, GY: Distrito Pecuario Guayabal, Cuadrados en negro: límites de los Distritos

Figura 4. Mapa del Índice Modificado de Fournier de la región investigada

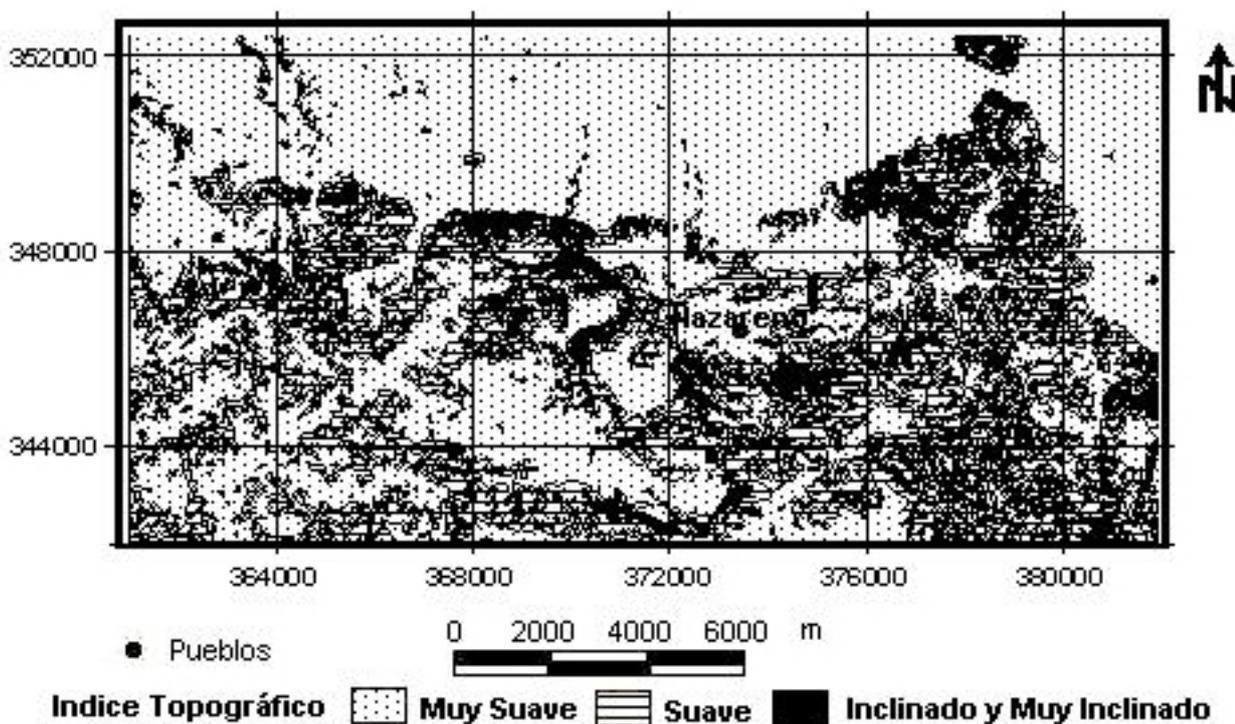


Figura 5. Mapa del índice topográfico de la región investigada

proceso erosivo está relacionado con el escurrimiento que se produce en cada evento lluvioso.

La integración de los índices de erodabilidad, erosividad y topográfico aportó los valores de erosión potencial para la región investigada. En el mapa del índice de erosión potencial (figura 6), el distrito Guayabal, con primacía de los suelos ferralíticos rojos, se clasificó con predominio de la categoría baja. En Nazareno, con el ascenso gradual de los valores energéticos del relieve, y la presencia de los suelos pardos con carbonatos, se obtuvieron categorías moderada y alta, lo que significa mayor susceptibilidad a la erosión. En esta localidad, la

dinámica de los procesos de erosión por escurrimiento desempeña una función predominante con respecto a la erosión por impacto, situación identificada por Hernández *et al.* (1980) en regiones similares. Un mantenimiento adecuado de la cobertura vegetal en estos sectores contribuirá a controlar la erosión potencial de estos suelos (Bellina *et al.* 2011).

