

# UTILIZACIÓN DE IMÁGENES SAC-C PARA ESTUDIOS REGIONALES USE OF IMAGES SAC-C FOR REGIONAL STUDIES

Ing. Agr. Griselda Elena Carñel<sup>1,2</sup>  
Ing. en Rec. Híd. Germán Pablo Farías<sup>1</sup>  
Ing. Agr. Dra. Chiara E. Crotti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Área Teledetección y SIG. CIOMTA (Centro de Investigación, Observación y Monitoreo Territorial y Ambiental). Echagüe 7151. Santa Fe.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos, Oro Verde, E. Ríos.

## RESUMEN

Este trabajo se enmarca en el proyecto “Cambio Climático y Sumideros de Carbono”, del Centro de Investigación, Observación y Monitoreo Territorial y Ambiental (CIOMTA), que abarca una superficie de 800.000 km<sup>2</sup> correspondiente al Centro Norte y Noreste de la República Argentina, y que lleva adelante diversas investigaciones tendientes a orientar una adecuada gestión del territorio que tenga en cuenta la conservación, recuperación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales renovables.

La metodología empleada comprendió el procesamiento digital de las imágenes MMRS del SAC-C. El procesamiento digital de clasificación supervisada se realizó independientemente para cada imagen de acuerdo a los datos de verdad terrestre, se obtuvieron 17.000 datos de ocupación del suelo de enero a marzo de 2004. La validación de las clasificaciones estuvo en el rango de 73% a 90%, precisión considerada buena teniendo en cuenta la resolución espacial de las imágenes SAC-C.

Palabras claves: teledetección; SIG; imágenes SAC-C; clasificación supervisada; CIOMTA.

## SUMARIO:

**INTRODUCCIÓN**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**  
**RESULTADOS**  
**CONCLUSIONES**  
**REFERENCIAS CITADAS**

## INTRODUCCIÓN

Antrópicamente se han alterado los ciclos naturales, acelerándose los ritmos de cambio de tal forma que trabajos territoriales de más de diez años quedan desactualizados. Más aún cuando hablamos de áreas tan extensas como las que abarca este estudio.

A nivel mundial, pero de manera más intensa en la cultura occidental, la mayoría de las formas de producción, fueron diseñadas para operar en condiciones de abundancia de recursos naturales (suelo, agua y aire). Esto ha ocasionado que en las últimas décadas, la explotación de los recursos naturales se ha hecho de manera tal, que no tiene precedente.

Este tipo de desarrollo actual, en el que se presenta una sobre-explotación del “capital natural” con la finalidad de obtener la máxima ganancia en el corto plazo, es el causante de los problemas ambientales globales (efecto invernadero, destrucción de la capa de ozono, contaminación atmosférica y del agua, entre otros) y en buena proporción de los problemas locales (deforestación, erosión, pérdida de la biodiversidad, contaminación, etc). A su vez, estos problemas ambientales limitan el mismo tipo de desarrollo (Zúñiga, 2004).

Es por ello que la necesidad de contar con información en tiempo real, de la cual partir para cualquier tipo de evaluación ambiental, llevó al CIOMTA a encarar el análisis del territorio mediante técnicas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG).

La Teledetección o percepción remota, herramienta de amplio uso actualmente en el muestreo de los recursos naturales, permite la obtención de inventarios de grandes extensiones territoriales, identificar rápidamente zonas de riesgo natural y antrópico, así como contribuir en la elaboración de planes y programas de gestión y ordenamiento territorial.

