

# NUEVOS APORTES A LA SOSTENIBILIDAD DE LOS SUELOS EN LAS REGIONES CÁRSICAS DE LA PROVINCIA LA HABANA

José M. Febles<sup>1</sup>, Marina B. Vega<sup>2</sup>

1. *Universidad Agraria de La Habana, San José de Las Lajas, La Habana, Cuba*
2. *Instituto Superior Politécnico “José A. Echeverría”, Ciudad de La Habana, Cuba*

## Introducción

La degradación de los suelos se encuentra entre los problemas más apremiantes de la crisis alimentaria mundial. Este deterioro es más acentuado y acelerado en regiones tropicales y subtropicales debido a las interacciones de las características de los suelos y el clima con las prácticas agrícolas (Santana *et al.*, 1999) y las transformaciones de los bosques en sabanas por la influencia antropogénica (Morales *et. al.*, 2003). Sin embargo, hasta el presente la literatura especializada no reporta indicadores de sostenibilidad que definan la dinámica de los procesos morfogénéticos actuantes en los suelos Ferrálíticos Rojos (Ferralsol Rhodic en el World Reference Base), situación que alcanza relevancia nacional, por cuanto los mismos se distribuyen en las regiones de mayor producción agrícola, densidad de población y con las cuencas de abastecimiento de agua más importantes. Esta cobertura ferralítica, debido a los efectos del cambio climático, a los ambientes geólogo - geomorfológicos donde se distribuyen, así como al uso intensivo al que históricamente han sido objeto en la agricultura (Febles, 2009), ha experimentado objetivamente una transformación secuencial, para la que aún no se han propuesto valores umbrales de sostenibilidad.

Investigaciones realizadas durante los últimos 25 años en Llanura Cársica Meridional Habana – Matanzas en tres períodos cronológicos claves de la agricultura cubana: Revolución Verde (1984 – 1991); Período Especial (1991 – 1996) y Reanimación de la Economía (1996 – 2009), han permitido mediante la aplicación de una metodología integral, construir un sistema de indicadores agroambientales y establecer valores umbrales de sostenibilidad en localidades de referencia, mediante una combinación de datos cualitativos y cuantitativos. Teniendo en consideración estos aspectos esta investigación se propuso evaluar integralmente la influencia de las condiciones agroambientales para la sostenibilidad de los suelos en las regiones cársicas de la provincia La Habana mediante un modelo de Presión – Estado – Respuesta.

## Materiales y métodos

La selección de un sistema de indicadores y valores umbrales edáficos se desarrolló en la porción central de la provincia La Habana, Cuba (Tabla 1), donde la dinámica cársico – erosiva muestra diferentes grados de desarrollo, en conformidad con las condiciones de uso y manejo a que han estado sometidos los suelos.

Estos agroecosistemas se han clasificado como de los más húmedos de las llanuras de Cuba, que reciben alrededor del 76 - 80% de las precipitaciones que ocurren en la provincia La Habana (Herrera, 1996), donde el índice de concentración de las precipitaciones oscila entre 13 - 14 % (Vega, 2006) y la lámina anual muestra valores comprendidos entre 1 400 – 1 600 mm (Izquierdo, 1990; CENHICA, 1997). Los suelos más difundidos son predominantemente del Agrupamiento Ferráltico Rojo (Páneque *et al.*, 1991) o Ferralsol Rhodic en el World Reference Base (2006).

Tabla 1. Características morfoedafológicas de las localidades investigadas en la provincia La Habana

