

EROSIÓN DIFERENCIAL DE ANDOSOLES Y ARIDISOLES EN DOS ZONAS CLIMÁTICAS DE LA ISLA DE TENERIFE

J. A. GUERRA, C.D. ARBELO, C.M. ARMAS, A. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, J.L. MORA

Departamento de Edafología y Geología, Facultad de Biología, Universidad de La Laguna, Avda. Astrofísico Francisco Sánchez s/n 38204 La Laguna, Tenerife, I. Canarias. e-mail: antororo@ull.es

Abstract. This paper shows the results of water erosion rates monitoring in Andosols and Aridisols in two contrasted bioclimatic regions in Tenerife island. Erosion mechanisms are different in both soil types and climatic zones, being basically related to rainfall dynamics and to the structural characteristics of the soil surface, which has important consequences for the design of erosion control strategies and the management of water resources in both areas.

Key words: Andosols, Aridisols, Water erosion, Erosion plots, Canary Islands

Resumen. En este trabajo se presentan los resultados de un seguimiento de las tasas de erosión hídrica en andosoles y aridisoles en dos regiones bioclimáticas contrastadas de la isla de Tenerife. Los mecanismos de erosión son diferentes en ambos tipos de suelos y zonas climáticas, estando relacionados fundamentalmente con la dinámica de las lluvias y con las características estructurales de la superficie del suelo, lo cual tienen importantes implicaciones en el diseño de medidas de control de la erosión y de gestión de los recursos hídricos en ambas zonas.

Palabras clave: Andosoles, Aridisoles, Erosión hídrica, Parcelas de erosión, Islas Canarias

INTRODUCCIÓN

Aproximadamente un 42% de la superficie de la isla de Tenerife (853 km²) está afectada gravemente por procesos de erosión hídrica acelerada, con pérdidas de suelo superiores a 12 t ha⁻¹año⁻¹, lo que equivale a un espesor de 1-1.5 mm de suelo al año (Rodríguez Rodríguez, 2001, Rodríguez Rodríguez *et al.*, 1998).

En esta isla se observan dos regiones bioclimáticas claramente diferenciadas, una situada en el norte, a barlovento y bajo la

influencia de los vientos alisios y otra en el sur, a sotavento y sometida a esporádicas lluvias torrenciales con ocasión de los temporales del sur.

En la zona norte más lluviosa, los suelos son de tipo ándico y la cubierta vegetal presenta una densidad relativamente alta, por lo que la erosión se produce de manera continua, ligada a los cambios de uso del territorio que provocan deforestaciones a veces drásticas. En la zona sur árida, los suelos predominantes son aridisoles salinos y carbonatados, con una escasa cubierta vegetal, donde los

procesos erosivos se producen de manera puntual, con ocasión de las lluvias del sur de alta intensidad y ligados también a los cambios de uso del territorio, pero en este caso como consecuencia de la ocupación del suelo por construcciones urbanas e infraestructuras variadas, ligadas a la actividad turística, que en muchos casos llegan a obstruir los canales naturales de desagüe de las escorrentías.

En este trabajo se presentan los resultados de nueve años de medida y evaluación de los procesos erosivos en ambas situaciones, obtenidos en parcelas experimentales de tipo convencional.

MATERIAL Y MÉTODOS

A) *Zona Norte*. El área de estudio situada a una altitud de 1000 m s.n.m. (Figura 1) está caracterizada por un bioclima de tipo termomediterráneo mesofítico subhúmedo (Rivas Martínez *et al.*, 1993), con una vegetación potencial que corresponde al bosque de laurisilva (*Lauro azoricae-Perseeto indicae S.*), aunque en su mayor parte el bosque original ha sido deforestado y sustituido por plantaciones de *Pinus radiata D. Don*. Los suelos de esta zona se han desarrollado sobre un material geológico complejo de coladas basálticas pleistocenas y deposiciones sucesivas de cenizas de la misma composición y granulometría variable y sus características llevan a clasificarlos como Andosoles alofánicos o *Andosoles silico fúlvicos* (WRB, 1998) (*Fulvudands últicos*, Soil Survey Staff, 1999).

El estudio se ha realizado en tres parcelas de erosión instaladas en el año 1993 sobre este tipo de suelos, con una superficie de 200 m² (25 x 8 m) cada una y provistas de pluviógrafos y depósitos colectores equipados con sondas capacitivas y dispositivo de ultrasonidos para cuantificar la escorrentía.

