

# ESTIMACION DE LA EROSION HIDRICA EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA, ARGENTINA

M.J. MASSOBRIO<sup>(1)</sup>; A.E. MAGGI<sup>(1)</sup> y O.J. SANTANATOGLIA<sup>(1)</sup> *Ex-aequo*

Recibido: 12/08/97

Aceptado: 26/12/97

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo, fue obtener un diagnóstico rápido del riesgo intrínseco del sistema natural y su potencialidad a la degradación por erosión hídrica con distintos sistemas de uso en una escala de reconocimiento para la provincia de La Pampa. Para ello se aplicó la Metodología Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos (F.A.O. 1980).

La valoración del riesgo de erosión considera las características intrínsecas naturales (agresión climática, resistencia edáfica y la topografía). La valoración de la erosión potencial toma en cuenta además el factor uso de la tierra, suponiendo su permanencia en el tiempo.

La información básica se obtuvo del "Inventario Integrado de los Recursos Naturales de La Pampa" Cano *et al* (1980) y de las Estadísticas Meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional 1921-1980.

La Región Oriental es la más susceptible a los procesos de degradación por erosión hídrica potencial (9.83 - 14.12 Mg.ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>). En ella se combinan la mayor agresividad climática con una baja capacidad de resistencia del factor suelo, favorecido por el uso agrícola de secano. Por lo tanto debe considerarse un uso y manejo adecuado de la misma, aún cuando estos valores son moderados.

Es una metodología sencilla y expeditiva para determinar los procesos de degradación en grandes áreas, en países en vías de desarrollo, ya que requiere datos simples de campo para su implementación.

**Palabras claves:** erosión hídrica, riesgo de erosión, erosión potencial.

## ESTIMATION WATER EROSION IN LA PAMPA ARGENTINE

### SUMMARY

The motivation of this study in the La Pampa province was the establishment of a quick diagnostic system of the intrinsic risk of natural system degradation by water erosion. Therefore the F.A.O. provisional methodology of soil degradation evaluation was used.

The erosion risk assessment takes into account natural characteristics like climatic aggression, soil resistance and a topographic factor. The potential erosion assessment also consider the land use factor, which supposes the same land use during long periods.

The basic information was obtained from the "Inventory Integrity of Natural Resource from La Pampa" (1980) and The Meteorological Statistics of the National Meteorological Service 1921-80.

The eastern region of the La Pampa province has the highest potential to be degraded by water erosion. There are combined the highest climatic aggression, the least resistance of the soil factor and the dry land farming practices. Eventhough there are moderate values obtained, there must be considered adequate land use and management.

For extensive areas in developing countries, this methodology is expeditions for the estimation of degradation processes, because it can be carried out with simple dates.

**Key words:** water erosion, scale, erosion risk, potential erosion.

<sup>1</sup>Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453 -Capital Federal- C.P. 1417

## INTRODUCCION

El análisis de los grados de los procesos degradatorios en la Argentina es sumamente importante, ya que esa información básica es fundamental para desarrollar estrategias y aplicar distintas normas de conservación a nivel provincial, regional y de explotación agropecuaria, que permitan controlar y/o prevenir los desequilibrios ecológicos producidos por el hombre.

El actual incremento de las precipitaciones en la región semiárida, y en particular en la provincia de La Pampa, incentivó un corrimiento de la frontera agropecuaria. (Ponce de León 1987); (Sierra *et al*, 1995). Es por ello de vital importancia valorar el riesgo y la potencialidad del deterioro de los recursos naturales para determinar los límites en los cuales se pueden ejecutar actividades dentro de un plan de desarrollo sustentable en un sistema frágil como la provincia de La Pampa. (Viglizzo *et al*, 1989, 1991); (Santanatoglia *et al*, 1996).

La metodología F.A.O. (1980) es promisoría para obtener un diagnóstico y monitoreo de los procesos de degradación. Se utiliza internacionalmente en Egipto (Gad *et al*, 1994); México; (A. Aguirre G. y R. Martínez, 1994); y en sudamérica (D. Saintraint *et al*, 1994). En la Argentina distintos autores han aplicado con éxito esta metodología: Del Valle y Coronato, (1984); Santanatoglia *et al* (1992); Massobrio *et al* (1993); Torres y Fernández (1996); Ferrer *et al* (1984), quienes han introducido modificaciones a algunos de los factores para poder ser usada en escalas de mayor detalle.

