

# DETERMINACION DE DISTINTOS GRADOS DE EROSION EOLICA MEDIANTE PROCESAMIENTO AUTOMATICO DE IMAGENES SATELITARIAS

STELLA MARIS NAVONE, O.J. SANTANATOGLIA y A.E. MAGGI<sup>(1)</sup>

Recibido: 13/08/94

Aceptado: 05/12/95

## RESUMEN

Debido a la gran extensión de las zonas áridas y semiáridas en la Argentina y al difícil acceso a muchas de ellas no es fácil realizar un buen diagnóstico de los procesos de degradación que allí se manifiestan.

Como posible solución a este problema y como objetivo del presente estudio se propone hallar, un producto que permita separar correctamente los grados de erosión eólica en un área con monte de la Provincia de La Pampa, en escala de semidetalle a través del procesamiento automático de imágenes satelitarias (MSS Multi spectral scanner o Thematic Mapper, TM).

Para este objetivo se aplicaron diferentes algoritmos a las imágenes obtenidas por los sensores MSS y TM (Landsat 5), posteriormente se comparó con la realidad de campo en cada una de las áreas muestras analizadas en las imágenes. Se concluye que los productos que mejor separan los distintos grados de erosión eólica son los obtenidos por Clasificación Supervisada (Máxima Verosimilitud) y por Indices Verdes.

**Palabras clave:** imágenes satelitarias - procesamiento automático - erosión eólica; semiárido - La Pampa.

## RESOLUTION OF DIFFERENTS WIND EROSION GRADES BY MEAN OF MULTIESPECTRAL IMAGE AND COMPUTER AIDED DATA PROCESSING TECHNIQUES

### SUMMARY

The arid and semiarid regions of Argentine are wide and extensive. The accesses are sometimes difficult, thus the accurate diagnostic of degradation processes is complex.

In this research, multispectral image and computer aided data processing techniques were used to separate different wind erosion degrees in La Pampa province at a semidetailed scale.

As a result of the use of different algorithms we obtained special Landsat imagery products. They were checked out in the field with actual wind erosion degrees in different samples areas.

Results obtained demonstrate that Supervised Classification (Maximum likelihood) was the best algorithm to differentiate wind erosion degrees.

**Key words:** Landsat imagery - automatic processing techniques - wind erosion - semiarid - La Pampa.

### INTRODUCCION

Dada la gran extensión que ocupan las zonas áridas y semiáridas en la Argentina y la fragilidad de estos sistemas, es necesario un diagnóstico rápido y eficiente de los procesos de degradación

que allí ocurren. Esto permitiría implementar prácticas de uso y manejo para evitar y/o controlar los problemas.

En las últimas dos décadas el avance en la tecnología de los satélites para estudio de Recursos

<sup>(1)</sup>Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453 (1417), Buenos Aires.

Naturales ha posibilitado la caracterización a nivel regional del deterioro del medio ambiente; en períodos de tiempo muy breves. El objetivo del presente trabajo es separar y delimitar las áreas con distinto grado de erosión eólica mediante el procesamiento automático de imágenes satelitarias obtenidas por los sensores MSS y TM (Landsat 5) en un área de la región semiárida de la provincia de La Pampa.

#### **Antecedentes de la región y localización del área de estudio**

El área bajo estudio corresponde a una superficie de 20.000 ha, representativa de la subregión de las acumulaciones arenosas combinadas con mesetas residuales (INTA, 1980) de la provincia de La Pampa.

Es una extensa planicie muy suavemente ondulada, donde predomina el modelado eólico; no obstante se observan de manera aislada antiguas mesetas, cerros testigos y planicies calcáreas. Las unidades geomorfológicas presentes son: de los médanos; de las mesetas residuales y de las planicies arenosas.

La UNIDAD GEOMORFOLOGICA DE LAS MESETAS RESIDUALES coincide con la unidad cartográfica 1; son llanos asociados a pendientes variables. Es una asociación de suelos cuyo dominante es un Haplustol arídico y subordinado a él Haplustoles énticos cubiertos por un bosque abierto de *Prosopis caldenia* (15%), un arbustal de *Larrea divaricata* (10 %) y un estrato gramíneo ocupado por *Stipa brachichaeta* (55 %).

La UNIDAD GEOMORFOLOGICA DE LAS PLANICIES ARENOSAS presentan relieve subnormal y en parte normal. En ella se encuentran 5 unidades cartográficas: UC 2; UC 3; UC 4; UC 5 y UC 6 (Thornes, 1976).

La unidad cartográfica UC 2 esta ocupada por una asociación de suelos donde el dominante es un Haplustol éntico, la textura superficial es franco-franco con 82 % de arena.

