

BUENOS SUELOS EN EXTINCIÓN: LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS FERRALÍTICOS ROJOS EN EL OCCIDENTE DE CUBA

J. M. Febles González¹; M. B. Vega Carreño²; N. M. B. Amaral Sobrinho³; A. Tolón Becerra⁴; Lastra, X. B.⁴

¹Universidad de La Habana, Zapata y G, Vedado, Plaza de la Revolución, La Habana, C.P: 10 400. Teléfono: (537). 8702060. Correo electrónico: febles@rect.uh.cu

²Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", CUJAE, Ave. 114 No. 11901, Marianao, La Habana. Correo electrónico: mvega@civil.cujae.edu.cu

³Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Br 465 km 7, Seropédica - R. J, Brasil. Teléfono: 55(21)37873772. Correo electrónico: nelmoura@ufrj.br

⁴Universidad de Almería. Carretera Sacramento s/n. La Cañada. 04120. España. Correo electrónico: atolon@ual.es; xlastra@ual.es

Introducción

En las zonas tropicales y subtropicales, los suelos Ferralíticos Rojos constituyen una importante categoría dada la amplia extensión que ocupan (Kilasara, 1989). En el Sistema de Clasificación Francesa (Luizao *et al.*, 1992), responden a la denominación de suelos Ferralíticos mientras que en la 7^{ma} Aproximación de la Soil Taxonomy (Soil Survey, 1990; USDA, 1994), pertenecen a los órdenes Ultisol y Oxisol, son los Ferralsols en la Lista de Unidades de la FAO - UNESCO (FAO - UNESCO, 1989); Ferralítico Rojo en la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999) y Ferralsol Rhodic (World Reference Base, 2006).

En Cuba por su ubicación en una zona tropical, los suelos Ferralíticos Rojos representan el 23,56% del fondo de tierras agrícolas a nivel nacional, y ocupan entre el 80 - 85% de la superficie carsificada de las provincias de Mayabeque y Artemisa con una superficie de 5 731 km² que coincide con las zonas de mayor producción agrícola, densidad de población y con las cuencas más importantes del territorio (Febles *et al.*, 2011) por lo cual poseen importancia estratégica para la seguridad alimentaria de la nación y un valor edafológico – patrimonial incuestionable.

Estas características justifican las investigaciones realizadas durante los últimos 25 años por Febles (2007); Vega (2006); Febles *et al.*, (2010; 2011 y 2012), donde se ha establecido que los procesos de carsificación incrementan la erosión de estos suelos a través de formas cársicas superficiales del tipo dolina. Sin embargo, tradicionalmente (Riverol, 1989; Riverol y Shepashenko, 1989) y aún hasta el presente (Instituto de Suelos, 2009), la literatura especializada continúa clasificando, a los suelos Ferralíticos Rojos, como "*no erosionados*". Teniendo en cuenta estos antecedentes, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar integralmente los procesos de erosión hídrica, cársico - erosivos modulados por la actividad antrópica, que ha inducido la degradación secuencial de los suelos Ferralíticos Rojos en el occidente de Cuba.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la porción central la Llanura Cársica Meridional Habana - Matanzas, que comprende las provincias de Mayabeque, Artemisa y Matanzas, con suelos históricamente sometidos a la antropogénesis tropical, 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, reciben alrededor del 76 - 80% de las precipitaciones que ocurren en las provincias Mayabeque y Artemisa (INSMET, 2012), 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 (CENHICA, 1997). Los suelos más difundidos son predominantemente del Agrupamiento Ferralítico Rojo (Paneque *et al.*,

1991) o Ferralsol Rhodic en el World Reference Base (2006). La metodología estuvo sustentada en la aplicación del Sistema Integrador de Métodos Cualitativos y Cuantitativos propuesta Febles et. al., (2008).

El trabajo de prospección pedológica incluyó el levantamiento de la cobertura edáfica mediante un esquema radial que comprendió un total de 1 850 puntos con barrena y 62 perfiles principales y de control, que fueron descritos, muestreados y caracterizados hasta profundidades nunca inferiores a los 100 cm, para examinar mediante análisis descriptivo - comparativos la manifestación e intensidad de la erosión vinculados con los factores climáticos, la cubierta vegetal, las características de los suelos y con su pérdida.

Resultados y Discusión

– Las pérdidas activas y las cavidades de "soutirage" en el carso de llanuras: Polje San José de Las Lajas

De acuerdo con las metodologías descritas, los principales resultados cualitativos permiten aseverar que en estos territorios se desarrolla una 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 descrito por Jaimez (2005), Vega (2006); Febles (2007); Febles *et al.*, (2009) y Febles *et al.*, (2012). Adicionalmente se obtuvieron resultados cuantitativos de pérdida de suelos (Tabla 1) con el modelo de Morgan (Morgan *et al.*, 1984; Morgan, 2001).