## MATERIALES Y METODOS

La provincia de La Pampa se ubica aproximadamente entre los 63° 30' y los 68° de longitud oeste y los 35° y 39° de latitud sur.

Se la puede caracterizar en tres regiones hídricas calculadas mediante el índice hídrico de Thornthwaite: al este y noreste de la misma es subhúmeda seca, en el centro y sur semiárida y al oeste y suroeste árida.

**Descripción general del área:** Fisiográficamente en la provincia puede distinguirse cuatro regiones cuyas características pueden resumirse del Inventario Integrado de los Recursos Naturales de La Pampa (Cano *et al*, 1980):

En la Región Occidental el clima es árido a semiárido. En el paisaje se encuentra planicies, pendientes, cola-

das basálticas, paleocauces. Los suelos tienen una génesis de poca evolución (Aridisoles) y la vegetación presente es de arbustales abiertos bajos y matorrales semidesérticos.

A la Región Central le corresponde un clima semiárido. En el paisaje se encuentra médanos, cordones arenosos, planicies arenosas, mesetas residuales. Los suelos son algo evolucionados, con poca diferenciación de horizontes, predominando los Entisoles. La vegetación más representativa es de pastizales sammófilos, matorrales halófilos, arbustales perennifolios y bosque abierto caducifolio.

La Región Oriental posee un clima subhúmedo a seco. En el paisaje dominan mesetas, valles, colinas y planicies. Los suelos son genéticamente evolucionados, con diferentes horizontes, predominan Molisoles. La vegetación es de cultivos, pastizales bajos, bosque abierto caducifolio, pastizal sammófilo.

Por último, la Región Meridional tiene un clima semiárido. El paisaje posee sierras, mesetas, depresiones, bajos sin salida. Los suelos predominantes son Molisoles y Entisoles. La vegetación es de arbustales perennifolios, pastizales bajos, pastizales sammófilos y bosque abierto caducifolio.

Los principios fundamentales de la metodología F.A.O. 1980 son:

- La evaluación de los riesgos de erosión alcanzan su máxima utilidad cuando se eliminan todos los factores relativamente inestables es decir, la vegetación natural y el uso de la tierra no son considerados.

- La degradación de los suelos se considera un proceso dinámico, actualmente en evolución y no un estado alcanzado como consecuencia de una cierta historia de un lugar dado.

El riesgo de erosión hídrica se estimó a través de la fórmula paramétrica:  $C \times S \times T$  y la erosión hídrica potencial como:

$C \times S \times T \times V$  siendo:

C = factor climático; S = factor suelo; T = factor topográfico y V = factor de vegetación.

Factores que considera la metodología F.A.O. 1980 en la evaluación de la erosión hídrica:

a) **Clima:** Las comprobaciones experimentales mostraron la existencia de una mayor correlación entre la pérdida de suelo y el producto de la energía cinética y los 30 minutos de máxima intensidad de lluvia. Este índice es universalmente conocido como E130 de Wischmeier. Experiencias en la India, Indonesia, Nigeria, Marruecos y Turquía han demostrado excelente correlación entre E130 y la pérdida de suelo (Bergsma, 1981) y en Australia Yu y Rosewell (1996). A pesar de su innegable objetividad científica el índice de Wischmeier es inaplicable en regiones carentes de registros pluviográficos, como en el caso particular de

la provincia de La Pampa. Para obviar esta limitación de países en vías de desarrollo F.A.O. (1980) elaboró un índice climático a partir de simples datos pluviométricos. El mismo se basó en trabajos de Fournier (1960) modificado por Arnoldus (1974):

Índice Climático:

$$C = \sum_1^{12} p^2/P$$

Siendo:

p: precipitación mensual. P: precipitación anual.

Valoraciones de C:

Ligero	0-50
Moderado	50-500
Alto	500-1000
Muy Alto	+ 1000

Análisis de sensibilidad de la metodología para el factor C:

Dado que en los últimos años las precipitaciones anuales se han incrementado en particular en la provincia de La Pampa (Ponce de León, 1987); (Viglizzo, 1989, 1991); (Glave, 1993); (Sierra *et al* 1995) se analizó el efecto de dicha variación en el factor de agresión climática.