En la UC 6, el suelo dominante es un Haplustol típico cuya textura superficial es franco-franco-arenoso con 57% de arena, bien estructurado y

muy alto contenido de materia orgánica, el subordinado es un Haplustol éntico. Ambas unidades cartográficas están cubiertas por un bosque de *Prosopis caldenia* y *Prosopis flexuosa* y cuyo estrato arbóreo alto (4-8m) representa el 20% de la cobertura; el estrato arbóreo bajo (2-4m) junto con el arbustivo (1-2m) de *Prosopis flexuosa*, ocupa el 45 % de la cobertura total. El estrato gramíneo formado por *Bromus brevis*, *Hordeum stenostachys* y *Stipa spp.* representa el 60 % de la cobertura.

La UC 3 esta ocupada por un Haplustol éntico cuya textura superficial es franco-franco; asociado a un Ustipsament típico. Esta unidad esta desmontada y dedicada a agricultura.

El suelo de la UC 4 es un Haplustol típico, de textura superficial franco arenosa con 69 % de arena mientras que la unidad cartográfica 5 es suavemente ondulada y posee un Haplustol éntico asociado a un Haplustol típico. Ambas están cubiertas por un estrato arbóreo alto (4-8m) con 5% de cobertura, representado por *Prosopis caldenia* y un estrato arbóreo bajo por *Prosopis caldenia* y *Geoffrea decorticans* con el 15 % de cobertura. El estrato arbustivo que interviene con un 5% de la cobertura, esta representado por *Prosopis caldenia*; *Condalia microphylla* y *Geoffrea decorticans*. El estrato gramíneo compuesto por *Elyonurus muticus*, *Stipa gynerioides* ocupa el 40% de la superficie.

En la UNIDAD GEOMORFOLOGICA DE LOS MEDANOS se describe la unidad cartográfica 7; los suelos dominantes son Torripsamientos típicos con una vegetación de pastizales psamófilos de *Elyonurus muticus* e *Hyalis argentea*, con una cobertura del 70 %. En esta subregión el clima se caracteriza por un período libre de heladas de 200 a 220 días. Las precipitaciones promedio oscilan entre los 500 y 600mm de Oeste a Este. La deficiencia de agua anual tiene una marcada diferencia de 300mm alcanzando un valor de 180mm en el extremo Noreste. (Burgos, 1974; De Finna, 1975).

Las direcciones dominantes de los vientos son N-NE y E en otoño y del S-SW en la primavera.

## MATERIALES Y METODOS

El procesamiento automático de imágenes satelitarias se realizó en un Sistema Erdas 90 con un Monitor color Comtal para desplegar imágenes, del CAERCEM (C.O.N.I.C.E.T). Se trabajó sobre las cintas compatibles con computadora (C.C.T) MSS y TM 230-085.

Para cuantificar la erosión eólica se aplicaron los siguientes métodos paramétricos: F.A.O (1980); S.O.T.E.R (1990) y la Ecuación de la Erosión Eólica (Woodruff y Siddoway, 1965). Se evaluó cada unidad cartográfica cualitativamente por observación a campo considerando los siguientes factores:

- +Suelo: profundidad, textura
- +Relieve: formas
- +Vegetación: tipo, composición y porcentaje de cobertura
- +Formas eólicas: presencia y dimensión de montículos eólicos, presencia de medianos activos y fijos, presencia de mantos de deposición en plantas o arbustos y áreas deflacionadas.

De acuerdo a estos parámetros los grados son: grave, severo, moderado, leve y nulo (Etchevere, 1976).

Se empleó las siguientes etapas metodológicas (Navone y Santanatoglia, 1989):

**1ra etapa: Reconocimiento.** Se separan las áreas fisiográficamente distintas en la zona bajo estudio donde se ubican los sitios de prueba a través de la estratificación de la imagen satelitaria papel de 1985 (Anderson *et al.*) 1976. Posteriormente se despliega la imagen en pantalla de 512 columnas por 512 líneas del departamento de Conchelo provincia de La Pampa, de abril de 1989. La que corresponde al sensor MSS en bandas 4, 5 y 7 y la obtenida por el sensor TM en bandas 2, 3 y 4 (Anexo 1).

Para resaltar las diferencias entre áreas fisiográficas se realizan realces de contraste por nivelación de histograma. Se analizan en cada área la media y la desviación estándar. A posteriori se utilizan estos parámetros estadísticos para destacar características de la imagen que aporten información sobre erosión eólica.

