VOL. 39, Nº 1 JUNIO 2015 ISSN 0717-2915

Revista Journal SELPER

Misiones
Imagen de satélite Lansat ETM+

REVISTA JOURNAL

SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE PERCEPCION REMOTA Y SISTEMAS DE INFORMACION ESPACIAL • SOCIEDADE LATINO-AMERICANA EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO ESPACIAI • LATINAMERICAN SOCIETY ON REMOTE SENSING AND SPACE INFORMATION SYSTEM

SELPER

VOL. 39 Nº 1 Junio 2015 ISSN 0717-2915

FOTO PORTADA

Misiones

Subescena correspondiente a la imagen 224/078, su fecha de adquisición corresponde al 4 de octubre de 2009 del Landsat 7 ETM+. En ella se pueden observar los diferentes colores que imprime el Falso Color Compuesto Standar. La represa de Itaipú, sobre el río Paraná, domina el norte de la subescena, en tanto la selva Paranaense, hace lo mismo al sur. Serpenteando desde el este, el río Iguazú da lugar a las famosas Cataratas, declaradas Patrimonio de la Humanidad y una de las Siete Maravillas

EJEMPLAR DE DISTRIBUCION GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DIRECTORIO SELPER, SEDE MEXICO 2014- 2016
Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas
Cra. 8 #40-62, Bogotá, Chapinero, Colombia
Tel. +57 1 3239300
Lrocha@selper.org

PRESIDENTE
Luz Angela Rocha Salamanca
Colombia

VICE-PRESIDENTE
Laurent Durieux
Francia

VICE-PRESIDENTE
Miriam Esther Antes
Argentina

RESPONSABLE DE DIVULGACIÓN ELECTRÓNICA
Rafael Galeano
Colombia

COMITÉ DE RELACIONES INTERNACIONALES
Olga Piedad Rudas (Colombia)
Presidente interina
Laurent Durieux – Francia
Marie Jose Lefevre Fonollosa - Francia
Jean Francoise Mas Caussel- Mexico
Maurizio Fea - Italia
Anyul del Pilar Mora - Colombia
Washintong Franca Rocha - Brasil
Victor Barrena - Perú
Ramiro Salcedo - Venezuela

COMITÉ EDITORIAL
María Cristina Serafini (Argentina)
Presidente
Fabián Lozano – México
Laercio Massaru Namikawa - Brasil
Silvia Casas - Mexico
Javier Fuentes - Colombia
Freddy Flores – Venezuela

COMITÉ DE EDUCACIÓN
Maria Antonia García Cisnero (Cuba)
Presidente
Rosa Maria Aguilar- Venezuela
Laura Delgado - Venezuela
Alvaro Enrique Ortiz Davila - Colombia
Joselisa Ma. Chávez - Brasil
Luz Angela Roca Salamanca - Colombia

COMITÉ DE PROYECTOS INTERNACIONALES
Paulo Roberto Martini (Brasil)
Presidente
Federico Gonzalez Alonso – España
Alfredo Cuello – Argentina
Pedro Luis Garcia – Cuba
Maria Antonia Garcia – Cuba
Roberto Castro Rios – Chile

CAPÍTULOS CONSTITUIDOS

ARGENTINA
Miriam Esther Antes
Universidad Nacional de Luján (PRODITEL)
Fuerza Aérea Argentina (CSR)
Cruce Rutas 5 y Ex. 7 (6700)
Luján, Buenos Aires, Argentina
Tel: 54 - 2323- 420380 - int. 248
Fax: 54 - 2323- 425795
E-mail: selperargentina@gmail.com

BRASIL
Laércio Massuru Namikawa
INPE
Av. Dos Astronautas 1758, Sao José dos Campos
San Pablo, Brasil
Tel: 55 - 12-39456000
E-mail: laercio@dpi.inpe.br

CHILE
Hector Gutierrez Mendez
E-mail: hector.gutierrez@cenia.cl

COLOMBIA
Luz Angela Rocha Salamanca
Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas
Cra. 8 #40-62, Bogotá, Chapinero, Colombia
Tel. +57 1 3239300
E-mail: lrocha@selper.org

CUBA
Pedro Luis García Pérez
Sede UNAICC, Humboldt No. 104,
Esquina a Infanta, Vedado, La Habana, Cuba
Telf.: (5 37) 8363447
E-mail: lgarcia@ch.unaicc.cu