Para ello se comparó los valores usados en este trabajo (Atlas Climático de la República Argentina 1960, datos de (1921-1950); con las estadísticas climáticas del Servicio Meteorológico Nacional (series 1951-60/1961-70/1971-80). Se eligieron tres áreas muestras que reflejaran la problemática del proceso erosivo en situaciones de máximo y mínimo riesgo de erosión.

b) **Suelo:** Para la determinación del factor de erodabilidad del suelo K, se utilizó el nomograma de Wischmeier-Smith 1978.

c) **Topografía:** se utilizó el ángulo del declive dominante tal como lo sugiere la metodología siendo su valoración:

Declive Dominante	0-8	0-20	8-30	8-+30	+30
Valoración	0,35	2,0	3,5	8	11

d) **Factor Uso de la Tierra:** La metodología F.A.O.(1980) le asignó un valor paramétrico solamente a aquellas clases que aparecen en el World Atlas of Agriculture 1969. La vegetación interviene en la erosión hídrica principalmente por el porcentaje en que cubre el suelo:

1- Tierras de cultivo:

1.1 Areas con lluvias muy estacionales	0,8
1.2 Areas más húmedas sin largas estaciones secas.	0,4

2- Praderas, prados, pastizales, bosques y montes.

Porcentaje de cubrimiento del suelo.

0-1 1-20 20-40 40-60 60-80 80-100

Praderas, prados y pastizales	0,45	0,32	0,20	0,12	0,07	0,02
-------------------------------	------	------	------	------	------	------

Bosque con sotobosque apreciable	0,45	0,32	0,18	0,16	0,01	0,006
----------------------------------	------	------	------	------	------	-------

Bosque sin sotobosque apreciable	0,45	0,32	0,20	0,10	0,06	0,01
----------------------------------	------	------	------	------	------	------

Los rangos de pérdida de suelo que fija el método propuesto por F.A.O. (1980) son los siguientes:

kg.m <sup>-2</sup> .año <sup>-1</sup>	Mg.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup>	Erosión hídrica y/o cólica
menor de 1	< 10	ninguna a ligera
1-5	10-50	moderada
5-20	50-200	alta
mayor de 20	> 200	muy alta

Para determinar la validez de los resultados obtenidos de la aplicación de esta metodología, se comparó el porcentaje de superficie afectada con síntomas de erosión hídrica laminar, en surcos y/o cárcavas por análisis visual a campo, en las distintas subregiones de la provincia de La Pampa. Por otra parte los datos fueron confrontados con el porcentaje de superficie afectada con distintos grados de erosión publicados por F.E.C.I.C. (1988).

### RESULTADOS Y DISCUSION

En los cuadros N° 1, 2, 3 y 4 se observan las pérdidas de suelo en Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, que reflejan el riesgo de erosión y la erosión potencial y resultan de la aplicación del método en cada una de las unidades cartográficas de las distintas subregiones.

**Riesgo de Erosión:** Para la provincia de La

Cuadro N° 1. Riesgo de erosión hídrica (RE) y erosión hídrica potencial (EP). Región Occidental

R e g i ó n	subregión	unidad cartográfica	R.E. Mg. ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	E.P. Mg. ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
O C C I D E N A L	de la Pediplanicie	de la Pediplanicie	2,45	0,05
	Pendiente del Atuel	pendiente alta	19,6	2,35
		pendiente baja	24	1,68
	Pediplanicie con coladas lávicas	de las coladas lávicas propiamente dichas	1,94	0,14
		de los bajos sin salida	1,94	0,14
		de los bajos sin salida con manantiales y lagunas	1,35	0,09
	Terrazas y Paleocauces con Rodados de vulcanita	terrazas e interfluvios de los antiguos cauces del Río Colorado.	1,42	0,10
		de los antiguos cauces del Río Colorado	1,42	0,10
		de las Calizas Silicificadas	0,47	0,03
		Misceláneo fuertemente inclinado alta pedregosidad	0,47	0,06
de los rodados de vulcanita del Río Colorado		1,4	0,17	

**Riesgo de Erosión:** Para la provincia de La Pampa los valores fluctúan de moderados a ligeros, (40.83 - 0.47 Mg. ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>).

El mayor valor corresponde a la subregión de la zona de influencia de las sierras de Lihuel Calel, en ella concurren altas precipitaciones, con baja resistencia del factor suelo y un gradiente de la pendiente importante.

El menor valor se halla en la subregión de las terrazas y paleocauces con rodados de vulcanita por su alta capacidad de resistencia de los materiales (pedregosidad y calizas silicificadas) perteneciente a la región occidental. (ver cuadros N°1 y 3).