Nombre	Datos morfométricos	Condiciones naturales y de uso	Prognosis de la morfogénesis cársica
Centro de Inseminación Artificial "Rosafé Signet"	Altimetría (m) 111,10 – 124,00  Declive (%) 5 - 8	Destinado a la producción de pastos para forrajes. Con una extensión de 240 ha.  Categoría 1 en el índice de protección del suelo	Dolinas de absorción en pleno desarrollo. Fase paroxismal del proceso. Tipos: cársico – sufosivas; disolutivo – sufosivas y corrosivas de hundimiento. Fase incipiente en avanzado estado de desarrollo. Tipos: cársico – sufosivas y valles cársicos.
Boshmenier - Zenea	Altimetría 128,10 – 139,50  Declive (%) 8 - 10	Así denominada por las poblaciones que ocupan sus extremos en dirección longitudinal, presenta una amplitud territorial de 320 ha y destinadas a pastoreo.  Categoría 2 en el índice de protección del suelo	Fase incipiente en avanzado estado de desarrollo. Tipos: cársico – sufosivas y valles cársicos.
"Alturas de Nazareno"	Altimetría (m) 210,00 – 220,00  Declive (%) 5 - 8	Situado al centro de la provincia La Habana, en áreas próximas al pueblo Nazareno; abarcando una extensión 325 ha dedicadas a pastoreo y agricultura extensiva. Categoría 2 en el índice de protección del suelo	Fase incipiente en estado de desarrollo. Tipo: cársico – disolutiva, asociada a procesos erosivo - gravitacionales
Distrito Pecuario Guayabal	Altimetría (m) 111,10 – 124,00 Declive (%) 15 - 20	Con más de 250 hectáreas empleadas para cultivos varios y pastos.  Categoría 1 en el índice de protección del suelo	Fase incipiente en estado de desarrollo. Tipos: cársico – sufosivas y lacuno – palustre.

La metodología estuvo sustentada en la aplicación del Sistema Integrador de Métodos Cualitativos y Cuantitativos (Febles *et. al.*, 2007), mediante un proceso interactivo e iterativo entre investigadores, gestores locales y agentes sociales, consensuado en sesiones de trabajos participativas (Fig. 1)

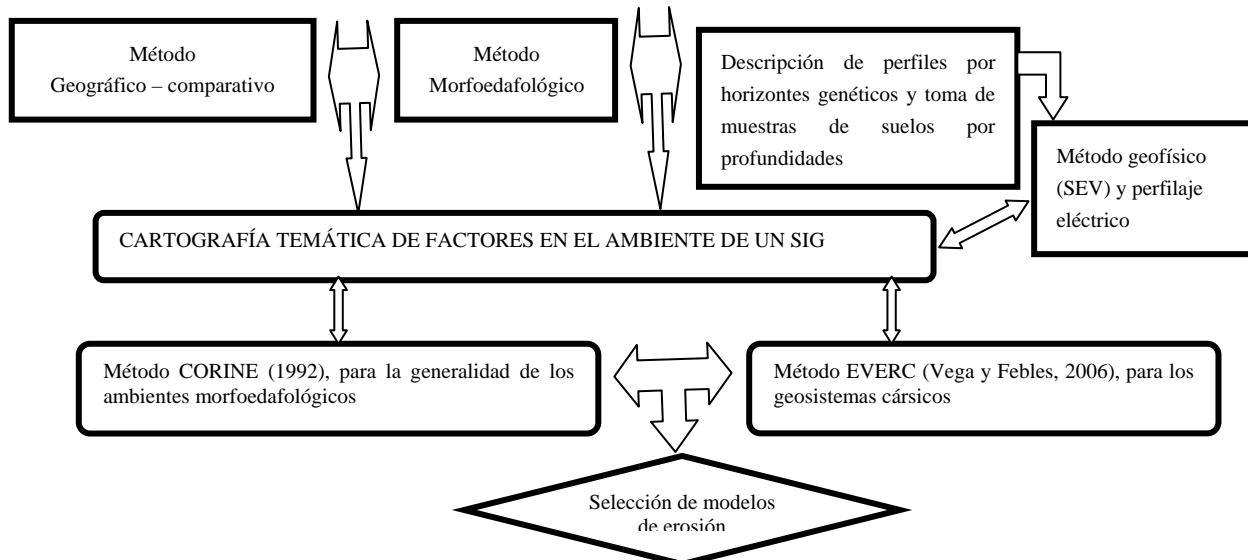


Fig. 1 Diagrama de flujo para evaluar integralmente la erosión de los suelos Cuba y otras similares de carso tropical

Los subindicadores se expresaron en términos relativos en una escala de 1 a 10 en función de los valores de referencia, donde diez implica las condiciones con menores riesgos de degradación de los suelos, mientras que el valor de uno expresa que existen las condiciones más desfavorables (adaptado de Wang, 1997 y Soil Quality Indicators , 2004).

## Resultados y Discusión

En la actualidad no existen fuentes adecuadas para elaborar indicadores que determinen el estado de la erodabilidad de la cobertura edáfica en Cuba. Se han elaborado mapas de erosión de los suelos, pero éstos dependen en gran parte de las condiciones naturales como la pendiente, la meteorología y el tipo de suelo, y las tendencias no se pueden considerar por consiguiente evidentes. Se requieren de ulteriores análisis para identificar los indicadores adecuados y habría que desarrollarlos.