ECUADOR
Cor. Ricardo Urbina
CLIRSEN
Edif. Instituto Geográfico Militar, Piso 4
Seniergues s/n y Paz y Miño
Apartado Postal 17-08-8216
Quito, Ecuador
Tel.: 593- 2- 254-3193
Fax: 593- 2- 255-5454
E-mail: ricardo.urbina@clirsen.com

GUATEMALA
Carlos Alberto Duarte
Ingeniería Virtual
Ruta 4, 6-49 Zona 4, Oficina 14
Ciudad de Guatemala (01004), Guatemala
Tel: 502 - 334-1039/4038
Fax: 502 - 331-9390
E-mail: chduarte@hotmail.com

GUYANA FRANCESA
Laurent Polidori
Directeur de Recherche IRD / US ESPACE 140
Institut de Recherche pour le Développement (ex-ORSTOM)
Route de Montabo - BP 165 - 97323 Cayenne cedex
Tel. (+594) 594 29 92 81
Fax (+594) 594 31 98 55
E-mail:polidori@cayenne.ird.fr

MÉXICO
Jean Francois Mass
UNAM Campus Morelia
Morelia, Michoacan, México
E-mail: jfmas@ciga.unam.mx

HAITI
Jean Vernet Henry
Universidad de Haiti
E-mail: recteur@ueh.edu.ht

URUGUAY
Antonio Alarcón
Servicio de Sensores Remotos
Aeroespaciales Fuerza Aérea Uruguaya
Ruta 101 s/n Km. 19500
Carrasco, Canelones, Uruguay
Tel.: 598 -2 601 4083
Fax: 598 -2 601 4090
E-mail: aalarconv@hiotmail.com

VENEZUELA
Freddy Flores
E-mail: freddyf@fii.gob.ar

PERÚ
Victor Barrena Arroyo
Universidad Nacional Agraria La Molina
Av. La Universidad s/n
La Molina, Lima, Perú
Tel / Fax: 51-1-349-5647 anexo 232/349-2041
E-mail: vbarrena@lamolina.edu.pe

CAPÍTULOS ESPECIALES

ALEMANIA
Klaus Reiniger
DLR
D-8031 Oberpfaffenohfen
Alemania
Tel: 49- 8153- 281.189
Fax: 49- 8153- 281.443

CANADÁ
Fritz P. Dubois
25 Nidland
Crs Nepean Ontario Kh2-8n2
Ontario, Canadá
Tel: 613- 596-4164
Fax: 613- 723-9626

ESPAÑA
Jose Antonio Sobrino
Universidad de Valencia
E-mail: jose.sobrino@uv.es

HOLANDA
Carlos Valenzuela
ITC
350 Boulevard 1945, P.O.X. 6. 7500 AA
Enschede, Holanda
Tel.: 31 53 874-444
Fax: 31 53 874-400

ITALIA
Francesco Sarti
ESA/ESRIN
Via Galileo Galilei, s/n
I-00044 Frascati, Italia
Tel: 39 - 694180409
Fax: 39 - 694180602
E-mail: Francesco.Sarti@esa.int

FRANCIA
Marie Jose LefevreFonollosa
Centro Nacional de Estudios Espaciales
E-mail: marie-jose.lefevre@cnes.fr

USA
Patricia M. Ravelo
SPOT
Estados Unidos
Tel: 1-800-ask-spot ext. 137
Fax: 703-648.1813
E-mail: ravelo@spot.com

COMITÉ EDITORIAL

María Cristina Serafini (Argentina)
PRODITEL
Universidad Nacional de Luján
Cruce rutas 5 y ex 7
(6700) Luján, Buenos Aires, Argentina
Tel: 54-2323-423171 int 248
Fax: 54-2323-425795
E-mail: proditel@mail.unlu.edu.ar

Laercio Massaru Namikawa (Brasil)
E-mail: aercio@dpi.inpe.br

Silvia Casas (Mexico)
E-mail: silvia.casas757@gmail.com

Fabián Lozano (Mexico)
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
Av. Euganio Garza Sada # 2501 sur, Col. Tecnológico, Monterrey, Nuevo León, México
Tel: 52 - 81 - 8358 - 1400 ext 5275
Fax: 52 - 81 - 8358 - 6280
E-mail: dflozano@itesm.mx