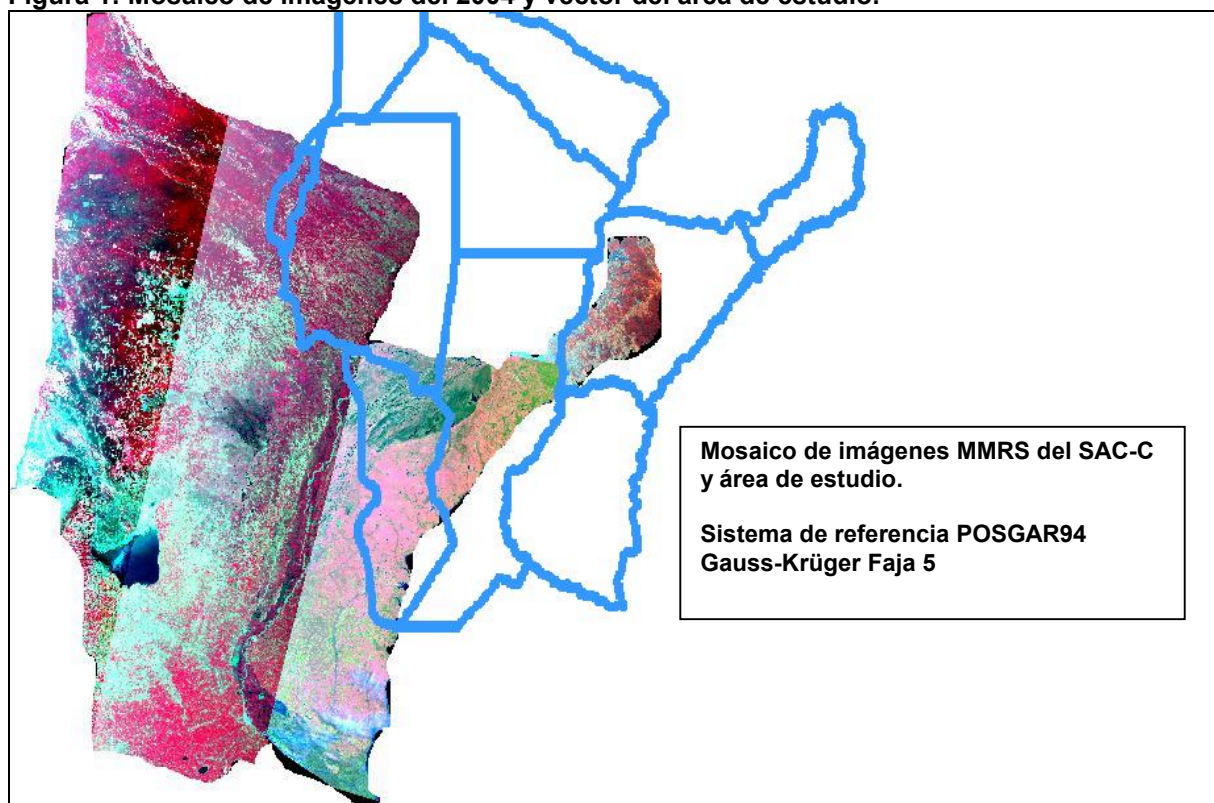
Al considerar que una imagen de satélite debe interpretarse como una matriz numérica que responde a la distribución espacial de la respuesta espectral de las diferentes coberturas presentes en la superficie considerada, facilita la obtención de una categorización automática de los elementos presentes en la imagen mediante la aplicación de procesos estadísticos, algoritmos y modelos matemáticos.

Es por ello que la teledetección y la metodología SIG constituyen herramientas imprescindibles en el estudio dinámico de grandes regiones. Más aún, las imágenes MMRS del satélite SAC-C por el área de cobertura y la amplitud espectral, responden a las necesidades planteadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudios comprende diez provincias, siete en forma completa y parcialmente tres. Ellas son Misiones, Corrientes, Formosa, Chaco, Santiago del Estero, Santa Fe y Entre Ríos y parcialmente Córdoba, Tucumán y Salta (Figura 1).

**Figura 1: Mosaico de imágenes del 2004 y vector del área de estudio.**



Se trabajó con las imágenes MMRS del SAC-C según se detalla en el cuadro 1, las mismas fueron obtenidas mediante convenio con la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE).

Los productos obtenidos por el SAC-C son imágenes ópticas orientadas al estudio de ecosistemas y conforma, junto con los satélites Landsat, EO-1 y TERRA de los EEUU, la Constelación Matutina, constelación internacional para Observación de la Tierra (<http://www.conae.gov.ar>).

Las imágenes utilizadas corresponden a la Cámara Multiespectral de Resolución Media (MMRS). Este barredor detecta la radiación proveniente de la superficie de la Tierra en cinco bandas del espectro electromagnético, con una resolución de 175 metros y un ancho de barrido de 360 kilómetros convirtiéndolo en una valiosa herramienta para estudios territoriales de grandes dimensiones.

**Cuadro 1. Detalle de imágenes MMRS del SAC-C**

<b>Órbita (path)</b>	224	225	227	228	229	231
<b>Fecha</b>	08/02/04	15/02/04	28/01/04	20/02/04	26/01/04	13/04/04

En cuanto a la radiometría, capta información en los rangos de longitudes onda del visible 480 - 500 nm (azul verdoso) banda 1, 540 - 560 nm (verde) banda 2, 630 - 690 nm (rojo) banda 3, en el Infrarrojo cercano (NIR) 795 - 835 nm y en el IR medio de onda corta (SWIR) 1550 - 1700 nm en la banda 5.