La erodibilidad del suelo calculada mediante el método de Wischmeier *et al.*, 1971 es muy baja, obteniéndose valores de $K = 0.21 \pm 0.04$ para el suelo de las parcelas. En

la primera parcela el suelo se mantiene desnudo mediante eliminación manual de la vegetación adventicia, la segunda parcela presenta una vegetación de *Pinus radiata* con una densidad del 65% y la tercera está colonizada por la vegetación de sustitución que se instala al eliminar las plantaciones de pino (*Rubio-periclymeni-Rubetum*), con una densidad del 100% (Rodríguez Rodríguez *et al.*, 2002a).

B) *Zona Sur*. En esta vertiente la zona de estudio se sitúa a unos 200 m s.n.m., caracterizándose por un bioclima de tipo inframediterráneo desértico árido (Rivas Martínez *et al.*, 1993), con una vegetación potencial que corresponde al dominio climácico del tabaibal dulce (*Ceropegio fuscae-Euphorbieto balsamiferae S.*), aunque en la actualidad debido a que todas estas áreas estuvieron cultivadas hasta los primeros años del S. XX, se encuentran colonizadas por un matorral de sustitución que conforma una vegetación esteparia de comunidades ruderales herbáceas. Los suelos de estas zonas se han desarrollado sobre alteraciones de basaltos pleistocénicos y coluvios heterogéneos procedentes de la erosión de los suelos situados a cotas más altas y se clasifican como *Calcisoles pétricos* (WRB, 1998) o *Petrocalcids típicos* (Soil Survey Staff, 1999). Los suelos de las parcelas son ligeramente salinos ($CE_{es} = 2.7 \text{ dSm}^{-1}$) y el índice de erodibilidad (Wischmeier *et al.*, 1971) ofrece unos valores de 0.62 ± 0.08 .

El estudio se ha realizado en dos parcelas de erosión de características similares a las instaladas en la zona norte y con el mismo equipamiento. Una de las parcelas se mantiene desprovista de vegetación por eliminación manual de la misma y la otra se encuentra colonizada por la vegetación esteparia anual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los resultados anuales y globales de todo el periodo de estudio de la evaluación del ciclo hidrológico y de erosión.

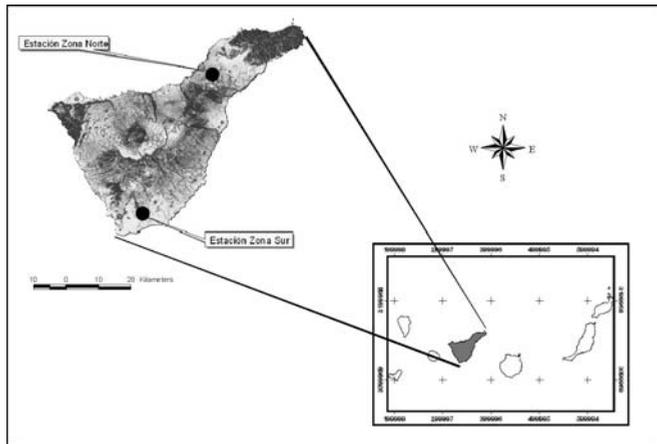


FIGURA 1.-Situación de las estaciones en el área de estudio

En la zona Norte la pluviometría media anual ha sido de 625 mm (Figura 2), aunque con una alta variabilidad interanual (Tabla 1), concentrándose las lluvias en los meses de febrero-marzo y octubre-noviembre. Aunque pueden producirse lluvias de alta intensidad (hasta 240 mmh⁻¹), las intensidades máximas de las precipitaciones en esta zona oscilan

entre 30 y 80 mmh⁻¹, con una alta homogeneidad en la intensidad media de las precipitaciones (7-15 mmh⁻¹).