Javier Fuentes (Colombia)
E-mail: hjavierf@gmail.com

Freddy Flores (Venezuela)
Fundación Instituto de Ingeniería
Carretera Vieja de Baruta, Sector Sartenejas, Urb. Monte Elena II
Caracas, Venezuela
Tel: 58 2-903 4661-4610
Fax: 58 2- 903 4780
E-mail: freddyf@fii.org

COMITÉ DE EVALUADORES

Graciela Marin
(SEGEMAR - Argentina

Walter F. Sione
(UNLu / UADER - Argentina)

Mirta Raed
(UBA - Argentina)

ÍNDICE TEMÁTICO

- **ESTUDIO MULTITEMPORAL DE HIELOS MARINOS Y TERRESTRES EN LA ZONA NORTE DE LA PENÍNSULA ANTÁRTICA**

  Lorenzo, Beatriz
  Sánchez, Yolanda
  Antes, Miriam
  Alfredo, Cuello
  Ramón, Román 5

- **PROPUESTA METODOLÓGICA PARA PROFUNDIZAR Y ACTUALIZAR EL CONOCIMIENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LOS SUELOS EN MENDOZA, ARGENTINA**

  Langer, Karen
  Sedevich, Ana 15

- **UTILIZACIÓN DE DATOS SATELITALES ASTER PARA LA PROSPECCION DE MANIFESTACIONES DE ROCAS ZEOLÍTICAS EN LA PROVINCIA DE CHUBUT**

  Castro Godoy Silvia
  Eva Donnari
  Martin Gozalvez
  Guillermo Cozzi 25

- **EFECTO DEL CULTIVO DE SOJA SOBRE EL PATRÓN ESPACIAL DE INTENSIFICACIÓN EN EL SUDESTE BONAERENSE**

  Domenech, Marisa
  Mauricio Castro Franco 30

Editado por: SELPER Internacional
Universidad Nacional de Luján
Rutas 5 y ex 7, (6700) Luján - Bs. As. - ARGENTINA

EJEMPLAR DE DISTRIBUCIÓN GRATUITA PROHIBIDA SU VENTA

PLAN EDITORIAL SELPER 2014 - 2016

PLAN EDITORIAL SELPER

A partir de las decisiones adoptadas en el marco del XIII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial, llevado a cabo en La Habana, Cuba, en setiembre de 2008, la edición de la Revista SELPER está disponible en la página de nuestra Sociedad: http://www.selper.org.

En esta oportunidad hacemos llegar la publicación del Volumen 39 Número 1, donde se incluyen trabajos que han sido presentados en las Jornadas Argentinas de Geotecnologías, organizadas por la Universidad Nacional de Luján, la Universidad Nacional de San Luis y la Sociedad de Especialistas en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial (SELPER), llevadas a cabo en San Luis, en setiembre de 2015.

NORMAS PARA LOS AUTORES

Los artículos recibidos serán enviados a tres (3) expertos en la temática para su revisión. Los trabajos aprobados serán publicados en estricto orden, de acuerdo a las fechas de llegada de las contribuciones.

Los idiomas oficiales SELPER son: Español, Portugués e Inglés.

Los trabajos deberán estructurarse contemplando las siguientes secciones:

a) Título del trabajo. Nombre de los autores y direcciones completas

b) Resumen (no más de 150 palabras) indicando al final las palabras claves. Deberá incluirse en Español o Portugués, además de Inglés

c) Introducción

d) Objetivos

e) Metodología empleada y materiales

f) Resultados obtenidos

g) Conclusiones

h) Bibliografía: sólo se incluirá la citada en el texto. Se indicarán los autores, por orden alfabético, año, título, revista o medio donde fue publicado, incluyendo volumen y páginas, cuando corresponda.

Los títulos y subtítulos de cada sección deberán estar claramente indicados (ya sea con numeración o tamaño de letras). Las tablas, fotos y figuras deberán ser suficientemente nítidas, llevar un título y estar numeradas en forma consecutiva.

Se deberá enviar una copia del trabajo en formato Word y una copia papel. La extensión total del trabajo no deberá superar las 12 páginas, (DIN-A4).