De los índices evaluados por la metodología CORINE, el de erosividad es el único que reveló un comportamiento similar para ambos distritos. El resto, en el distrito Nazareno, mostró incremento en sus valores, particularmente el índice topográfico. Esto influye en

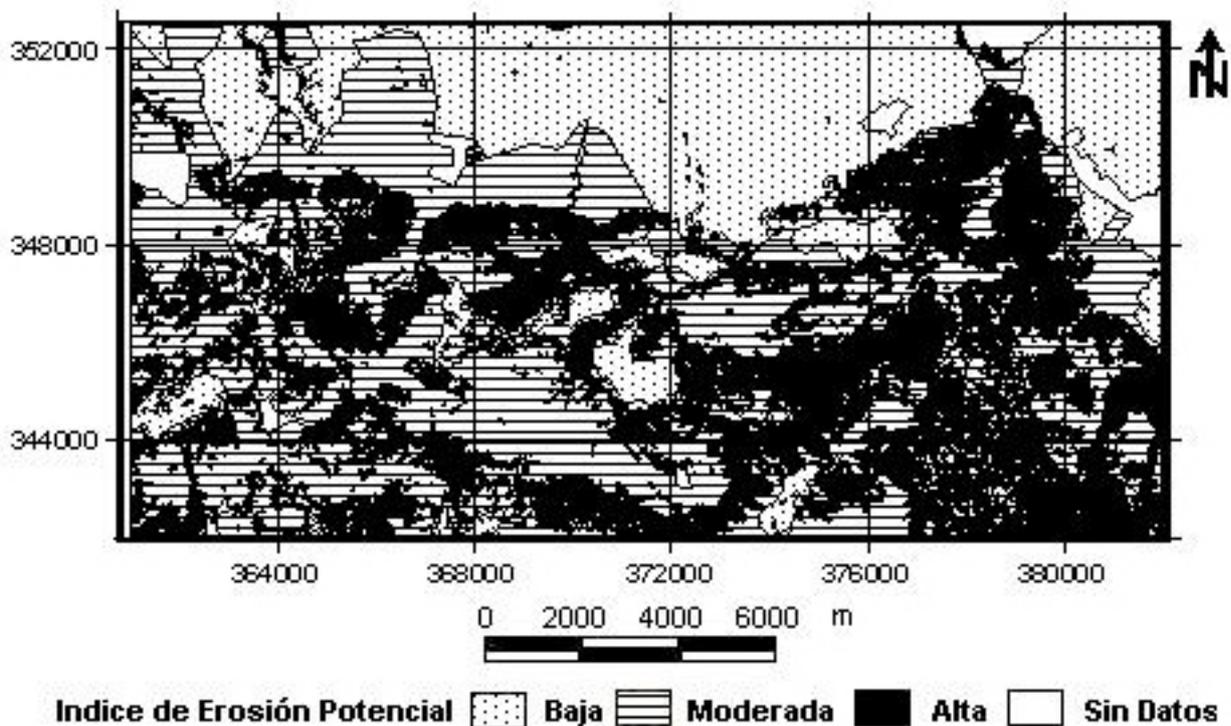


Figura 6. Mapa del índice de erosión potencial de la región investigada.

el incremento de la categoría del índice de erosión potencial. Estas condiciones aseveran lo informado por Kirkby y Morgan (1984), Febles y Febles (1988), Lal (1990) y Morgan (1997), de que si bien el clima es el factor generador de los procesos erosivos, el relieve es el que los controla.

Se concluye que la susceptibilidad a los procesos erosivos en ambos distritos, revelada por el índice de erosión potencial, está dada por la erosividad de las lluvias en el territorio. Esta última característica resulta modulada por la erodabilidad de los suelos y los valores energéticos que muestra el relieve, particularmente en Nazareno. Este se caracteriza por sectores de laderas, donde la dinámica erosiva es particularmente compleja, ya que coexisten zonal y espacialmente procesos de erosión de diferente naturaleza: hídricos y erosivo-gravitacionales, con funciones definidas pero interrelacionadas. En ello hay coincidencia con las descripciones de Camacho *et al.* (1986) y De Pedraza *et al.* (1996).

Los resultados obtenidos solo guardan cierta correspondencia con la descripciones de Gounou y Febles (1997) y Febles *et al.* (2005), debido a que en sus investigaciones no dispusieron de índices de agresividad climática. Con la aplicación de la metodología CORINE se consideró objetivamente la influencia de la erosividad de la lluvia expresada por el IMF. Este se evaluó de alto para la región donde se localizan los dos distritos pecuarios investigados.