En la zona Sur sin embargo, la pluviometría media interanual no alcanza los 100 mm (69 mm)(Figura 3) con una baja variabilidad entre años y concentrándose en eventos muy localizados temporal y espacialmente, en los

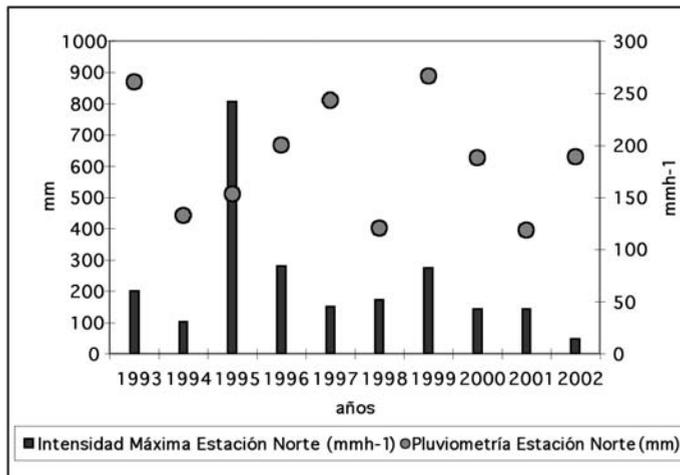


FIGURA 2.-Distribución anual de la Pluviometría e Intensidad Máxima en la estación Norte

meses de octubre a abril, cuando con mayor frecuencia se producen las borrascas del suroeste. La intensidad máxima de las lluvias en estas condiciones es baja cuando se considera la media interanual, pero ha de tenerse en cuenta que en este tipo de regímenes pluviométricos, con precipitaciones esporádicas

que ocurren en el momento de la penetración de frentes borrascosos, pero que suelen dejar una cantidad importante de lluvia con fuerte intensidad horaria, los valores medios no son indicativos de su potencial erosivo, ya que a veces toda la precipitación anual ocurre en un solo evento localizado.

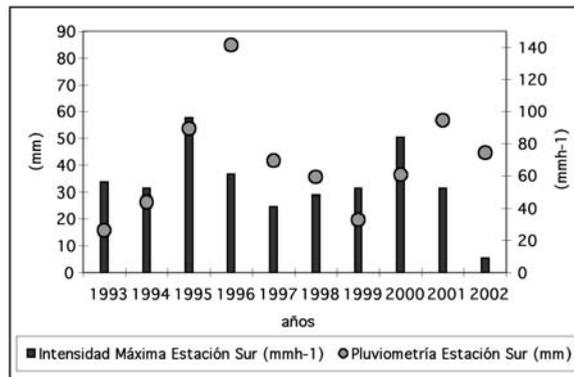


FIGURA 3.-Distribución anual de la Pluviometría e Intensidad Máxima en la estación Sur

Con estas condiciones de lluvia diferencial en una y otra zona, la producción de sedimentos y generación de escorrentía en las parcelas, ha de ser diferente, teniendo en cuenta además las peculiaridades de los suelos.

En los Andosoles los porcentajes de escorrentía oscilan entre el 2% y el 30% de la precipitación en suelo desnudo (Figura 4), lo que indica una elevada capacidad de infiltración en los horizontes superficiales de estos suelos, que aumenta cuando existe una cubierta vegetal, donde los porcentajes de escorrentía no superan el 0.6% de la pluviometría total, independientemente de la cantidad e intensidad de ésta. En consecuencia las tasas de erosión presentan también una elevada variabilidad interanual (Tabla 1), habiéndose producido una pérdida de suelo media en la parcela sin vegetación de 9.0 t a^{-1} , mientras que en las parcelas con vege-

tación, la pérdida de suelo ha sido prácticamente nula.

En estas condiciones las mayores tasas de erosión no presentan una relación clara ni con las lluvias más intensas, ni con las puntas de generación de escorrentía.

La mayor producción de sedimentos y escorrentía tiene lugar con las lluvias que caen sobre el suelo seco. Dada la conocida hidrofobicidad de los horizontes orgánicos superficiales de los andosoles, con el suelo seco se genera una elevada escorrentía que arrastra los agregados de la superficie del suelo desnudo, independientemente de la intensidad de la lluvia caída.