Los trabajos se enviarán a: editorial@selper.org

ESTUDIO MULTITEMPORAL DE HIELOS MARINOS Y TERRESTRES EN LA ZONA NORTE DE LA PENÍNSULA ANTÁRTICA

Lorenzo, Beatriz (1); Sánchez, Yolanda (1); Antes, Miriam (2) (3), Alfredo, Cuello (2) (3) y Ramón, Román (1)

(1) Servicio de Hidrografía Naval, Secretaría de Planeamiento
belorenzo@gmail.com, ydlasanchez@gmail.com, hielo.marino@gmail.com
(2) PRODITEL, Universidad Nacional de Luján
(3) Centro de Sensores Remotos, Fuerza Aérea Argentina
selperargentina@gmail.com, alfredo.cuello@gmail.com

Palabras Clave: hielo marino, imagen SAR, Antártida, análisis multitemporal

RESUMEN

La Antártida es un vasto territorio, con mayor o menor grado de accesibilidad de acuerdo a las épocas del año, lo que determina su carácter de inhóspito, no posee población estable y con cobertura de hielos marinos y témpanos durante casi todo el año. El continente Antártico se encuentra localizado al Sur del paralelo de 60º, representando el 90% de los hielos del planeta y casi las ¾ partes de las reservas de agua dulce del mundo. Asimismo, la Antártida regula el clima a través de corrientes marinas, vientos, témpanos, del espesor y la concentración del hielo marino. El área de estudio corresponde a la zona Norte de la Península Antártica, donde se encuentran localizadas las bases Marambio, Esperanza y Petrel; la misma reviste importancia desde el punto de vista geográfico y estratégico, en función de las operaciones logísticas y de abastecimiento a las bases antárticas argentinas. El objetivo de este estudio fue identificar los distintos tipos de hielo marino y terrestre a través del análisis visual y digital de imágenes satelitales y con vuelos de reconocimiento. Las imágenes de Radar de Apertura Sintética (SAR) son muy útiles en las regiones australes por las condiciones meteorológicas adversas, durante la mayor parte del año y con alta frecuencia de cobertura de nubes. Para el presente estudio se utilizaron datos de radar Sentinel 1 A y ópticos (Terra MODIS). Se complementaron con datos de observación terrestre y de vuelos fotográficos realizados desde la base Marambio. La información obtenida del procesamiento y el análisis de los datos resulta de suma importancia para la evaluación y monitoreo ambiental del área como así también en futuros estudios de tipos de hielo marino en otras regiones.

ABSTRACT

Antarctica is a vast territory with varying degrees of accessibility according to the seasons, which determines its inhospitable character. Antarctica has no stable population and is covered by sea ice and icebergs almost all year. The Antarctic continent is located at south of 60th parallel, represent 90% of the ice on the planet and almost the three quarters of potable world water reservoir. Moreover, Antarctica regulates the climate through ocean currents, winds, icebergs, the thickness and concentration of sea ice. Our study area corresponds to northern Antarctic Peninsula, where are located Marambio, Esperanza and Petrel bases. This area is important in geographical and strategical terms for logistics operations and supply balance of the Argentine Antarctic bases. The aim of our study was to identify the different types of sea ice and land ice through visual and digital analysis by satellite images and aerial reconnaissance. It is important to note that the images of Synthetic Aperture Radar (SAR) are very useful in the southern regions with adverse weather conditions during most of the year and have highest frequency of cloud cover. For the present study we used optical data (MODIS Terra) and radar data (Sentinel 1 A) supplemented with observations and photographic flights from Marambio base. The information obtained is extremely important for the evaluation and environmental monitoring of this area as well as for future studies of different types of sea ice in other regions.

Keywords: sea ice, SAR image, Antarctica, Multitemporal analysis

INTRODUCCIÓN

La información de observación de la Tierra proveniente de sensores remotos, se ha convertido en una herramienta de apoyo muy valiosa para la toma de decisiones por parte de los gobiernos y el sector privado. La interpretación y análisis de los productos de sensores remotos ha permitido realizar de manera más eficiente la planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de proyectos optimizando el aprovechamiento de los recursos y su sostenibilidad (Arias Duarte et al. 2010).

El hielo marino se forma a partir del congelamiento del agua del mar, ya sea a lo largo de las costas, en el fondo del mar o flotando en la superficie. Las áreas más importantes de hielo a la deriva son las zonas polares, el continente antártico al estar rodeado de océanos, sobre el cual influyen solo corrientes frías marinas, le otorga una particularidad especial y es por ello que el estudio del comportamiento del campo de hielo marino, es de suma importancia dado que el mismo tiene un impacto climático significativo a nivel local y global.