### Referencias

Abdurrahim, A. & Baris, T. H. 2010. Temporal soil erosion risk evaluation: a CORINE methodology application at Elmal dam watershed, Istanbul Environmental. *Geology* 61:1457

- Akay, A.E., Erdas, O., Reis, M. & Yuksel, A. 2008. Estimating sediment yield from a forest road network by using a sediment prediction model and GIS techniques. *Building and Environment* 43:687
- Almorox, J., De Antonio, R., Sao, R., Díaz, M. C. & Montes, R. 1994. Métodos de estimación de la erosión hídrica. Ed. Agrícola Española. Madrid
- Alonso, G. & Díaz, J. 2010. Nuevas herramientas en ambiente SIG para estudios de erosión y sedimentación en una cuenca (Cuyaguaje). II Taller Erosión y Sedimentación. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos
- Arnoldus, H. M. 1978. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. En: *Assessments of erosion*. Eds. M. De Boodst & D. Gabriels. p. 127-132. John Wiley & Sons, Inc. Nueva York, EEUU
- Bayramin, I., Erpul, G. & Erdogan, H.E. 2006. Use of CORINE methodology to asses soil erosion risk in the Semi-Arid area of Beypazar. *Turkish J. Agric. and Forestry* 30:81
- Bellina, N., Vanackera, V., van Wesemaela, B., Solé-Beneth, A., & Bakker, M.M. 2011. Natural and anthropogenic controls on soil erosion in the Internal Betic Cordillera (southeast Spain). *Catena* 87:190
- Blanco, H. & Lal, R. 2008. *Principles of Soil Conservation and Management*. Springer Sci. 617 pp.
- Cabrera, J. 2002. Introducción al catastro ingeniero geológico y geoambiental de la provincia de Pinar del Río aplicando tecnología SIG. Tesis Dr. Universidad "Hermanos Saíz", Pinar del Río, Cuba
- Camacho, E., Bosh, D. & Jiménez, J. 1986. Caracterización de una secuencia de suelos ferralíticos del sur de La Habana, Cuba. *Coloquio Internacional Suelo y Agua*, Paris. p. 135-150
- CORINE 1992. *Soil erosion risk and important land resources in the southern regions of the European Community*. Disponible: [http://reports.eea.eu.int/COR0\\_soil/en/soil\\_erosion.pdf](http://reports.eea.eu.int/COR0_soil/en/soil_erosion.pdf). Consultado: 20 febrero 2004