**Erosión Potencial:** Los grados de erosión hídrica fluctúan en toda la provincia entre (11,3 - 0,03 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) en la región occidental en la subregión de las terrazas y paleocauces con rodados de vulcanita y la más alta que corresponde a la región oriental en la subregión de la planicie con tosca (11,29 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) (ver cuadros N° 1 y 3). Dichas diferencias se deben fundamentalmente a una mayor agresión climática, por una menor resistencia del factor suelo y por una baja protección vegetal.

Es interesante destacar que para esta escala de trabajo el máximo valor alcanzado por la erosión

Cuadro N° 2 Riesgo de erosión hídrica (RE) y erosión hídrica potencial (EP). Región Central

Región	subregión	unidad cartográfica	R.E. Mg. ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	E.P. Mg. ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
CENTRAL	de las acciones eólicas con formación de cordones medanosos, médanos y planicies arenosas	de los médanos y de los cordones medanosos	2,14	0,15
		de los médanos adyacentes al Río Salado	2,14	0,15
		de las planicies arenosas	2,14	0,13
	de las acumulaciones arenosas combinadas con mesetas residuales	de los médanos	2,84	0,20
		de las planicies medanosas con tosca	9,45	0,19
		de las planicies limo-arenosas y areno-limosas	8,13	0,80
	aluvial con modelado eólico posterior	llanura aluvial con modelado eólico posterior	5,95	0,42
	llanura aluvial del Atuel-Salado	Aluvial Atuel-Salado y del Río Colorado	7,29	0,51

potencial es de (11.29 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); siendo esta una pérdida de suelo moderada.

En la región central en ninguna de las subregiones los valores de riesgo de erosión hídrica y erosión hídrica potencial obtenidos superan las (10 Mg. ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), correspondiendo a una pérdida ligera a nula.

Si bien las subregiones de las Sierras de Lihuel Calel en la región meridional y la pendiente del Atuel Salado en la región occidental alcanzan valores moderados de riesgo de erosión hídrica, al considerar su vegetación y el uso y explotación potencial, la erosión es atenuada en la segunda de las nombradas por la escasa precipitación y en ambos casos por la cobertura vegetal presente.

En la región central: en la subregión de las acumulaciones arenosas combinadas con mesetas

residuales, la variación fue de un incremento del 12,58% del factor C para el treintenio 51-80.

En la región occidental: en la subregión de la pedi-planicie, la variación hallada fue del 44,4% de incremento del factor C para el treintenio 51-80 respecto del usado para el cálculo (21-50).

Se observa un incremento porcentual significativo en los valores alcanzados por este factor a medida que la subregión considerada se localiza más al oeste de la provincia, lo que mostraría un incremento diferencial de la precipitación.

A pesar del importante aumento en el valor del factor C, al calcularse usando registros del treintenio 51-80 respecto del usado en los cálculos (21-50), este no modificó la ubicación de cada una de las unidades cartográficas en las distintas categorías de riesgo de erosión y erosión potencial asignados.

Cuadro N° 3. Riesgo de erosión hídrica (RE) y erosión hídrica potencial (EP). Región Oriental

Región	subregión	unidad cartográfica	R.E. Mg. ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	E.P. Mg. ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
C E N T R A L	Planicie con tosca	de la planicie Realicó-Arata	12,71	10,17
		de la planicie con tosca Castex-Winifreda	14,12	11,3
	Planicie	de la planicie medanosa con cubetas	11,93	9,54
	medanosa	de la planicie medanosa ondulada	10,4	8,32
		de las colinas y lomas	10,4 12,08	8,32 0,24
	Mesetas y	de los médanos y valles transversales	12,37	0,87
		Valles	de las mesetas relictos de relieve plano	10,76
	de la pendiente de los valles transversales		13,17	0,92
	de las mesetas relictos terminales		11,69	0,70
	de las mesetas planas		9,83	7,86
11,87			0,83	
de las mesetas ligeramente inclinadas	9,83	7,86		

### CONCLUSIONES

La Región Oriental de la provincia de La Pampa es la más susceptible a los procesos de degradación por erosión hídrica potencial (9,83 - 14,12 Mg. ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>). En ella se combinan las mayor agresividad climática con una baja capacidad de resistencia del factor suelo, favorecido por el uso agrícola de secano. Por lo tanto debe conside-

rarse un uso y manejo adecuado de la misma, aún cuando estos valores son moderados.

En la provincia de La Pampa, para la mayoría de las unidades cartográficas, la capacidad de resistencia del factor suelo es el principal determinante del riesgo de erosión hídrica.