La extensión del hielo marino antártico soporta uno de los más grandes cambios estacionales de la superficie de la Tierra (Turner & Pendlebury, 2002). Según Sala *et al*. (2009), el hielo marino es en su mayor parte estacional y con tan sólo unos pocos metros de espesor sobrevive al verano, logrando así, pasar de un año a otro. La extensión del mismo oscila entre 18 y 3 millones km^2, según se trate de invierno o verano, respectivamente. Los registros de los últimos treinta años indican que no existe una tendencia bien definida para la totalidad del hielo marino antártico.

Los cambios regionales y globales de la concentración y extensión del hielo marino influyen sobre las condiciones oceánicas y atmosféricas, produciéndose un efecto de retroalimentación en el sistema océano-atmósfera-hielo. Para entender el clima de altas latitudes del Hemisferio Sur es importante cuantificar no solamente la extensión del hielo sino también su concentración ya que la región antártica actúa como un sumidero en el ciclo de energía global (Simmonds 1998; Watkins & Simmonds, 2000).

El área de estudio del presente trabajo se encuentra localizada al Sur de 60° S y en la zona Norte de la península Antártica, donde se ubican las bases argentinas: Esperanza, Marambio y Petrel. La situación glaciológica, durante la Campaña Antártica de Verano 2015 (CAV), en esta zona de la península, presentaba dificultades de accesibilidad a la Base Marambio, pues se dispone únicamente de un buque polar para efectuar las tareas de aprovisionamiento.

Debido a las características de estructura de los buques polares, estos presentan limitaciones en la navegación en campos de hielo marino, con determinados espesores y con gran concentración.

La necesidad de realizar un asesoramiento en relación a las condiciones glaciológicas imperantes en la zona norte de la península antártica, como apoyo a las tareas de abastecimiento a las bases antárticas con mayor detalle y precisión, requieren la utilización de imágenes de sensores ópticos, y de radar, a fin de obtener a través de su análisis, información relevante para la planificación y el desarrollo de las tareas logísticas.

En el presente trabajo se utilizaron productos del sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), que está incorporado a los satélites Aqua y Terra. Estos satélites forman parte de la misión EOS (Earth Observing System) de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA). La órbita del satélite Terra es realizada de norte a sur y pasa sobre el Ecuador de mañana, mientras que el Aqua orbita de sur a norte y pasa sobre el Ecuador por la tarde. La utilización de estos datos optimiza el estudio de la dinámica global y los procesos que ocurren en los océanos y en la atmósfera inferior (http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php)

Las imágenes del satélite Sentinel 1 A utiliza pulsos de radar para crear imágenes de la superficie de la Tierra. Las imágenes no se ven afectadas por las nubes y se obtienen tanto de día como de noche, esta característica reviste suma importancia teniendo en cuenta que en estas zonas a partir del mes de mayo las horas de iluminación solar disminuyen hasta casi mediados del mes de septiembre (https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/sentinel-1).

La energía retrodispersada por el hielo marino y captada por el sensor es muy superior a la del océano circundante, lo que permite identificar y diferenciar ambas coberturas. Como la cantidad y el carácter de la energía reflejada son funciones de las propiedades físicas del hielo marino, la tipificación del mismo suele ser bastante compleja, esto dificulta el análisis y la interpretación de las imágenes con presencia de diferentes coberturas de hielo marino.

Este trabajo tiene como objetivo identificar y analizar los distintos tipos de hielos marinos y terrestres en el sector Norte de la Península

Antártica, mediante el uso de imágenes satelitales ópticas y de radar, y evaluar el aporte de ambos sensores, ajustando dicho análisis a través de un vuelo fotográfico de reconocimiento de mayor detalle que permita validar la información satelital.
Por otro lado es importante considerar la topografía del hielo y la cubierta de nieve fresca que constituyen factores que distorsionan la respuesta de la señal o la enmascaran dificultando la identificación de los distintos tipos de hielo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio es la zona Norte de la Península Antártica y se localiza entre los 61º 30' y 64º 50' de latitud Sur y los 54º 20' y 59º 30' de longitud O (Figura 1), corresponde en su mayor parte al Golfo Erebus y Terror, caracterizado por ser abierto hacia el este-sudeste, limita al Norte con el archipiélago Joinville, el estrecho Antarctic y la península Tabarín, al Oeste con la isla Vega y James Ross y al Sur con la isla Marambio y el Mar de Weddell.
En esta región, la concentración del hielo marino que cubre las aguas varía significativamente año a año y las condiciones glaciológicas favorables sólo ocurren en algunos veranos. La corriente del giro del Weddell desplaza no sólo a los témpanos sino también a los hielos marinos que provienen desde el Sur del mar de Weddell, cuyo espesor es importante y hace más peligrosa la navegación en la zona.