El procesamiento de las imágenes se realizó con el Software ERDAS Imagine 8.7 (Duke et al, 1999). Por el tamaño de las imágenes (más de 5.000 kilómetros) se seleccionó el área de trabajo cortándose las “ventanas” que cubrían el área en estudio.

Las imágenes se georreferenciaron al sistema de Referencia Global WGS84 y Proyección Gauss-Krüger (Faja 5) que conforman el POSGAR94. Los puntos de control para la georreferenciación se tomaron de las cartas imágenes y de los vectores en escala 1:250.000 del SIG250 confeccionado por el Instituto Geográfico Militar (IGM). Se aceptó un RMS de 0.85 para cada imagen.

El trabajo de campo se planificó de tal forma que contemple las diversidades ambientales presentes en cada imagen a ser procesada, así como también las fechas en que se realizan las labores agrícolas en cada zona. Así se determinaron once zonas de interés, seleccionadas por interpretación visual de imágenes anteriores teniendo en cuenta la heterogeneidad del paisaje y la diferenciación de patrones y de tal forma que, todas las imágenes a procesar tuvieran datos de campo.

Considerando que la mayor variabilidad agrícola se da en los meses estivales, se decidió realizar el trabajo de campo en el período enero-marzo de 2004. El relevamiento cubrió el noreste y sur de Santa Fé, Tucumán, Santiago del Estero, Chaco, suroeste de Entre Ríos y norte de Córdoba. El equipo de trabajo en el campo, compuesto por dos ingenieros agrónomos, recolectó unos 17.200 puntos tomados con GPS y su respectiva tabla de datos que describen: la ocupación, estado fenológico en cultivos, fecha de obtención del dato, fotografía digital en algunos casos y observaciones generales.

Como información complementaria de campo se dispuso de las capas vectoriales del SIG de los recursos naturales de Entre Ríos confeccionado por la Cátedra de Climatología Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos (Brizuela et al, 2004).

En el proceso de clasificación digital se utilizó el clasificador de Maximun Likelihood. Con la información de campo se realizaron los “sitios de entrenamiento” o polígonos a partir de los cuales se calculan las estadísticas que permiten la obtención de las firmas espectrales.

Estos polígonos de entrenamiento fueron efectuados con el método de la semilla, consistente en la identificación de un solo píxel que sea representativo de la muestra. Éste, denominado “píxel semilla” se compara iterativamente con los píxeles continuos, según los parámetros definidos de distancias espectrales y geográficas, generando automáticamente los polígonos.

En cuanto a la cantidad de clases a discriminar en las clasificaciones digitales, éstas dependerán de la resolución espacial de las imágenes usadas y del detalle que requiere el trabajo (Marlenko op.cit.). En nuestro caso, dado que se refiere a un estudio de escala regional y se utilizan imágenes con un píxel de aproximadamente 3 ha, se trabajó con un nivel de discriminación gruesa, siempre alimentando las clasificaciones con los datos obtenidos en el campo.

Una vez finalizada la clasificación de todas las imágenes, a los efectos de homogeneizar las clases de uso, se adoptó la categorización utilizada en el programa CORINE de la Unión Europea en su nivel dos, con una adaptación a nuestra realidad.

## RESULTADOS

El primer paso fue volcar los datos obtenidos en el campo de la ocupación de los lotes visitados a formato digital, tanto en capas vectoriales como de bases atributivas. Éstos pasaron a integrar el SIG del CIOMTA, y fueron usados como “sitios de verdad terrestre” en la clasificación de las imágenes satelitales y en la evaluación de la precisión de las mismas.

Como los procesamientos digitales se llevaron a cabo individualmente por imagen cortada según el territorio y a los efectos de no superponer áreas comunes, la cantidad de clases varió según las características de las coberturas presentes en ellas, así como la heterogeneidad propia del territorio analizado, siempre utilizando el conocimiento de ocupación recolectado a campo. En la tabla 2 se especifican las clases utilizadas para algunas de las imágenes.