La metodología F.A.O. (1980) es sencilla y expeditiva para determinar los procesos de de-

Cuadro N° 4. Riesgo de erosión hídrica (RE) y erosión hídrica potencial (EP). Región Meridional

Región	subregión	unidad cartográfica	R.E. Mg. ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	E.P. Mg. ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
M E R I D I O N A L	de las mesas depresiones y bajos sin salida	mesetas relictos	5,69	0,40
		de pendientes y bajos sin salida	5,56	0,06
	Lihuel Calel	sierras y zona de influencia	40,8	2,86
		de los bajos salinos	sin datos	sin datos
	de las planicies y lomas recubiertas con tosca	de las lomas con tosca y diseño dendrítico	7,02	0,49
		de las vías de drenaje con tosca	4,84	0,10
		mesetas relictos	sin datos	sin datos
	de las mesetas y depresiones alargadas	de las mesetas alargadas	5,22	0,37
		del sector ondulado próximo a Anzoategui y La Adela	3,85	0,08
		de los médanos y valles transversales	4,72	0,33

Del análisis de sensibilidad para C surgen los siguientes resultados:

En la región oriental: en la subregión de la planicie medanosa la variación encontrada fue de un aumento del 7,41% del factor C para el treintenio 51-80.

gradación en grandes áreas de países en vías de desarrollo, ya que requiere datos simples de campo para su implementación.

A esta escala de trabajo y en las regiones no agrícolas, fue más importante como factor de disipación de la energía de agresión climática el porcentaje de cobertura que el tipo fisonómico de la vegetación.

A pesar del incremento del factor C cuando se consideró el treintenio 51-80 respecto del usado en el cálculo (21-50) en la provincia de La Pampa, no cambió la categoría de riesgo de erosión y erosión potencial asignadas a las distintas unidades cartográficas.

#### BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE G. A. and L.M. MARTINEZ R. 1994. Mapping soil erosion rates in Autlan, Jalisco, México. 15th World Congress of Soil Science Acapulco México 7b:227.
- ARNOLDUS H.M.J. 1974. Soil erosion: a review of processes and assessment techniques. 1-53 FAO/UNEP Expert Consultation on Soil Degradation, Roma.