### Análisis histórico – evolutivo de la erosión de los suelos mediante indicadores Presión – Estado.

- **Localidades “Rosafé Signet” , “Boshmenier – Zenea” y “Guayabal”**

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación conjunta de métodos y técnicas espaciales, permiten aseverar que en estos territorios se desarrolla un proceso o modalidad erosiva inherente a los suelos Ferralíticos Rojos, denominada erosión subsuperficial, como resultado de la intensa remoción de los suelos hacia las cavidades cársticas, fenómeno que corrobora las investigaciones realizadas por Campos *et. al.* (2004); Jaimez (2006), Febles (2007); Febles y Vega (2008).

Sin embargo, la cobertura de suelos Ferralítica puede modelar por acúmulo estas depresiones; enmascarando de cierto modo el mecanismo de acción relacionado provocando en gran medida la subvaloración de este complejo proceso, a conclusiones similares arribaron Valdés (1975); Gutiérrez y Rivero (1975); Busto *et al.*, (1976); Spiridonov *et al.*, (1976), Durán y Salinas, (1986).

Tabla 2. Valores asignados a los indicadores edáficos en las localidades de “Rosafé Signet”, “Boshmenier – Zenea” y “Guayabal”, provincia La Habana en períodos cronológicos claves

INDICADORES DE PRESIÓN				
FACTORES	SUBINDICADORES	CLASES		
		1984 – 91 Revolución Verde	1991 – 96 Período Especial	1996 – 2007 Reanimación Económica
CLIMÁTICOS	(1) Lámina anual promedio (mm) (2) Índice Erosividad Total (IET)	5 4	5 4	5 4
POTENCIAL EROSIÓN	(4) Índice de Carsificación (IC)	4	5	5
INDICADORES DE ESTADO				
CUBIERTA VEGETAL	(1) Índice de Protección del Suelo (IPS)	7	8	7
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	(2) Capacidad del uso del suelo (CUS) (3) Compactación suelos ( $Mg.m^{-3}$ ) (CS) (4) Erodabilidad del Suelo (IE) (5) Materia Orgánica (M.O. %)	6 5 7 4	9 7 8 6	8 6 7 5
PÉRDIDA DE SUELOS	(6) Magnitud de pérdida de suelo (t/ha/año) (7) Índice de Erosión Actual (IEA) (8) Degradación por actividades agrícolas	6 5 5	7 7 7	4 6 5

Se evidencia que la generalidad de los subindicadores muestran una evolución tendente a la degradación de las propiedades de los suelos, especialmente en la década de los años ochenta, debido al uso indiscriminado de la maquinaria agrícola, sobre pastoreo y prácticas de agricultura

intensiva que provocaron valores elevados de compactación con umbrales de densidad aparentes superiores a 1,34 Mg/m<sup>3</sup> a niveles de 0 - 30 cm. en los suelos Ferralíticos Rojos Hidratados (Ferralsol en el World Reference Base, 2006), lo cual ha recibido diferentes denominaciones como “formación agrogénica de los suelos” (Shishov et.al., 2004; Tokonogov et al., 2005) y degradación irreversible (Orellana y Moreno, 2001), entre otras denominaciones.

#### ▪ Localidad “Alturas de Nazareno”

Se constató que con cierta independencia del valor energético del relieve, en aquellos sectores donde la actividad antropogénica no ha tenido lugar, existe una tendencia hacia la pedogénesis con una remoción areal de las fracciones del suelo prácticamente nula, positiva o muy lenta (Febles et al., 2005; Febles et al., 2007 y Febles et al., 2010).

No obstante, a principio de la década de los años 90 denominado Período Especial o de crisis económica en Cuba, cuando los establecimientos ganaderos (vaquerías) en estos enclaves quedaron progresivamente inhabilitados, comenzó una regeneración natural del componente arbóreo (vegetación natural), con especies “cicatrizadoras” tales como marabú (*Dichroechys glomerata*), aroma (*Acacia farnesiana*) y palmas (*Roystonea regia*), que han actuado como un barbecho inducido y que propician cierta resiliencia (Astier – Calderón et al., 2002), o estabilidad morfoedafológica en los procesos (Febles, 2007), propiciando su recuperación edáfica con cierta independencia del valor energético del relieve y un incremento en los indicadores de sostenibilidad (Tabla 3).

