

EVALUACION DE DISTINTOS PROCESAMIENTOS DE IMAGENES RADAR EN EL NOROESTE DE CATAMARCA*

STELLA MARIS NAVONE y E. PALACIN¹

Recibido: 02/07/98

Aceptado: 10/12/98

RESUMEN

El conocimiento de la degradación de las tierras en los ecosistemas frágiles tales como los valles intermontanos del noroeste argentino y su monitoreo es especialmente necesario para controlarlo; favorecer el desarrollo regional y alcanzar "in situ" el nivel nutricional que la población requiere. Se pensó en las imágenes de radar como herramienta de diagnóstico para el estudio de un área de la cuenca del río Santa María (Argentina).

El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia de diferentes procesamientos de imágenes SAR/RADARSAT para identificar distintas unidades cartográficas de "tierras".

Se procesó una imagen Radarsat standard 7 beam mode, de época seca. Se aplicaron los siguientes mejoramientos: realce lineal; realce del contraste; y los filtros: Fgamma; Flee; Fmode; Fsharp; Frost.

En el campo se describieron las unidades de tierras. En el área muestra seleccionada se caracterizaron factores ambientales que influyen en la respuesta del radar. Se compararon estadísticamente las imágenes originales y las imágenes producto con la realidad de campo. En la imagen radar se pudo diferenciar distintas unidades de tierras. Las unidades bajo anegadizo, cono aluvial, terraza alta con bosque y terraza baja con cultivos se pueden diferenciar muy bien del resto solamente en la imagen cruda filtrada FGamma. Por las características tan similares del suelo desnudo con el plano aluvial no son fácilmente identificables excepto en la imagen calibrada Beta.

Palabras clave: radar, tierras, degradación y valles intermontanos.

EVALUATION OF DIFFERENT RADAR IMAGE ENHANCEMENT IN NORTHWEST FROM CATAMARCA

SUMMARY

Land degradation surveys are needed to establish conservation practices in the Calchaquies valleys of Argentina. However, a major problem to the survey in this region is the difficulty in obtaining the ground data, quickly, apply, and with an appropriate level of accuracy. That's why the radar data could be a useful tool for this purpose. The objective of the present study was to evaluate the efficiency of different algorithm applied to Radar data in the identification of different landscape units in Santa Maria river basin.

A management plan for this basin should be based on a proper description and diagnosis of the different landscape in the area. Those activities should be promoted from the point of view of the cultural traditions and pattern behaviour of the inhabitants.

Relief, soils, vegetation and land management were studied in the field.

Radar images Standart 7 beam mode from wet and dry season were used. Enhancements and filters (Flee; Fmode; Fsharp; Fgamma and Frost) were applied. Preprocessed images were visual and statistically compared with ground truth. Alluvial fan; wooded high terrace with wood; low terrace with crops and "wet land" were properly separate each other with Fgamma filter on pre-processing image. In all cases wet image was more useful than dry image to obtain different "land" units.

Key words: radar; land; degradation and semiarid intermountain valleys.

¹Cátedra de manejo y Conservación de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires Av. San Martín 4453 - (1417) Buenos Aires. *Proyecto subsidiado por GLOBESAR (Canadá)

INTRODUCCION

En la Argentina 60.000.000 ha están sujetas a procesos erosivos de moderados a graves. Cada año se agregan 650.000 ha, con distintos grados de erosión. (1ra. Conferencia Regional para America Latina y el Caribe sobre la Convención de Lucha contra la Desertificación, 1996). Esta situación es particularmente aguda y crítica en las zonas áridas y semiáridas que componen el 75 % del territorio nacional y proporcionan el 50 % del valor de la producción agropecuaria, que lleva a la pérdida de productividad con el consiguiente deterioro de las condiciones de vida y expulsión de población.

La gran variedad de condiciones climáticas, procesos geomorfológicos y de recursos de suelo y forestales, determinan una gran diversidad ecológica en las regiones y subregiones sujetas a déficit hídrico.