**Cuadro 2: ejemplos de clases usadas por imágenes.**

Path 225	Agrupamiento	Path 227	Agrupamiento
Arroz	Tierras de labor	Arroz	Tierras de labor
Soja 1ra. (distintas etapas fenológicas)		Soja 1ra. (distintas etapas fenológicas)	
Soja 2da.		Soja 2da.	
Arado		Girasol	
Rastrojo		Maíz	
Praderas		Maní	
Sorgo forrajero	Praderas	Algodón	Praderas
Alfalfa		Arado	
Citrus		Rastrojos	
Campo natural (1)	Espacios de veg. Arbustiva o herbácea	Sorgo forrajero	Praderas
Campo natural (2)		Alfalfa – Moha	
Eucalipto	Forestación artificial	Azúcar	Cultivos permanentes
Pino		Campos naturales diversos	Espacios de veg. Arbustiva o herbácea
		Montes cerrados	
Palmar	Bosques	Montes abiertos	Bosques
Monte cerrado		Desmontes	
Monte abierto		Bajos pantanosos	Zonas húmedas continentales
Bosque ribereño		Pajonales	
Bosque misionero		Montes en humedales	
Agua (diversos cuerpos)	Agua	Agua (diversos cuerpos)	Agua
Vegetación de islas (varias)	Zonas húmedas continentales	Urbanizaciones	Urbanizaciones
Esteros			
Urbanizaciones	Urbanizaciones		

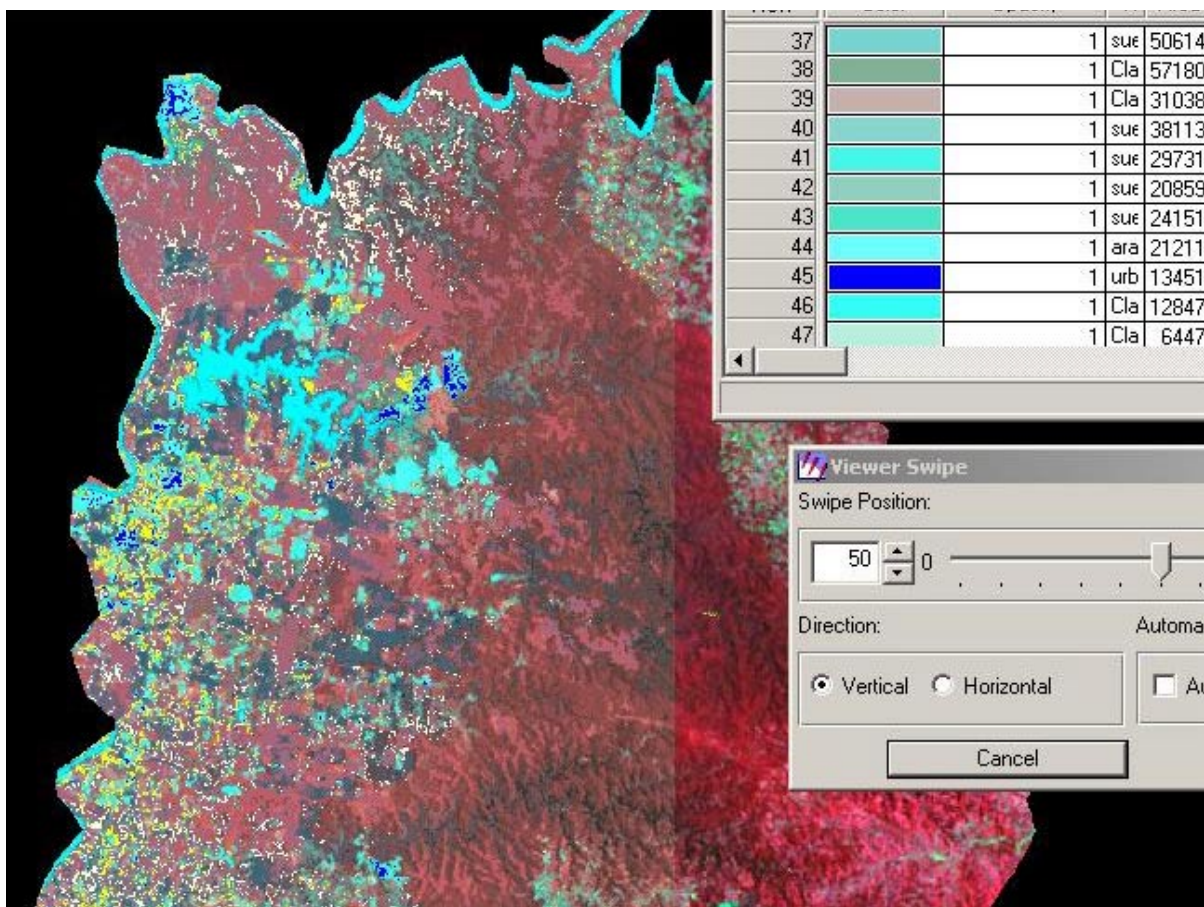
Vale resaltar que de la totalidad de los datos de campo, el 33 % (5700 registros) correspondió a lotes ocupados por soja.