Tabla 1. Pérdidas de suelos en las dolinas aplicando el modelo MMF (Morgan *et al.*, 1984; Morgan, 2001) en la subcuenca Mampostón provincia Mayabeque (tomado de Febles et. al. 2012).

Dolina No.	Escenario 1986 - 2009			
	C ₁ (Sin erosión aparente) Horizonte A (0 - 490 mm)			
	Pérdidas de suelos (t ha ⁻¹ año ⁻¹)			
	1986	1997	2009	Media
1	15.957	17.820	17.649	17.227
2	17.631	16.917	20.208	18.460
3	21.357	22.128	23.613	22.554
4	14.847	14.244	14.262	14.442
5	10.011	8.355	11.910	10.345
6	9.390	9.729	10.425	9.876
7	10.686	17.142	12.042	13.894
8	12.024	10.029	12.381	11.566
9	9.012	10.143	10.668	10.142
10	10.725	11.514	12.306	11.580
11	16.068	20.226	19.419	18.885
12	13.038	13.077	14.319	13.548
13	16.653	18.120	18.816	17.970
14	10.275	11.628	13.038	11.814
15	---	---	14.073	---
16	---	---	36.897	---
Media	12, 329	13,292	13,707	---

Los volúmenes de pérdidas alcanzan hasta 13,71 t ha⁻¹año⁻¹, que supera los valores umbrales de tolerancia propuestos por la USLE (Soil Survey Staff, 1984) y las tasas de formación de suelos derivados de rocas calizas en Cuba. A partir de esos resultados se realizó se pronosticó (Tabla 2) las tendencias futuras de las pérdidas de suelos.

Tabla 2. Pronóstico de pérdidas de suelos en los próximos 50 años en la subcuenca Mampostón provincia Mayabeque, Cuba (tomado de Febles et. al. 2012).

Escenario año 2034 C ₁ (Erosión moderada) Horizonte A (0 - 221,50 mm)		Escenario año 2059 C ₁ (Erosión severa) Horizonte A (0 - 39,48mm)	
Y (mm año ⁻¹)	Y (cm año ⁻¹)	Y (mm año ⁻¹)	Y (cm año ⁻¹)
268,52	26,80	450,52	45,00

La dinámica de los procesos erosivos que contemporáneamente han afectado a la región queda expresada en la polje San José de Las Lajas, en el transepto comprendido entre el relicto de carso desnudo de Boshmenier (Fig. 1), hasta el poblado de Zenea que marca el límite occidental de la misma.

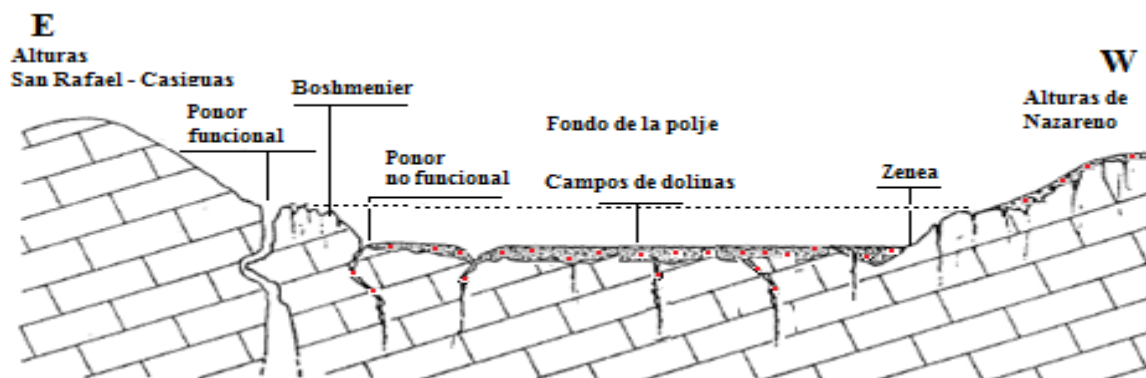


Figura. 5 Corte sintético del polje San José de Las Lajas en el transepto "Boshmenier - Zenea", provincia Mayabeque, Cuba.