Los Valles intermontanos del Noroeste son áreas montañosas con sistemas agrícolas bajo riego y ganadería extensiva en los faldeos montañosos que presentan problemas de erosión en las cuencas hidrográficas por sobrepastoreo, de forestación e incendios. Por deficiencias en la infraestructura de riego, inadecuada sistematización del terreno, mal manejo del agua y falta de asistencia técnica al productor, cerca del 40 % de la superficie presenta problemas de salinización. El diagnóstico rápido y eficiente de la degradación y otros procesos sucesionales en los ecosistemas permite encaminar los trabajos de conservación y restauración por vías naturales, logrando recuperar tanto los aspectos estructurales como los funcionales. Los ecosistemas no son unidades discretas con límites bien definidos sino que constituyen un conjunto de unidades y procesos funcionales que se dan en un espacio y tiempo dado, formando una unidad de estudio, de manejo o conservación de la naturaleza (FAO, 1984). Esa unidad es la unidad de tierras. Entendiéndose como Tierra a una porción de la superficie terrestre que involucra el clima, el suelo y su material original, la hidrología, la flora, la fauna y la actividad antrópica pasada y presente, en relación a su medio ambiente (FAO, 1976; Zonneveld, 1979).

Es sumamente importante caracterizar dichas tierras en zonas de difícil acceso y en ecosistemas especialmente frágiles. Para esas situaciones se vuelve indispensable disponer de herramientas que faciliten el diagnóstico. Por ello se pensó en las imágenes radar y su mejoramiento

El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia de diferentes procesamientos de imágenes SAR/RADARSAT para identificar distintas unidades cartográficas de "tierras". Esto facilitará el conocimiento de los recursos naturales para poder implementar prácticas de manejo y conservación de los mismos.

El área estudiada está ubicada en la cuenca del río Santa María con una extensión de 2000 km² presenta problemas de degradación de las tierras, principalmente erosión hídrica y eólica. Las lluvias están concentradas en época estival, frecuentes vientos desecantes y baja humedad atmosférica que ocasiona elevada evapotranspiración.

Los suelos predominantes son los Torriortentes en los abanicos aluviales y en la parte superior de las terrazas altas. La terraza baja del río Santa María y el plano aluvial está ocupado por los Torrifluventes asociados con los Torripsamientos. (Navone, 1995).

La flora típica corresponde al Monte Occidental xerofítico (Cabrera, 1975) con abundantes especies medicinales y aromáticas.

MATERIALES Y METODOS

En el campo se describieron las unidades de tierras. En el área muestra seleccionada se caracterizaron los siguientes parámetros ambientales que influyen en la respuesta del radar: rugosidad del paisaje; pendiente; porcentaje de cobertura de la tierra; fisonomía de la vegetación; textura y humedad del suelo.

Se delimitaron en las imágenes radar las unidades cartográficas de tierras presentes en la región. Se procesaron dos imágenes Radarsat standard 7 beam mode, de época seca y húmeda. Se empleó para ello el software de PCI, principalmente el XPACE, Image Works y GCPs.

Se aplicaron Realces y Filtros

	Realce 1	Realce 2
Imagen Sin calibrar	min x = 7 max x = 68	min x = 2 max x = 102
Imagen Calibrada	min x = 74 max x = 204	min x = 38 max x = 223

Excluyen todos los valores por debajo de 7

Los filtros probados fueron: Flee; Fmode; Fsharp y Fgamma.

De la imagen calibrada y de cada uno de los tratamientos se extrajeron los valores estadísticos corres-

pendientes a la media y desvío estándar de las poblaciones de píxeles de cada unidad cartográfica previamente definidas. Se aplicó la fórmula de Swain y Davis (1978) para el cálculo de separabilidad entre las diferentes unidades cartográficas dentro de cada tratamiento. Los valores de separabilidad obtenidos se ubicaron en una matriz de 8x8; por lo que se comparó cada unidad cartográfica con todas las restantes e indicando el coeficiente de separabilidad para cada una de las combinaciones posibles. Para cada tratamiento se realizó una matriz.

Los valores de separabilidad obtenidos se agrupan, luego de su estudio, en intervalos a fin de facilitar la interpretación de los mismos. Las categorías así definidas se incluyen en el cuadro N° 1. A partir de las citadas matrices se hizo un promedio de los valores de separabilidad calculados entre cada unidad cartográfica y las restantes a fin de obtener la utilidad de los distintos tratamientos.

Cuadro N° 1. Categoría de separabilidad según rango de valores

Orden	Intervalo de valores de separabilidad	Categoría
0	$X = 0$	NULA
1	$0 < X \leq 0,5$	BAJA
2	$0,5 < X \leq 0,89$	MEDIA
3	$0,89 < X \leq 1,9$	ALTA
4	$X > 2$	MUY ALTA

Por último se compararon los resultados en las dos épocas.