Figura 1. Localización del área de estudio

Materiales

En el presente trabajo se utilizaron imágenes ópticas y radar que se detallan a continuación (Tabla 1).

Tabla 1. Imágenes ópticas y radar

Imágenes	Satélite / Sensor	Fechas
Imagen óptica	Terra MODIS	23 / 01/ 15
Imágenes radar	Sentinel 1A	22-25 / 01/15 y 18/ 02/15

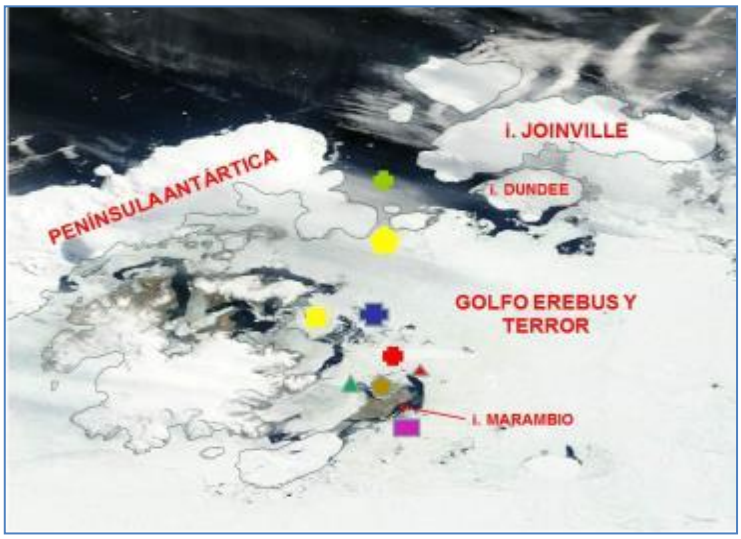
El producto Terra MODIS utilizado, corresponde Antartica r05 c01 Subset Terra 1 km True color. Este producto fue adquirido a través de la página: https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/rapid-response.
Las imágenes radar correspondientes al satélite Sentinel 1A. Este satélite posee a bordo un Radar de Apertura Sintética que trabaja en banda C con capacidad de polarización dual, con ángulos de incidencia entre 20° y 45°. Tiene cuatro modos de adquisición (cada uno de ellos con una determinada resolución, cobertura y polarización). Permite obtener información relacionada con el medio ambiente y la seguridad, con importantes beneficios tales como: determinar la extensión y el mapeo del hielo marino (https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/sentinel-1). Estas imágenes fueron adquiridas a través de la página del POLAR VIEW, http://www.polarview.aq.

Software empleado

- NEST 5.0 (ESA)
- SOPI 2.1.2 (CONAE)

Metodología

Se realizó una revisión de los trabajos existentes relacionados con la utilización de datos ópticos y de radar en hielos marinos y témpanos. A partir de esos datos se estructuró una serie de mapas temáticos correspondientes a la clasificación de los estados de desarrollo del hielo marino y la deriva de los témpanos en la zona.
La imagen Terra MODIS fue procesada con el software SOPI, en la misma se identificaron los puntos de control (Figura 2) coincidentes con los sitios relevados mediante fotos aéreas (Figura 3), tomadas en el vuelo glaciológico efectuado en la misma fecha de toma de la imagen (Figura 4).