En efecto, este relicto ha aportado los materiales carbonatados presentes hoy día en gran parte de la polje, los cuales han sido secuencialmente redistribuidos en virtud a su tamaño, peso y forma por la acción conjunta y simultánea de tres procesos principales: erosión hídrica, remoción en masa y cársico - erosivos, con funciones definidas pero interrelacionadas, coincidiendo con los estudios similares realizados por Molerio (1981) y García *et al.*, (2001).

El comportamiento de las principales propiedades físicas (Tabla 3), evidencia que estos territorios muestran una evolución tendente a la degradación 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⁻³ 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).

Tabla 3. Comportamiento de las principales propiedades físicas de los suelos en las regiones cársicas de la provincia Mayabeque, Cuba (tomado de Febles et al, 2009).

Prof. (cm.)	% de las fracciones en mm				Mg.m ⁻³		%
	A. Gruesa 2 - 0,2	A. Fina 0,2 - 0,02	Limo 0,02 - 0,002	Arcilla < 0,002	Densidad del suelo	Densidad fase sólida	
Perfil C₁ (Levemente erosionado) (Febles <i>et al.</i>, 1986) Centro Inseminación Artificial "Rosafé Signet"							
- FERRALÍTICO ROJO HIDRATADO.-							
0 - 10	18,52	17,20	13,20	51,08	1,35	2,68	54,00
10 - 20	20,03	15,52	12,40	52,05	1,37	2,70	54,00
20 - 30	19,20	14,50	12,00	54,30	1,40	2,79	54,30
30 - 40	14,95	11,50	12,10	61,45	1,38	2,78	52,20
40 - 50	14,50	8,50	10,40	60,60	1,37	2,78	51,10
Perfil C₁ (Gonou, 1997) Centro de Inseminación Artificial "Rosafé Signet"							
- FERRALÍTICO ROJO HIDRATADO.-							
0 - 10	20,72	17,44	12,97	48,87	1,34	2,72	55,61

10 - 20	20,08	15,96	11,99	51,97	1,36	2,77	56,25
20 - 30	20,66	13,97	11,65	53,72	1,25	2,82	55,19
30 - 40	14,97	11,72	11,97	61,34	1,35	2,84	53,58
Perfil C₁ (Febles, 2007) Centro de Inseminación Artificial "Rosafé Signet"							
- FERRALÍTICO ROJO HIDRATADO.-							
0 - 10	21,63	18,12	12,40	47,85	1,35	2,70	50,00
10 - 20	22,33	15,96	11,76	49,95	1,36	2,71	50,18
20 - 30	21,02	14,47	11,90	52,61	-	-	
30 - 40	14,91	11,59	11,88	61,62	-	-	-
40 - 50	13,60	10,73	10,86	64,81	-	-	-
Perfil C₃ (Erosión moderada) Alturas de Nazareno (Febles, 2007)							
- RENDZINA ROJA TÍPICA -							
0 - 10	9,51	4,09	7,84	78,56	1,01	2,62	62,30
10 - 20	9,21	1,42	7,07	82,30	1,04	2,65	62,01
Perfil C₄ (Erosión moderada) Alturas de Nazareno (Febles, 2007)							
- RENDZINA ROJA TÍPICA -							
0 - 10	15,00	6,68	6,90	71,42	0,89	2,60	64,20
10 - 20	9,00	8,00	7,45	75,65	0,99	2,62	64,20
Perfil 4 - D (Sin erosión aparente) Zona de pastoreo extensivo Boshmenier - Zenea --(Febles, 2007)							
- FERRALÍTICO AMARILLENTO LIXIVIADO GLÉYICO -							
0 - 10	11,80	21,46	18,89	50,79	1,03	2,56	59,00
10 - 20	10,02	20,70	17,20	64,45	1,15	2,60	5600
20 - 30	5,90	14,72	8,45	71,19	1,23	2,70	54,00
30 - 40	4,63	16,06	6,80	72,49	1,26	2,55	50,00
40 - 50	6,20	13,80	9,47	68,93	1,27	2,53	50,00

Las investigaciones realizadas durante los últimos 25 años en regiones cársicas del occidente de Cuba, confirman la influencia de la antropogénesis intensiva, manifestada en el reforzamiento de los procesos de erosión hídrica y cársico - erosivos, que coexisten zonal y espacialmente en ambientes de carso llano y de alturas, con marcada tendencia a incrementarse y que ponen en peligro de extinción a los "suelos rojos" calificados por una arraigada tradición que afirma que son los "más productivos del mundo".