Tabla 3. Valores asignados a los indicadores edáficos en las Alturas de Nazareno en períodos cronológicos claves

INDICADORES DE PRESIÓN				
FACTORES	SUBINDICADORES	CLASES		
		1984 - 91 Revolución Verde	1991 – 96 Período Especial	1996 – 2007 Reanimación Económica
CLIMÁTICOS	(1) Lámina anual promedio (mm)	6	6	6
	(2) Índice Erosividad Total (IET)	5	5	5
POTENCIAL EROSIÓN	(4) Índice de Carsificación (IC)	5	8	7
INDICADORES DE ESTADO				
CUBIERTA VEGETAL	(1) Índice de Protección del Suelo (IPS)	4	8	7
CARATERÍSTICAS DEL SUELO	(2) Capacidad del uso del suelo (CUS)	5	9	8
	(3) Compactación suelos (Mg.m <sup>-3</sup> ) (CS)	5	8	7
	(4) Erodabilidad del Suelo (IE)	7	9	9
	(5) Materia Orgánica (M.O. %)	4	6	5
PÉRDIDA DE SUELOS	(6) Magnitud de pérdida de suelo (t/ha/año)	6	8	7
	(7) Índice de Erosión Actual (IEA)	5	8	7
	(8) Degradación por actividades agrícolas	4	8	6

#### Valores umbrales

La comparación transversal de las principales variables edáficas y paisajísticas estudiadas para diferentes sistemas desarrollados sobre suelos Ferralíticos Rojos de la provincia de La Habana reflejó cambios estructurales evidentes con el manejo de ellos, lo que permitió asumir criterios para proponer indicadores operativos y establecer *a priori* valores límites permisibles para estos suelos (Tabla 4)

Tabla 4. Indicadores umbrales para evaluar la erosión de los suelos en las regiones cársicas de la provincia La Habana (Orellana et. al., 2007)

INDICADORES	VALOR UMBRAL
Riqueza de especies, %	No menor de 10
Contenido de materia orgánica capa arable, %	No menor de 70 % en base a condiciones vírgenes
Coeficiente de dispersión del suelo (Kd) en la capa arable, %	No mayor de 20
Agregados hidroestables (> 0.25 mm), %	No menor de 60
Coeficiente de infiltración en la primera hora de observación, mm/h	No menor de 50
Humedad a 180 cm c.a. , en % de volumen	No menor de 60

El conjunto de métodos incluidos en la metodología aportó la información necesaria para evaluar integralmente la situación histórica, actual y perspectiva de la sostenibilidad de los suelos en las regiones cársicas de la provincia La Habana y reveló la erodabilidad y la capacidad de uso como indicadores de aparente sostenibilidad, mientras que el porcentaje de materia orgánica y la compactación indican su tendencia no sostenible, con la afectación futura a la fertilidad y en consecuencia a la producción de alimentos.

## Referencias

- Astier-Calderón, M., Maass-Moreno, M. y Etchevers-Barra J.. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*, 36(5):605 – 620. 2002
- Busto, R., L. Iñiguez, y J. Mateo: Sobre la tipología del carso de La Habana. *Serie Geog. 12*, pp. 8-16. 1976
- Campos, M., M. Guerra, E. Jaimez, y J. Olivera: "Caracterización geólogo - ambiental de las provincias habaneras" [inédito], Informe Final, Proyecto Evaluación geólogo ambiental de las provincias habaneras Código 30302, Instituto de Geofísica y Astronomía, Ciudad de La Habana.2004
- CENHICA. "Bases de datos de lluvia" [inédito], INRH. La Habana. 1997
- Durán, J., y L. Salinas: Recuperación y mejoramiento de suelos rocosos y poco profundos. En *Seminario Internacional ORSTOM*, Paris, *Memorias*, pp. 731 – 753. 1986
- Febles, J. M., Vega, M.; Febles, G. Pérez; Tolón, A. y Jerez. L: Criterios de selección para determinar valores umbrales de sostenibilidad de los suelos en áreas pilotos de La Habana, Cuba. En *I Seminario Internacional de Cooperación y Desarrollo en Espacios Rurales Iberoamericanos. Sostenibilidad e Indicadores*. ISBN 978 - 84-8240 – 872 -9 (España, 2007), pp. 325 – 336. 2007
- Febles, J. M.: "Integración de Métodos para Evaluar la Erosión de los Suelos en las Regiones Cársicas de Cuba" [inédito], tesis para optar por el Grado Científico de Doctor en Ciencias, Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez. 2007
- Febles, J. M.; Vega, M.: Sistema integrador de métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar los procesos erosivos en regiones ganaderas de la provincia La Habana, Cuba. *Revista de Ciencias Agrícolas* 2008 Tomo 42 número 4 de 2008.
- Febles, J. M.; Tolón, A. y Vega, M: Edaphic Indicators for Assesment of Soil Erosion in Karst regions, province of Havana, Cuba. *Land Degradation Development* 20: 1 – 13 (2009) Published in Wiley Inter Science ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)) DOI: 10.1002/ldr.929. Copyright # 2009 John Wiley & Sons, Ltd.
- Febles, J. M.; Vega, M y Vargas, H.: "Indicadores edáficos para evaluar la erosión de los suelos en áreas pilotos de la provincia La Habana, Cuba". Universidad de Santiago de Compostela,