- ARNOLDUS H.M.J. 1978. An approximation of the rainfall factor in the universal soil loss equation. In assesment of Erosion. M.de Boodt and D. Gabrields (eds.) John Willey and Son, New York.
- BERGSMAN F. 1981. "Indices of rain erosivity", ITC Journal 1981-4:460-484.
- CABRERA A.L. 1953. Esquema fitogeográfico de la República Argentina, *Revista Museo La Plata* (nueva serie) VIII Botánica (3):87-168.
- CABRERA A.L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. Enc. Arg. Agr. y Jard. Tomo II, Fasc. 2 Acmé Bs. As.
- CANO E.; J.C. SALAZER-LEA PLAZA; A. PEÑA SUBIAJE; D. MALDONADO PINEDO; H. MARTINEZ; B. FERNANDEZ y M. MONTES. 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia La Pampa. 1-493. INTA-Univ. Nac. La Pampa.
- COMANDO DE REGIONES AÉREAS-SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL FAA. Estadísticas Climatológicas 1951-1960, 1961-1970 y 1971-1980.
- COVAS G. 1964. Los territorios fitogeográficos de la provincia de La Pampa. *Apuntes para la flora de La Pampa* N° 4 INTA Anguil.
- DEL VALLE M., y F. CORONATO 1984. Evaluación de los procesos degradatorios de las cuencas hidrográficas de la provincia de Chubut. Aplicación de la metodología provisional de la F.A.O. En seminario de la Metodología Regional del Proceso de Desertificación (Desertización en Patagonia) pp 2-66 Univ. Nac. del Comahue.
- F.A.O. 1974. Evaluación mundial de la degradación de los suelos. *F.A.O.MR/F* 3951.
- F.A.O. 1978. Report on a meeting or the working group on soil degradation assessment methodology. *F.A.O. M/L* 6529.
- F.A.O. 1980. Metodología Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos. pp 1-86 F.A.O. Roma.
- FECIC 1988. El deterioro del ambiente en la Argentina. INTA.
- FERRER J.; J.A. IRISARRI y R. MENDIA. 1984. Degradación de los suelos en la alta cuenca del Río Neuquen. Aplicación de la metodología de la F.A.O. En seminario de la Metodología Regional del Proceso de Desertificación (Desertización en Patagonia) pp 67-86 Univ. Nac. del Comahue.
- FOURNIER F. 1960. Climat et érosion: la relation entre l' érosion du sol par l' eau et les précipitations atmospheriques. pp 1-201 Presses Univer sitaires de France.
- GAD A.; H. YOUNES and M.A. ABDEL HADY 1994. Assessment of soil degradation processes in the middle part of Nile-valley. Egypt. using GIS and remote sensing techniques. 15th World Congress of Soil Science Acapulco México 7b:217.
- GLAVE A.E. 1993. Los excesos hídricos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires y sudeste de La Pampa. pp 1-30 Inta Bordenave Inédito.
- LAMDSBERG H.E. 1972. Present world survey of climatology pp1-15 Elsevier.
- MASSOBRIO M.J.; A.E. MAGGI y O.J. SANTANATOGLIA. 1993. Análisis de los grados de riesgo de degradación física y biológica en la región Oriental de la Provincia de La Pampa aplicando la metodología de F.A.O. En Actas del XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mendoza 1993.
- PONCE de LEON, E.J. 1987. La tendencia secular de las precipitaciones en Guatrache. Santa Rosa y General Pico. La Pampa. *Rev. Fac. Agronomía U.N. L.Pampa* 2 (2):83-93 Santa Rosa.
- SANTANATOGLIA O.; S. NAVONE; M.MASSOBRIO y A.MAGGI. 1992. Inventario de los Grados de Erosión Eólica a escala 1:500.000 de la provincia de La Pampa utilizando la metodología de F.A.O. *Rev.Fac.Agronomía*, 13 (1):77-90.
- SANTANATOGLIA O.J.; S. NAVONE; M. MASSOBRIO y A. MAGGI. 1996. Metodología cartografica para la degradación/desertificación de los suelos y su monitoreo usando imágenes satelitales TM. Actas XV Congreso Argentino Ciencia del suelo 1:291.
- SAINTRAIT D.; P.H.M. Sloot and K. MORIMOTO. 1994. Potencial erosion in Argentina, Bolivia, Brazil, Chile y Paraguay according to the Arnouldus model. 15th World Congress of Soil Science Acapulco México 7b:245.
- SIERRA E.M., R.HURTADO, L.SPESCHA, I.BARNATAN y C.MESSINA. 1995. Corrimiento de las isoyetas semestrales medias decenales (1941-1990) en la Región Pampeana *Rev. de la Fac.Agronomía UBA*, 15 (2-3):137-144.



- SIERRA E.M., M.CONDE PRAT y S.PEREZ. 1995. La migración de cultivos de granos como indicador del cambio climático 1941-93, en la región pampeana Argentina. *Rev. Fac. Agronomía UBA*. 15 (2-3):161-171.
- TORRES C.G. y G.S. FERNANDEZ. 1996. Erosión actual de los suelos en la Puna de Jujuy Argentina. Actas XV Congreso Argentino Ciencia del suelo 1:219.
- UNIV. NAC. DEL COMAHUE. 1984. Metodología Regional del Proceso de Desertificación. 1-375. Desertización en Patagonia.
- VIGLIZZO E.F., y Z.E. ROBERTO 1989. Diversification, productivity and stability of agroecosystem in the semi-arid pampas of Argentina. *Agric. Syst.* 31:279-290.
- VIGLIZZO E.F., y Z.E. ROBERTO 1991. Evolución y tendencia del agroecosistema en la región semiárida. Juicio a Nuestra Agricultura hacia el Desarrollo de una Agricultura Sostenible. pp 85-99 INTA Ed. Hemisferio Sur.
- WISCHMEIER W.L., y J.V. MANNERING 1969. Relation of soil properties to its erodibility. *Proceedings Soil Science Am.* 33:133-13.
- WISCHMEIER W.H., C.B. JOHNSON and B.V. CROSS 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *J. Soil and water conservation* 26:189-193.
- WISCHMEIER W.H., and D.D. SMITH 1978. Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning U.S. Department of Agriculture. *Agriculture Handbook* N°537 U.S.A.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION 1983. Meteorological Aspects of Certain Processes Affecting Soil Degradation Especially Erosion. *Technical Note* N°178 U.S.
- YU B. and C.J. ROSEWELL 1996. A robust estimator of the R-factor for the universal soil loss equation. *Trans. of the ASAE* 39(2):559-561.