Cuadro N° 2. Características de las distintas tierras

Unidad cartográfica de tierras	Vegetación	Suelos			Rugosidad	Pendiente
		Fisonomía	Cobertura	Textura superficial		
Ciénago	Pastizal, vega, pajonal	100	Franco-limoso	100	medio	0
Plano aluvial	pastizal /arbustal ralo	2	Areno-franco	19	baja	0.5
Terraza baja	cultivos	60 a 80	Franco-arenoso a areno franco	15 a 20	alta	1 a 2
Terraza alta	Bosque de algarrobo degradado	20 a 40	Areno-franco	10 a 14	alta	1 a 2
Conos aluviales	estepa arbustiva	30	Pedregosa	1	alta	5 a 10
Montaña ígnea	pastizal	5 a 10	Roca	-	muy alta	30
Montaña sedimentaria	pastizal	5 a 10	Roca	-	muy alta	30
Suelo desnudo	ninguna	0	Arenoso, franco-arenoso,	0-5	baja	variable

RESULTADOS Y DISCUSION

En el campo se identificaron y describieron las unidades cartográficas de tierras, cuyas características se resumen en el cuadro N° 2. En las terrazas se diferenció la subunidad con suelo desnudo.

El valor de rugosidad es un dato cualitativo y se le adjudicó un valor relativo entre unidades cartográficas

A través del análisis visual de las imágenes de radar de época seca (agosto) y húmeda (enero) se pudieron diferenciar las siguientes unidades cartográficas: Montañas sedimentarias y graníticas; conos aluviales planos aluviales; áreas anegadizas; terrazas bajas con cultivos; bosques y suelo desnudo, tal como se observa en la figura 1.

Análisis estadístico de los realces y filtros utilizados

Los valores de separabilidad obtenidos para cada una de las combinaciones posibles se presentan en una matriz de 8x8; comparando cada unidad cartográfica con todas las restantes. A modo de ejemplo se presenta una de las matrices surgidas en la cuadro N° 3

Del cuadro N° 4 se desprende que las unidades bajo anegadizo, cono aluvial, terraza alta con bosque y terraza baja con cultivos se pueden diferenciar muy bien del resto solamente en la Imagen cruda filtrada F_{γ} . En el cuadro N° 5 se observan los valores de separabilidad medios calculados de cada unidad cartográficas en rela-

Cuadro N° 3. Valores de separabilidad por unidad cartográfica para la imagen sin calibrar

	Bajo Inundable	Cono	Montaña	Terraza	Suelo	Cultivo	Plano	Sediment
		3,272	3,272	3,272	3,272	3,272	3,272	3,272
	3,396		3,396	3,396	3,396	3,396	3,396	3,396
	1,485	1,485		1,485	1,485	1,485	1,485	1,485
	3,15	3,15	3,15		3,15	3,15	3,15	3,15
	2,53	2,53	2,53	2,53		2,53	2,53	2,53
	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02		3,02	3,02
	2,679	2,679	2,679	2,679	2,679	2,679		2,679
	2,672	2,672	2,672	2,672	2,672	2,672	2,672	
MEDIA	2,7047	2,6871	2,96001	2,7221	2,81073	2,74070	2,789508	2,790431
DESVIO	0,6184	0,5895	0,33459	0,6423	0,67217	0,66004	0,677319	0,677255

Según el rango presentado en el cuadro N° 4 se califica la separabilidad de cada unidad cartográfica dentro de cada tratamiento en alta, media y baja.

Cuadro N° 4. Valores promedio de separabilidad entre unidades cartográficas dentro de cada tratamiento en época seca