Luego de la lenta humectación del suelo, la velocidad de infiltración elevada y sobre todo, la alta capacidad de retención de agua de estos suelos, hacen que la generación de escorrentía sea muy baja y sólo se produzca ésta con ocasión de lluvias de alto volumen

TABLA 1.- Valoración anual y global de la pluviometría y la erosión

Años	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Media
Estación Zona Norte											
Pluviometría											
P (mm)	870	443	511	667	811	403	889	627	396	631	625
Imax(mm ^h - ¹)	60	31	242	84	45	52	82	43	43	14	242
R media (Mjha ⁻¹ mmh ⁻¹)	828	398	342	497	959	435	1220	886	218	383	617
Producción de sedimentos (tha ⁻¹ año ⁻¹)											
S. desnudo	28.9	8.7	5.6	17.4	14.9	3.0	9.5	0.8	0.4	0.4	9.0
Vegetación de susti- tución	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pinar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Generación de escorrentía (mm)											
S. desnudo	94.4	80.9	156.3	155.9	105.6	77.4	70.4	5.5	5.0	3.3	75.4
Vegetación de sustitución	5.5	1.3	0.7	2.3	1.4	0.8	1.2	0.6	0.4	0.6	1.5
Pinar	3.2	0.7	0.7	1.5	1.3	0.5	1.8	0.9	0.8	1.2	1.3
Estación Zona Sur											
Pluviometría											
P (mm)	26.2	43.8	89.4	141.5	69.5	59.1	33.0	60.7	94.6	74.4	69
Imax(mm ^h - ¹)	33.6	31.2	57.6	36.6	24.7	28.8	31.2	50.4	31.2	5.4	58
R media (Mjha ⁻¹ mmh ⁻¹)	-	-	6.5	9.5	12.6	14.8	20.5	123.9	69.6	31.6	29
Producción de sedimentos (tha ⁻¹ año ⁻¹)											
S. desnudo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.01	0.04
Vegetación de sustitución	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.04	0.0	0.0	0.00
Generación de escorrentía (mm)											
S. desnudo	0.14	0.11	2.6	4.5	3.3	0.14	0.80	1.6	0.64	2.9	1.7
Vegetación de sustitución	0.03	0.03	2.6	3.8	3.5	0.71	0.27	1.3	0.27	2.6	1.5

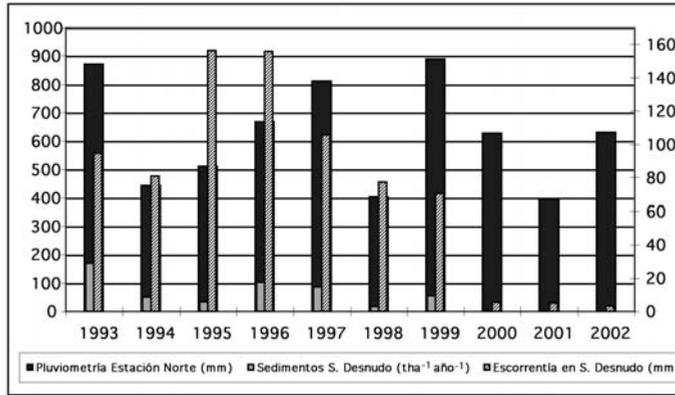


FIGURA 4.-Erosión y escorrentía en la parcela con suelo desnudo de la estación Norte

de agua caída (independientemente de su intensidad) que entonces arrastra mediante flujo laminar los agregados humectados que han sido fragmentados por el impacto de gota de lluvias previas de elevada intensidad (Rodríguez Rodríguez *et al.*, 2002b) (Figura 5). La hipótesis que se ha sugerido (Rodríguez Rodríguez *et al.*, 2002c) es que la

erosión laminar en los andosoles tiene lugar mediante un mecanismo que en ningún caso supone la dispersión de las partículas previa a su movilización por el flujo, sino que las partículas se movilizan en forma de pequeños agregados (<0.5 mm) altamente estables a la dispersión.