- Dengiz, O. & Akgul, S. 2005. Soil erosion risk assessment of the Golbasi environmental protection area and its vicinity using the CORINE model. *Turkish J. Agric. Culture and Forestry* 29:439
- De Pedraza, J. 1996. Geomorfología, principios, métodos y aplicaciones. Editorial Rueda. 413 pp.
- Díaz, J. L., Castellanos, A., Ponce, N., Carral, R. & Rivada, R. 2005. Análisis de la susceptibilidad a la erosión para el reordenamiento ambiental de la cuenca hidrográfica del Río Bacuranao. Primera Convención Cubana de Ciencias de la Tierra. La Habana. CD-ROM
- Febles, J.M. 2007. Integración de métodos para evaluar la erosión de los suelos en las regiones cársicas de Cuba. Tesis Dr. Cs. Facultad de Agronomía. Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez"
- Febles, J. M. & Febles, J. A. 1988. Las causas, factores y procesos que intervienen en la erosión acelerada de los suelos. Monografía. Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez". 63 pp.
- Febles, J. M., Pacheco, M. A., Castro, I. & Jerez, L. 2005. Creación de una red de indicadores de sostenibilidad en áreas rurales de La Habana. Primer año de resultados. Universidad Agraria de La Habana
- Febles, J. M., Vega, M. B., Tolón, A. & Lastra, X. 2011. Assessment of soil erosion in karst regions of Havana, Cuba. *Land Degrad. Develop.* Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/ldr.1089
- GER 2004. Modelo digital de elevaciones de la provincia La Habana, escala 1:25 000
- Gobin, A., Govers, G., Jones, R., Kirkby, M. & Kosmas, C. 2003. Assessment and reporting on soil erosion. Background and workshop report. European Environment Agency. Tech. Report 94
- Gounou, E. & Febles, J. M. 1997. Aplicación del enfoque morfoedafológico al estudio de la variabilidad de algunos suelos en un geosistema cársico. La Habana, Cuba. Tesis Dr. Cs. Agríc. Facultad de Agronomía. Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez"
- Hernández, A., Herrera, L. M., Iznaga, E. & Tatevosian, G. S. 1980. La erosión en los suelos Pardos con Carbonatos de Cuba. *Ciencias de la Agricultura* 5:39
- Jae Lim, K., Sagong, M., Engel, B. A., Tang, Z. & Choi, J. 2005. GIS-based sediment assessment tool. *Catena* 64:61
- Jaimez, E., Campos, M., García, A., Guerra, M. & Gutiérrez, B. 2003. Diagnóstico ambiental e interpretación paleoambiental de los suelos de las provincias habaneras, Cuba. *Ciencias de la Tierra y el Espacio* 13:01
- Kirkby, M.J. & Morgan, R.P. 1984. Erosión de suelos. Ed. Limusa, México. 375 pp.
- Lal, R. 1990. Soil erosion in the tropics. Principles and management. McGraw-Hill, Inc. New York, 580 pp.
- Le Bissonnais, I., Montier, C., Jamagne, M., Daroussin, J. & King, D. 2002. Mapping erosion risk for cultivated soil in France. *Catena* 46: 207
- Lobo, D., Lozano, Z. & Delgado, F. 2005. Water erosion risk assessment and impact on productivity of a Venezuelan soil. *Catena* 64:297
- Morejón, Y. 2009. Análisis del estado actual y tendencias previsibles, de los recursos edáficos e hídricos en cuencas del occidente de Cuba. Tesis Dr. Universidad "Hermandades Saíz", Pinar del Río
- Morgan, R. P. 1997. Erosión y conservación del suelo. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 343 pp.
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 4, 2011.
- Orellana, R.G. & Moreno, J. 2001. Susceptibilidad de los suelos cubanos a la degradación. XV Congreso Cubano de las Ciencias del Suelos. La Habana, Cuba
- Paneque, J., Fuentes, E., Mesa, A. & Echemendía, A. 1991. El mapa nacional de suelos. Escala 1:25 000. XI Congreso Latinoamericano y II Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo. Eds. D. R. Villegas y D. Ponce de León. La Habana. Pp. 1345-1347
- Parlak, M. 2007. Determination of erosion risk according to CORINE methodology (a case study: Kurtbogazi Dam). Proc. International Congress River Basin Management. p. 844-859
- Porta, J., López-Acevedo, M. & Reguero, C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi Prensa. 849 pp.
- Reyes, G. 2004. Diseño de una aplicación para el cálculo de la Ecuación de Universal de Pérdida de Suelos (USLE). IV Congreso Internacional de Geomática. La Habana. CD-ROM
- Ruiz, M. E., Schiettecatte, W., Díaz, J., Cornelis, W. M. & Gabriels, D. 2006. Aplicación de Rusle en la Cuenca V Aniversario (Río Cuyaguaje) en la zona occidental de Cuba. VI Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. La Habana. CD-ROM
- Shi, Z.H., Cai, C.F., Ding, S.W., Wang, T.W. & Chow, T. L. 2004. Soil conservation planning at the small watershed level using RUSLE with GIS: a case study in the Three Gorge Area of China. *Catena* 55:33
- Stroosnijder, L. 2005. Measurement of erosion: Is it possible? *Catena* 64:162
- Vallejo, O. & Martínez, A. 2000. Metodología para la cartografía digital de la erosión hídrica del suelo en un sector del municipio de Moa. *Minería y Geología*, XVI:11
- Vargas, H. 2010. Propuesta de ordenamiento territorial para el municipio de San José de las Lajas en función de su desarrollo local sostenible. Tesis Dr. Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez"
- Vega, M. B. 2006 "Evaluación de la erosión de los suelos en las regiones cársicas de La Habana mediante el nuevo método EVERC. Tesis Dr. Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría", La Habana
- Vega, M. & Febles, J.M. 2005. Investigación de suelos erosionados: métodos e índices diagnósticos. *Minería y Geología XXI*
- Yuksel, A., Gundogan R. & Akay, A.E. 2008. Using the Remote Sensing and GIS Technology for Erosion Risk Mapping of Kartalkaya Dam Watershed in Kahramanmaras, Turkey. *Sensors* 8:4851
- Zhanga, W., Xua, Z., Cuia, J. & Xuc, Q. 2001. The impact of vegetation and soil on runoff regulation in headwater streams on the east Qinghai-Tibet Plateau, China. *Catena* 87:182
- Zhou, P., Luukkanen, O., Tokola, T. & Nieminen, J. 2008. Effect of vegetation cover on soil erosion in a mountainous watershed. *Catena* 75:319

**Recibido: 14 de febrero de 2011**