**2da etapa: Identificación.** Una vez ubicados los sitios de prueba se realiza su fotointerpretación utilizando para este fin fotografías del I.G.M. escala 1:65000 de 1972. A campo se identifican los suelos (Arens y Etchevere, 1972), la vegetación (Cabrera, 1976) y los distintos grados de erosión eólica.

**3era etapa: Análisis.** Se lleva a cabo el análisis digital aplicando los siguientes algoritmos a las dos cintas (MSS y TM):

-Índice de vegetación: (ERDAS, 1990): se obtuvo una imagen producto cuyo primer canal es el resultante del índice verde (Kauth y Thomas, 1976) y el segundo canal es el índice verde transformado a partir de la MSS Landsat. En la imagen TM además de los canales mencionados se le agregó un tercer canal que corresponde al Índice Verde Transformado y Normalizado (Faust, 1989).

-Clasificación no supervisada: En este estudio se aplicó el método "ISODATA" que secuencialmente clasifica los píxeles, redefine el criterio de cada clase y clasifica nuevamente de manera tal que el reagrupamiento por distancias espectrales aparece gradualmente. La finalidad de este proceso es llegar a establecer una partición en la imagen de modo tal que las clases sean lo más homogéneas posibles. Son diferenciadas por la computadora por procesos exclusivamente numéricos.

-Clasificación supervisada: (ERDAS, 1990) se seleccionan píxeles que representan patrones que el analista reconoce mediante la identificación con fotos aéreas y verdad terrena. Una vez elegidos esos píxeles se analizan estadísticamente mediante "DIVERGE" (Swain y Daves, 1978) y se seleccionan los de mejor representatividad areal. Cada grupo de píxeles así elegidos constituyen una clase y presentan un grado de erosión eólica determinado.

Se controló cada píxel con el algoritmo del paralelepípedo y luego con las clases así seleccionadas, se clasificó la imagen siguiendo la regla de decisión de "Máxima verosimilitud/Bayesiano". Este es el sistema más eficiente del ERDAS porque al emplear la matriz de covarianza toma en consideración una mayor cantidad de variables en consideración y su dispersión.

## RESULTADOS Y DISCUSION

1. Los **grados de erosión eólica** hallados según los métodos paramétricos utilizados y por observación a campo se resumen en la cuadro N° 1 y su distribución cartográfica en las figuras 2 y 3. Se observa una correspondencia entre todos los métodos paramétricos y la observación a campo para la cuantificación de los grados de erosión actual.

**Cuadro N° 1: Valoración cualitativa de pérdida de suelo por erosión eólica según los distintos métodos utilizados por unidad cartográfica.**

UNIDAD CARTO- GRAFICA	F.A.O.		SOTER		W.E.E.	OBSER- VACION DIRECTA
	Riesgo	Actual	Riesgo	Actual	Riesgo	
U.C.1	alto	alto	severo	severo	severo	severo
U.C.3	alto	alto	severo	grave	severo	severo
U.C.2	muy alto	nulo	grave	moderado	grave	ligeró a nulo
U.C. 4 y 5	alto	moderado	severo	moderado	severo	ligeró a nulo
U.C. 6	alto	nulo	severo	moderado	severo	ligeró a nulo
U.C. 7	muy alto	alto	grave	grave	grave	muy grave

Se trabajo a escala 1:60000.

Cada grado (alto,moderado, severo, etc) corresponde a lo establecido por cada uno de los métodos citados.

2. La **clasificación no supervisada** es un algoritmo donde el sistema operativo separa las clases por la estructura exclusivamente numérica de los datos, originando una imagen en la que se distinguen fácilmente distintas fisonomías de vegetación; potreros cultivados y/o labrados; instalaciones; caminos etc, pero dadas las características del clasificador no se incluyen datos que resultan de la realidad de campo. El analista no puede diferenciar grados de erosión eólica, sino sólo áreas de distinta heterogeneidad. De las 20 clases obtenidas en las imágenes procesadas con Clasificación no supervisada: en ambas cintas (MSS y TM), el procesador distribuyó doce en las unidades cartográficas cubiertas con monte; y las ocho restantes fueron absorbidas por las unidades cartográficas de la meseta; de los médanos y de las zonas desmontadas.

La ventaja de haber usado ISODATA reside en que requiere un bajo número de datos para obtener una primera clasificación del área.

**3. Clasificación supervisada:** una vez obteni-

do los datos de campo, al ser aplicada a la imagen obtenida por el sensor MSS mostró que de las nueve clases seleccionadas y analizadas, una coincide con la unidad cartográfica de la meseta residuales (U.C.1); otra con la unidad de las planicies arenosas UC 4 y UC 5; otras dos caracterizan a la unidades cartográficas UC 2 y UC 6, de las cinco clases restantes una coincide con la unidad cartográfica de los médanos (U.C.7) y el resto están distribuidas en las áreas bajo cultivo y/o de suelo labrado sin cultivo (U.C.3).