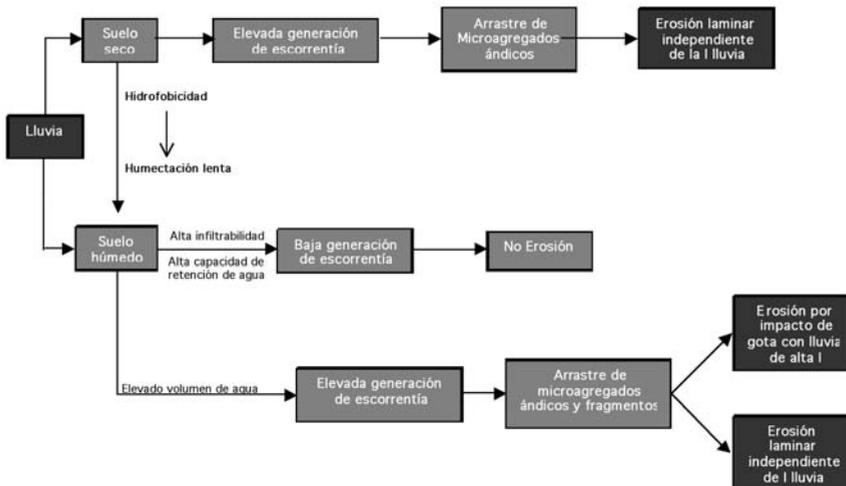


FIGURA 5.-Interpretación del ciclo erosivo en Andosoles

En los Calcisoles pétricos los porcentajes de escorrentía son siempre inferiores al 5% de la pluviometría total (media de 1.9% en la parcela con suelo desnudo y 1.6% en la parcela con vegetación natural) y la generación de sedimentos prácticamente nula en ambas parcelas, independientemente de la cantidad de lluvia y de la intensidad de los eventos lluviosos y más en relación con el estado de la superficie del suelo y con la humedad antecedente.

Si como hemos dicho, las lluvias se producen en esta zona de manera esporádica y errática pero con fuerte intensidad, es probable que la erosión en estas condiciones no sea un proceso continuo como lo es en el caso de los andosoles de la zona norte, sino que ocurre de modo muy discontinuo en el tiempo, a manera de pulsos, teniendo importancia cuantitativa sólo en determinados años o en algunos episodios tormentosos, cuando se dan determinadas circunstancias de humedad y estado de la superficie del suelo.

Este tipo de suelos, salinos y limosos, tienen una elevada capacidad para formar una costra de sellado superficial de hasta 1.5 cm de espesor, con ocasión de las débiles lluvias que suelen preceder a los eventos lluviosos

de mayor intensidad. El sellado generado por estas lluvias, produce una reducción drástica de la infiltración en el momento de las lluvias más intensas y se genera entonces una importante escorrentía, que circula en flujo laminar sobre la costra de sellado, la cual al presentar una alta resistencia mecánica al corte, no se desagrega ni se separan de ella partículas sólidas, por lo que la mayoría de los eventos pluviométricos generan una alta escorrentía pero no producen erosión.

Sólo en los casos poco frecuentes de que hayan varios episodios lluviosos consecutivos de fuerte intensidad, se generan sedimentos por erosión laminar en el interior de las parcelas, ya que la costra de sellado pierde su estabilidad por humectación, llegando a disgregarse en partículas individuales que son arrastradas por el flujo laminar (Figura 6).

Sin embargo en la mayoría de estos suelos se observa una intensa morfología erosiva en regueros y pequeñas cárcavas que no corresponden a la erosión laminar detectada en las parcelas. En estos casos ocurre que, al aumentar la longitud de la pendiente (longitudes muy superiores a las dimensiones de la parcela) el flujo laminar se concentra en arroyadas al aumentar su velocidad y turbulencia,

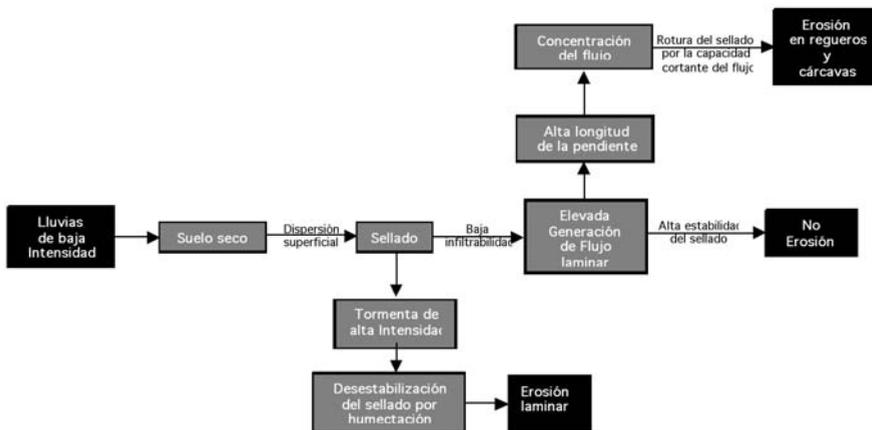


FIGURA 6.-Interpretación del ciclo erosivo en Ardisoles

las cuales se dirigen hacia los canales de desagüe abiertos ya en estas laderas o abren nuevos surcos y regueros, ya que la arroyada alcanza la fuerza cortante suficiente para romper el sellado superficial, que progresan a cada evento lluvioso siguiendo una dinámica típica de cárcavas.