Se reclasificaron finalmente en diez (10) categorías de uso u ocupación del territorio como puede verse en el cuadro 3 y se calcularon las áreas en hectáreas para cada clase.

De las clasificaciones sin recodificar, puede verse que el área ocupada por el cultivo soja, tanto de primera como de segunda, suman 9.341.076,25 ha y los montes naturales de diversa envergadura y tipo ocuparon 320.448.074 ha.

Para cada imagen clasificada se realizaron las pruebas evaluativas de la precisión, construyendo las matrices de confusión y obteniéndose los índices Kappa. Para éstos análisis se utilizaron los datos de campo que habían sido resguardados a ese efecto.

**Figura 2: Ejemplo de imagen, clasificación y tabla de atributos.**



Para la imagen 225: la separabilidad entre firmas fue de 76,7162 tomando en cuenta las 5 bandas disponibles, obteniéndose un ajuste de la evaluación de 90,00 % y el Kappa de 0,8784, para la imagen 231 el ajuste fue de 75.86% y Kappa = 0.695, en el ajuste a la clasificación de la 227 se obtuvo un 72.97% con un Kappa = 0.7059. Los ajustes para las demás clasificaciones se ubicaron intermedio de estos valores, por lo que podemos considerar una aceptable precisión en las clasificaciones que en promedio supera el 78 %.

**Cuadro 3: Superficies de ocupación determinadas por clasificación supervisada.**

<b>TIPO DE COBERTURA</b>	<b>CLASE AGRUPADA</b>	<b>AREA EN HA</b>
SOJA	TIERRAS DE LABOR	19.014.700
MAÍZ		
ARROZ		
ALGODÓN		
OTROS CULTIVOS		
RASTROJO		
ARADO EN MONTES		
ARADO		
ALFALFA O PRADERAS	PRADERAS	4.245.428
SORGO		
CAÑA DE AZÚCAR	CULTIVOS PERMANENTES	184.947
CITRUS		
PINO	FORESTACIÓN	1.046.826
EUCALIPTUS		
CHACRAS (MAÍZ, TABACO, HUERTA, PRADERAS)	ZONAS AGRÍCOLAS HETEROGÉNEAS	35.700
PALMARES	BOSQUES	29.718.825
MONTE		
MONTE HUMEDO		
BOSQUE MISIONERO		
CAMPO NATURAL	ESPACIOS DE VEGETACIÓN ARBUSTIVA Y/O HERBÁCEA	15.280.925
SALINAS	ESPACIOS ABIERTOS CON POCA O SIN VEGETACIÓN	349.909
AGUA	AGUA	1.517.482
HUMEDALES	ZONAS HÚMEDAS CONTINENTALES	9.176.663
URBANIZACIÓN	ZONAS URBANAS	679.364

### **CONCLUSIONES**

El procesamiento digital de las imágenes SAC-C, permitieron realizar un estudio-inventario de la ocupación del suelo en un territorio sumamente extenso y diverso, en tiempo realmente operativo.

En particular para los trabajos que se llevan a cabo desde el CIOMTA, este tipo de datos raster se incorpora al Sistema Integrado CIOMTA –SIC- como una capa más, aportando datos valiosos y actuales a la hora de realizar análisis territoriales.

Del análisis visual de las clasificaciones resultantes, puede identificarse las áreas de bosques, montes y pastizales nativos que están siendo incorporados a la agricultura. Dato que nos lleva a hacer un llamado de alerta por la fragmentación espacial que están sufriendo nuestra vegetación nativa.

## REFERENCIAS CITADAS

Brizuela, A. B. y Carñel G. E. 2004. **Sistemas de Información Geográfica para los recursos naturales de Entre Ríos**. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos, Comunicación personal.

Duke M., Martínez M. y J. Skelton, 1999. **IMAGINE Developers Toolkit Software Development**. **ERDAS, Inc.** Atlanta, Georgia, USA.

<http://www.conae.gov.ar>

Marlenko, N. 2003. Capítulo 6 **Usos de la tierra**. En Facultad de Agronomía UBA (ed) *Sensores remotos aplicados al estudio de los recursos naturales* 102-107. Buenos Aires, Argentina.

Zúñiga, F. B. 2004. **Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales**. Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma de Yucatán, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Instituto Nacional de Ecología. México DC. 509 p.