En la imagen TM la distribución de las clases es muy semejante excepto en los potreros labrados y con cultivo. En ellos aumenta considerablemente la eficiencia para separar distintos grados de erosión eólica por tratarse de un sensor con mayor resolución que el MSS.

En la Clasificación Supervisada como el analista trabaja exclusivamente con la realidad de campo, si la calidad de los datos en las áreas muestra es buena y la cantidad suficiente, se

obtiene alta eficiencia en la delimitación de los distintos grados de erosión eólica y mayor en la imagen captada por el TM.

#### 4. Índices Verdes

Las distintas unidades cartográficas diferenciadas a campo se asocian con cambios de estructura vertical y/o cobertura del caldén. Estas características son resaltadas por los Índices verdes, lo cual explica la mayor eficiencia de dicho algoritmo para diferenciar unidades cartográficas de erosión bajo monte tanto en la imagen MSS como TM.

#### CONCLUSIONES

En las áreas semiáridas fisiográficamente semejantes a la de este estudio, la clasificación no supervisada no es útil para separar grados de

erosión eólica.

La clasificación supervisada y el Índice verde utilizados permiten diferenciar correctamente los distintos grados de erosión eólica, siendo mejor el resultado en la imagen obtenida por el sensor TM que en el MSS debido a su resolución tanto espacial como espectral.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de la Lic. Marta Mehail en el procesamiento digital de las imágenes; y del Dr. Antonio Gagliardini quien, además de facilitar el empleo del sistema Erdas del C.A.E.R.C.E.M, asesoró permanentemente en su manejo.

#### BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, J.R., E.E. HARDY, J.T. ROACH and R. WITMER 1976. "A land use and land cover classification system for use with remote data." Geological Survey Professional Paper 964. U.S. Government Printing Office, Washington
- BURGOS, J.J. 1974. Mesoclimas del Valle del Río Colorado y su potencial agropecuario. *Ecosur* 1- (1/2):1-172
- CABRERA, A.J. 1976. Regiones Fitogeográficas de la República Argentina. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería* 2:1-85
- DE FINA, A.L., A.J. GARBOSKY, F. GIANNETTO y J. ISAURRALDE 1975. "Difusión geográfica de cultivos índices en la provincia de La Pampa y sus causas". Depto Suelos. N° 150-I.N.T.A-Bs.As
- ETCHEVERE, P.H. 1976. "Normas de Reconocimiento de Suelos" Segunda Edición. N° 152" del Departamento de Suelos I.N.T.A
- F.A.O.-PNUMA. 1980. Sistema de Vigilancia del Medio Ambiente. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de las tierras. 1980. F.A.O.-Roma. 86 páginas.
- FAUST, N.L. 1989. "Image Enhancement" en Volume 20, Supplement 5 *Encyclopedia of Computer Science and Technology*, edited by Allen Kent and James G. Williams. New York: Marcel Dekker, Inc.
- I.N.T.A-Universidad Nacional de La Pampa. 1980-"*Inventario* integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa"-350 páginas
- KAUTH, R.J. and G.S. THOMAS. 1976. The tasseled cap-A graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. ERIM 4b:41-51. Ann Arbor, Michigan.
- PNUD-INTA 1987. Metodología provisional para la degradación de las tierras. SOTER 15-42 Swain, P. and Davis, S., 1978. Remote Sensing: The quantitative approach. N.Y.: Mac Graw-Hill Book Co. Lyles, L. 1975. "Possible effects of wind erosion on soil productivity" en *Journal of Soil and Water Conservation*. 30(6):279-283.

- NAVONE,S. y O.SANTANATOGLIA. 1989. "Evaluación de los grados de erosión eólica en los Valles de Catamarca mediante digitalización de imágenes satelitarias" en Actas del IV Congreso de la Sociedad de Especialistas Latinoamericanos en Percepción Remota. 3:1359-1365.
- SKIDMORE,E. and N.P. WOODRUFF 1968. "Wind erosion forces in the United States and their use in predicting soil loss". en Agricultural Handbook 346. U.S.D.A 42 páginas
- THORNES,J. 1976. "Semi-arid erosional systems.London School of Ec.and Geol. Sci.,Geogr. Papers 7,D.P.Press Ltd.
- WOODRUFF,N.P and F.H. SIDDOWAY. 1965. " A wind erosion equation" en Soil and Water Conservation Research Division, ARS,USDA, and the Kansas Agr.Exp.Sta.,Department of Agronomy Contribution 897.