CONCLUSIONES

En los ardisoles del sur de la isla donde a diferencia de lo que ocurre en los andosoles forestales del norte, la erosión predominante es en flujo concentrado generado en pendientes largas, las parcelas experimentales no parecen ser las instalaciones adecuadas para evaluar las pérdidas de suelo por erosión, aunque si pueden proporcionar información sobre la dinámica del flujo laminar superficial y sobre los mecanismos de iniciación de la escorrentía, en unas zonas donde los recursos hídricos proceden fundamentalmente de los aprovechamientos de las ecorrentías superficiales.

Esta es una diferencia importante en el modelo de gestión de los recursos de agua respecto a las áreas con andosoles, donde deben favorecerse los procesos de infiltración y de recarga de los acuíferos, ya que en estos casos las captaciones de agua son siempre subterráneas.

También el diseño de medidas de lucha contra la erosión debe ser diferente, ya que en los andosoles del norte deben predominar las medidas biológicas y agronómicas que mantengan una cubierta vegetal permanente sobre el suelo, que disminuya la energía cinética de las gotas de agua principal agente desencadenante de la erosión laminar que predomina en estas áreas, y mejore la infiltración y recarga de los acuíferos. En los ardisoles del sur, las medidas de control de la erosión deben encaminarse a métodos mecánicos que acorten la longitud de la pendiente, evitando la aceleración y concentración del flujo, principal agente del inicio de los procesos erosivos en

regueros y cárcavas predominantes en estas zonas y al encauzamiento y aprovechamiento de las escorrentías superficiales concentradas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Convenio "Contribución española al desarrollo de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación: I-Red de cuencas y parcelas experimentales de seguimiento y evaluación de la erosión y desertificación de la Universidad de La Laguna" entre el Ministerio de Medio Ambiente y la Universidad de La Laguna.

REFERENCIAS

- Rivas-Martínez, S., Wildpret, W., Díaz, T.E., Pérez de Paz, P.L., Del Arco, M. and Rodríguez, O. 1993. Outline vegetation of Tenerife Island (Canary Islands). *Itinera Geobotánica*, 7: 5-168.
- Rodríguez Rodríguez, A. 2001. Erosión y desertificación. In: Fernández-Palacios, J. M. and Martín Esquivel, J.L. (Editores), *Naturaleza de las Islas Canarias. Ecología y Conservación*. Turquesa Ediciones, Santa Cruz de Tenerife, Spain. pp.317-321.
- Rodríguez Rodríguez, A., Jiménez, C.C. y Tejedor, M.L. 1998. Soil degradation and desertification in the Canary Islands. In: Rodríguez Rodríguez, A., Jiménez, C.C. and Tejedor, M.L. (Editors), *The soil as a strategic resource: Degradation processes and conservation measures*. Geofoma Ediciones, Logroño, Spain. pp. 13-22.
- Rodríguez Rodríguez, A., Arbelo, C.D., Guerra, J.A. y Mora, J.L., 2002a. Erosión hídrica en Andosoles de la Islas Canarias. *Edafología*, 9(1), 23-30.
- Rodríguez Rodríguez, A., Gorrín, S.P., Guerra, J.A., Arbelo, C.D. y Mora, J.L.,

- 2002b. Mechanisms of soil erosion in andic soils of the Canary Islands. In: J. Juren (Editor), Sustainable utilization of Global Soils and Water Resources, Tsinghua University Press, Beijing, Vol. I, 342-348
- Rodríguez Rodríguez, A., Guerra, J.A., Gorrín, S.P., Arbelo, C.D. y Mora, J.L., 2002c. Aggregates stability and water erosion in Andosols of the Canary Islands. *Land Degradation and Development*, 13:515-523
- Soil Survey Staff, 1999. Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys, 2nd Edition, USDA-NRCS-US Gov. Printing Office, Washington, DC.
- Wischmeier, W.H., Johnson, C.B. and Cross, B.V., 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*, 26 (5): 189-193
- WRB. 1998. World Reference Base for Soil Resources. FAO, ISRIC, ISSS, Rome.