- España (págs.: 87 – 101), ISBN – 978 Depósito legal: LU 36-2010. Año de publicación 2010. Página web. <http://www.usc.es>.
- Gutiérrez, R. y F. Rivero: Estudio geológico de la zona de Callajabos, Madrug,a Habana. Serie Geo (12):12-16. 1975
- Jaimez, E: Los suelos del Parque Nacional Viñales, Pinar Río, Cuba. Condiciones genéticas y ambientales. Rev. Cuadernos Geográficos (38). Inst.de Desarrollo Regional, Universidad de Granada, España.:195 – 205.2006
- Morales, M.; Hernández, A.; Vantour A.: Los cambios globales y su influencia en el contenido de materia orgánica en los suelos de Cuba. Agricultura orgánica. Año 9. No 2: 15-18. 2003
- Orellana, R. y Moreno, J. : Susceptibilidad de los suelos cubanos a la degradación. En Memorias, XV Congreso Cubano de las Ciencias del Suelos, La Habana. 2001
- Orellana, R.; Febles J. M.; Moreno, A. y Vega, M. : Propuesta de Indicadores edáficos para medir la sostenibilidad de los suelos Ferralíticos Rojos, de la provincia La Habana, Cuba. En I Seminario Internacional de Cooperación y Desarrollo en Espacios Rurales Iberoamericanos. Sostenibilidad e Indicadores. ISBN 978 - 84-8240 – 872 -9 (España, 2007), pp. 349 – 358.2007
- Paneque, J., Fuentes, E., Mesa, A. y Echemendía, A.: El Mapa Nacional de Suelos Escala 1:25 000. En Memorias del XI Congreso Latinoamericano y II Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo, La Habana, Memorias, (D. R. Villegas y D. Ponce de León, eds.), pp. 1345-1347. 1991
- Santana, M. J.; Fuentes, B.; Benítez, L.; Coca, J.; Córdoba, R.; Hernández, S.; Arcia, J.; Hernández, J.; Hernández, I.; y Socarrás, D.: Principios básicos para la aplicación de tecnologías de preparación de suelos en el marco de una agricultura conservacionista y sostenible. INICA-MINAZ -IIMA- CNCA. Cuba. 77p. 1999.
- Shishov, LL, Tokonogov, V. D., Lebedeva, II, y Guerasimova, M.I.: Diagnóstico y Clasificación de Suelos de Rusia (en ruso). Instituto de Suelos VV. Dokuchaev. Editorial Oikumena. Moscú, 341p. 2004
- Soil quality indicators: Environmental indicators for agriculture. Methods and Results. Organization for Economic Co-Operation and Development, Paris, Francia. 2004
- Spiridonov, A., R. Busto, J. Mateo : Las morfoestructuras de la provincia La Habana. Serie Geog. 12.
- Tokonogov, V., Guerasimova, D I. y Iagrogenic, M. 2005. Pedogenesis and soil evolution International Conference of Global Soil Change. Instituto de Geología, UNAM. 1976
- Valdés, J.: La conductividad hidráulica anisotrópica y su relación con el carso. Voluntad hidráulica, 33:15-18. (1975):
- Wang, C.W.. En Humanity Development Library. Use of RAISON for Rural Drinking Water Sources Management. GIS for health and the environment. Proceedings (CD- Rom).1997
- World Reference Base: Mapa Mundial de Suelos, escala 1: 30 000 000. World Soil Resources. FAO, EC, ISRIC, 2006