REFERENCIAS

- CENHICA (1997): "Bases de datos de lluvia" [inédito]. INRH. La Habana.
- FAO – UNESCO (1989): Carte mondiale des sols. Légende révisée. Rapport sur les ressources en sols du monde, FAO (Rome), 125 p Arreglar la posición del año
- Febles, J. M., N. Martín, y S. Hernández (1986): La erosión y el manejo de los suelos en el carso llano de Cuba: estudio de diferentes casos. Edit., ORSTOM, Paris, 717 – 728.
- Febles, J. M.; M, B, Vega y G. Febles (2008) Integrating system of qualitative and quantitative methods to assess the erosion of the soils in the karstic regions of cattle rearing use in Cuba, Cuban Journal of Agricultural Science 42 (3): 313 – 317, ISSN 0034 7485
- Febles, J. M., Moura Brasil N.; Balbín M. I.; X. Neira Seijo y Pérez Y. (2010): Buenos suelos y suelos "vírgenes" en extinción. IX Congreso de SEAE "Calidad y seguridad alimentaria". Lleida 6, 7, 8 y 9 de octubre 2010. Pagina web:www.agroecologia.net. ISBN 978-84-614-3856-3
- Febles J.M., M. Vega., A. Tolón, (2011): "Edaphic Indicators for Assessment of Soil Erosion in Karst regions, province of Havana, Cuba: Land Degradation and Development. 21. (2011). Editorial John Wiley & Sons DOI: 10.1002/ldr.1089. England.
- Febles J. M; Tolón, A. Vega, N. Moura, A. Tolón y X. Lastra (2012): Soil loss from erosion in the next 50 years in karst regions of Mayabeque province, Cuba. Land Degradation & Development. Editorial John Wiley & Sons DOI: 10.1002/ldr.2184. England.
- Febles J. M ; Tolón, A. y Vega, M. (2012): Assessment of soil erosion in karst regions of Havana, Cuba. Land Degradation & Development 23: 465 – 474. Editorial John Wiley & Sons DOI: 10.1002/ldr.1089. England
- Febles J. M, (2007): Integración de Métodos para Evaluar la Erosión de los Suelos en las Regiones Cársicas de Cuba, Ph. D. Facultad de Agronomía. Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez".
- Febles, J. M.; M. B. Vega y G. Febles (2008): Integrating system of qualitative and quantitative methods to assess the erosion of the soils in the karstic regions of cattle rearing use in Cuba. Cuban Journal of Agricultural Science 42 (3): 313 – 317, ISSN 0034 7485
- Febles, J.M., Tolón A, Vega M. (2009): Edaphic Indicators for Assessment of Soil Erosion in Karst regions, province of Havana, Cuba. Land Degradation & Development, 20: 1–13.