Unidad Cartográfica	Ciénago	Cono	Montaña 1	Bosque	Suelo	Cultivo	Plano aluvial	Montaña 2
Tratamiento								
1) Imagen sin calibrar	0,806 media /alta	0,750 media	0,398 baja	0,720 media	1,120 alta	0,687 media	1,390 alta	0,742 media
2) Imagen Calibrada (Beta ^o)	0,745 media	0,749 media	0,473 baja	0,689 media	1,040 alta	0,614 media	1,340 alta	0,760 media
3) Sin calibrar realizada 1	0,836 media	0,827 media	0,548 media	0,794 media	1,242 alta	0,689 alta	1,589 alta	0,895 alta
4) Sin calibrar realizada 2	0,815 media	0,761 media	0,472 baja	0,731 media	1,147 alta	0,687 media	1,435 media	0,776 media
5) Calibrada realizada 1	0,748 media	0,787 media	0,503 media	0,716 media	1,069 alta	0,608 media	1,330 alta	0,850 alta
6) Calibrada realizada 2	0,750 media	0,767 media	0,490 baja	0,705 media	1,053 alta	0,623 media	1,375 alta	0,820 media
7) Cruda Filtrada Fgamma	1,073 alta	1,038 alta	0,450 baja	0,953 alta	1,443 alta	0,883 media	1,881 alta	0,944 alta
8) Cruda Filtrada Fsharp	0,564 media	0,512 media	0,318 baja	0,509 media	0,803 media	0,486 baja	0,994 alta	0,529 media
9) Calibrada Filtrada Fgamma	0,848 media	0,856 alta	0,528 media	0,791 media	1,176 alta	0,701 media	1,517 alta	0,917 alta
10) Calibrada Filtrada Fsharp	0,622	0,627	0,405	0,567	0,872	0,515	1,118	0,668

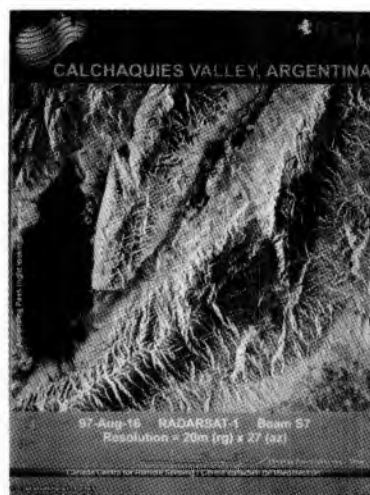
Cuadro N° 5. Valores promedio de separabilidad de cada unidad cartográfica (con relación a las otras siete) dentro de cada tratamiento en época húmeda

Unidad Cartográfica	Ciénago	Cono	Montaña 1	Bosque	Suelo	Cultivo	Plano aluvial	Montaña 2
Tratamiento								
1) Imagen sin calibrar	0,520 media	0,477 media	0,271 baja	0,487 media	0,873 alta	0,420 media	1,087 alta	0,530 media
2) Imagen Calibrada (Beta ^o)	0,527 media	0,479 media	0,272 baja	0,492 media	0,873 alta	0,423 media	1,087 alta	0,527 media
3) Imagen sin calibrar realzada 1	0,511 media	0,508 media	0,378 media	0,521 media	0,922 alta	0,457 media	1,163 alta	0,588 media
4) Imagen sin calibrar realzada 2	0,517 media	0,484 media	0,318 baja	0,495 media	0,884 alta	0,427 media	1,103 alta	0,546 media
5) Imagen Calibrada Realzada 1	0,530 media	0,512 media	0,390 baja	0,517 media	0,935 alta	0,488 media	1,178 alta	0,574 media
6) Imagen Calibrada Realzada 2	0,525 media	0,486 media	0,319 baja	0,500 media	0,884 alta	0,430 media	1,103 alta	0,543 media
7) Imagen sin calibrar Filtrada Fgamma	0,670 alta	0,641 alta	0,309 baja	0,609 media	1,107 alta	0,528 media	1,350 alta	0,662 media
8) Imagen sin calibrar Filtrada Fsharp	0,369 media	0,331 media	0,217 baja	0,352 media	0,631 media	0,304 baja	0,802 media	0,382 media
9) Imagen Calibrada Filtrada Fgamma	0,656 media	0,627 media	0,309 media	0,604 media	1,070 alta	0,521 media	1,309 alta	0,645 media
10) Imagen Calibrada Filtrada Fsharp	0,373 media	0,332 media	0,217 baja	0,354 media	0,629 media	0,305 media	0,801 alta	0,379 media

ción con las demás a fin de obtener la utilidad de los distintos tratamientos en la imagen de la época húmeda.

En la figura 1, 2 y 3 se graficaron los resultados de los cuadros 4 y 5. Se observa que: la unidad montaña sedimentaria se identifica fácilmente en todos los tratamientos pero ocurre exactamente lo opuesto en la montaña ígnea lo que sugiere que la combinación del material original y del porcentaje de cobertura determinan la respuesta.