- García, D.E. et, al (2001): Informe proyecto generalización y actualización geológica de la región Habana – Matanzas, escala 1. 100 000.
- Gounou, E. (1997): “Aplicación del enfoque morfoedafológico al estudio de la variabilidad de algunos suelos en un geosistema cársico (La Habana, Cuba)” [inédito], tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Facultad de Agronomía. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez".
- Hernández, A., A. Cabrera, M. Ascanio, M. Morales, L. Rivero et al. (1999): Claves para la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba.
- Hernández, A.; L. M. Herrera; E. Iznaga, y G. S. Tatevosian (1980): La erosión en los suelos Pardos con Carbonatos (Pardos con Carbonatos) de Cuba. Ciencias de la Agricultura, (5) : 39 - 50
- Instituto de Suelos (1999). Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. AGROINFO, MINAGRI. Ciudad de La Habana, 64 p.
- Instituto de Suelos (2009). Evaluación del Medio Ambiente Cubano GEO Cuba 2007 Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) y Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Año de publicación diciembre de 2009. Capítulo III. Impacto sobre el Medio Ambiente. Agencia de Medio Ambiente (AMA) ISBN 95-78-959-300-003-1.
- Institutito de Meteorología (2012): Datos climáticos de la Llanura Roja Habana - Matanzas [inédito], (INSMET). La Habana.
- Jaimez Salgado, E. y Ortega Sastriques, F. (2005): Paleo régimen hídrico en suelos del Occidente de Cuba durante el Cuaternario. Aula y Ambiente, 9/10: 133 - 145.
- Kilasara, M. (1980): Evolution actuelle des sols de la couverture ferrallitique de Muhéza (Tanzanie). Origine et conséquences. These Univ. Paris. VI, 356 Pp.1989. AQUI DICE 1980 en texto 1989
- Luizao, F.; Luizao, R. Chauvel, A. (1992): Premiers résultats sur la dynamique des biomasses racinaires et microbiennes dans un Latossol d' Amazonie centrale (Brésil) sous foret et sous paturage. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.; Vol. XXVII #1-2 1992: 69 - 79.COLOCAR EL Año
- Molerio León, Leslie F. y M. G. Guerra Oliva (1981): Notas sobre la problemática hidrogeológica de la porción oriental del polje Jaruco-Aguacate, provincias Habana y Matanzas. Arch. Instituto Nacional Recursos Hidráulicos. La Habana 60.
- Morgan, R. P. C. (2001): A simple approach to soil loss prediction. a revised Morgan – Morgan – Finney model. Catena, 44:305 – 322.
- Morgan, R. P. C., D. D. V. Morgan, y H. J. Finney (1984): A predictive model for the assessment for soil erosion risk. J. Agric. Eng. Res., 30 245-253.
- Orellana, R. y J. Moreno (2001): Susceptibilidad de los suelos cubanos a la degradación. En Memorias, XV Congreso Cubano de las Ciencias del Suelos, La Habana.
- Paneque, J., E. Fuentes, A. Mesa, y A. Echemendía (1991): 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.
- Riverol, M. (1985): "La erosión potencial de los suelos de Cuba y los métodos para su mapificación" [inédito], tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas, Facultad de Agronomía, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez
- Riverol, M., (1989): Mapa de erosión actual a escala 1:2 000 000 En: Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Instituto de Geografía de la ACC e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. p.p. IX 1.4
- Riverol, M., y G. Shepashenko, 1989: Mapa de erosión potencial escala 1:2 000 000 En: Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Instituto de Geografía ACC e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. p.p. IX 1. 4
- Soil Survey Staff 1984. Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey. Soil Survey Investigations, Report No. 1.
- Shepashenko, G.; M. Riverol, A., Hernández (1982): “Resistencia anti erosiva de los principales suelos agrícolas de Cuba”. Cien. Agric., Academia de Ciencia de Cuba, (16):105-118.
- Shepashenko, G., M., Riverol, N., Calzada, (1984): La erosión hídrica y los métodos de combatirla en los países en vías de desarrollo con clima tropical y subtropical y subtropical. Instituto de Suelos, Academia de Ciencias de Cuba (Reporte de Investigación. No.10) 40 p.p.
- Shishov L.L., Tokonogov, V. D., Lebedeva, L.L., Guerasimova, M.I.(2004): Diagnóstico y Clasificación de Suelos de Rusia (en ruso). Instituto de Suelos VV. Dokuchaev. Editorial Oikumena. Moscú, 341p. 2004
- Soil Survey Staff (1990): Keys to soil Taxonomy, Virginia Polytechnic Institute and State University; 422 pp.
- Tonkonogov, V. D I Guerasimova, M. Iagrenic (2005). Pedogenesis and soil evolution International Conference of Global Soil Change. Instituto de Geología, UNAM.
- USDA (1994): Keys to soil taxonomy sixth edition. Soil Conservation Service, 305 pp.
- Vega, M.B. (2006): Evaluación de la erosión de los suelos en las regiones cársicas de La Habana mediante el nuevo método EVERC. Ph. D. Tesis. Facultad de Geofísica. Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”.
- Vega, M. y J. M. Febles (2005): Investigación de suelos erosionados: métodos e índices diagnósticos. Minería y Geología, XXI (1-2).
- Vega, M.B., and J. M. Febles (2008):Application of the new method of evaluation of the soil erosion (EVERC) and the model MMF in soils of the Mamposton cattle production basin in Havana province, Cuba. Cuban Journal of Agricultural Science, 42 (3): 309-314.
- Vega, M. B., J. M. Febles, A. Tolón y X Lastra (2011): Potential soil erosion assessment through the CORINE methodology in cattle districts of the Mayabeque province. Cuban Journal of Agricultural Science.

Volume 45, Number 4. Published in Redalyc. Sistema de Información Científica.
<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdf>

- Vega, M. B., J. M. Febles (2013): Evolución de los métodos para evaluar la erosión de los suelos en los territorios cársicos de la provincia Mayabeque Cuba, En Experiencias en el manejo sostenible de los suelos agrarios y de los recursos naturales (A. Tolón, X. Lastra, J. Gaibor Eds.) Editorial Universidad de Almería ISBN 978-84-15487-75-3 pp 334- 374
- Vega, M. B., J. M. Febles, N. M. B. Amaral Sobrinho, A. Tolón y X Lastra (en prensa): La erosión de los suelos en las alturas cársicas del Distrito Pecuário Nazareno mediante el modelo MMF.
- World Reference Base (2006): Mapa Mundial de Suelos, escala 1: 30 000 000, World Soil Resources, FAO, EC, ISRIC, 2006