Por las características fisiográficas tan similares entre el suelo desnudo y el plano aluvial son fácilmente del resto de las unidades de tierras pero no lo son entre sí excepto en la imagen calibrada (Beta)

**Figura 1. Imagen de Radar de los Valles Calchaquies**

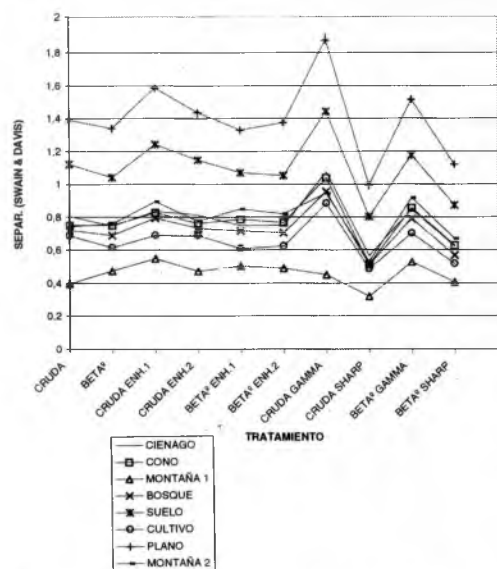


Figura 2. Separabilidad de las diferentes unidades de paisaje en función de los diferentes tratamientos.

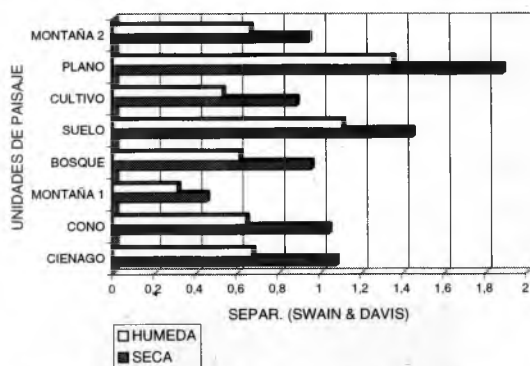


Figura 3. Separabilidad sobre imágenes Fgamma. Epocas seca y húmeda

La figura 3 permite visualizar que, al comparar la imagen radar de época seca con la de época húmeda, en todos los casos se identifican mejor las distintas unidades cartográficas en la época seca, tanto visual como estadísticamente a través de los valores de separabilidad.

CONCLUSIONES

Al comparar la imagen SAR Standard 7 "beam mode" con distintos procesamientos, con la realidad de campo surgen diferentes niveles de coincidencia por unidad cartográfica de tierras

En todos los tratamientos se observó que las siguientes combinaciones plano aluvial con montaña 2 sedimentaria; plano aluvial con cono aluvial; suelo agrícola desnudo con cono aluvial y suelo agrícola desnudo con bosque sobre terraza alta, tienen siempre valor de separabilidad alta en la época seca

A pesar de las diferencias en las características naturales del bosque y de la montaña sedimentaria las medias son similares con un desvío standard alto en la imagen realizada, por lo tanto se superponen las respuestas y no son separables

Por análisis visual y estadístico surge que la IMAGEN CRUDA FILTRADA FGAMMA es en la que se diferencian muy bien el mayor número de unidades cartográficas de tierras.

Las distintas unidades cartográficas de tierras se separan mejor en la imagen radar de la época húmeda.

BIBLIOGRAFIA

- BIANCHI A. R.,1981.Las precipitaciones en el noroeste Argentino Informe interno EERA Salta.INTA
- BRAUN BLANQUET J.,1950.Sociología Vegetal. ACME AG.444 pag., 180 ilustraciones. BS.AS
- CONNOVER,WJ and R. IMAN,1981. Rank transformation as a bridge between parametric and non parametric. *The American statistician*.35:124-129
- F.A.O-PNUMA. 1984. Metodología provisional para la evaluación y la representación cartográfica de la desertización.Roma,1984,pp74
- MUELLER-DOMBOIS and H. ELLENBERG. 1974.Aims and methods of vegetation ecology-Wiley and Sons. NY
- THORNWAITE C. W.,1948.An approach toward a rational classification.*The geographical review*. 38(1):. 55-94
- SOIL SURVEY STAFF. 1975 Soil Taxonomy. Agr. Hand book. 436 - SCS, USDA.
- SWAIN, P. and S. DAVIS, 1978. Remote Sensing: The quantitative approach. N.Y.: Mac Graw-Hill Book Co.
- ZONNEVELD,I.S.1979.Land Evaluation and Landscape Science. *International institute for aerial survey and earth sciences*.7 :4 -127