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	FOTO
	G. EREBUS Y TERROR	1
	TÉMPANO B15Y	2
	ISLA COCK-BURN	3
	BAHÍA LÓPEZ DE BERTOLANO	4
	BAHÍA PINGÜI-NO	5
	DESPEGUE - REGRESO	6
	NORESTE - TÉMPANO – RE-GRESO	7
	ESTRECHO FRIDTJOT	8
	ISLA DUNDEE	9
	ESTRECHO ANTARCTIC	10

Figura 2: Puntos de control. Imagen MODIS 23 de enero de 2015

	Foto 1. Campo de hielo marino con concentraciones de 7-9/10 de hielo marino viejo y del primer año con algo de hielo joven, pocos témpanos. En dirección al Golfo Erebus y Terror el campo de hielo aumenta 9/10 de hielo viejo, del primer año con pasta. Se observa mucho acordonamiento producto del efecto de presión con algunas líneas de agua muy pequeñas.
	Foto 2. El témpano B 15Y ubicado al norte de la isla Marambio, cuyos puntos extremos son: 64° 06 S / 56°48 W y 64° 10 S / 56° 24 W, rodeado de espacios de agua originados por el movimiento del témpano.
	Foto 3. Campo de hielo disgregado sin presión, en cercanías de isla Cockburn
	Foto 4. Bahía López de Bertodano (bahía al Oeste en isla Marambio), se observan bandejones, tortas, escombros de hielo viejo y del primer año, con una concentración de hielo de 5/10, con algunos signos de fusión.
	Foto 5. Bahía Pingüino (bahía al Este de isla Marambio): campo de hielo del primer año disgregado con menor concentración y con témpanos a la deriva, asociado a la situación meteorológica imperante.
	Foto 6. Zona de 9-10/10 de hielo del primer año y viejo con mucha pasta producto de las nevadas recientes en la zona. En dirección a península Tabarín y al pasar la posición del témpano, el campo es de 10/10 de hielo viejo, con cordones y montículos.
	Foto 7. Zona de hielo pesado al Norte y Este del témpano. 9/10 con líneas de agua muy pequeñas.
	Foto 8. En el estrecho Fridtjof disminuye la concentración de hielo y se observan témpanos a la deriva.

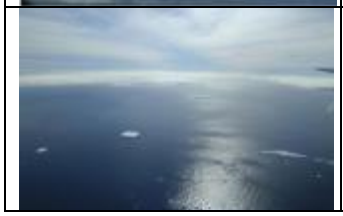
	Foto 9. En zona sudsudeste de la isla Rosamel muchos témpanos y tempanitos a la deriva. Entre rada Petrel e isla Rosamel: 3-4/10 de hielo del primer año en forma de bandejas y tortas.
	Foto 10. Estrecho Antarctic y bahía Esperanza: afectada la zona por cintas y fajas de hielo dispersas, con témpanos a la deriva.

Figura 3. Sitios relevados mediante fotos aéreas

Figura 4: Trayectoria del vuelo glaciológico

RESULTADOS

Utilizando la información de las fotos del vuelo glaciológico y el producto Terra MODIS, del 23 de enero (Figura 5) se realizó una clasificación multiespectral supervisada (Figura 6), obteniendo un mapa temático con seis clases temáticas (Tabla 2).
Se superpone la máscara de tierra, obtenida en la web del Antarctic Digital Database, sobre la imagen clasificada a efectos de identificar únicamente las clases de hielo marino (Figura 6)

En la zona Norte del golfo Erebus y Terror, se observa en color rojizo y magenta la presencia de hielo viejo de mayor espesor, con fuerte acordonamiento (óvalo amarillo).
En la zona Norte del estrecho Fridtjof y parte del estrecho Antarctic (óvalo negro) se visualiza una zona en color verde no perteneciente a la clase hielo del primer año – hielo fijo, correspondiendo a nubes con presencia de cristales de hielo en altas latitudes.

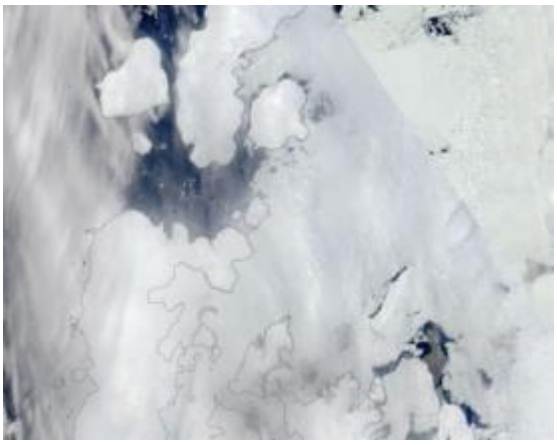


Figura 5. Producto MODIS 23/01/15

Tabla 2. Clases Temáticas

Clases	Color
Libre de hielo marino	Azul
Hielo del primer año – hielo fijo	Verde
Pasta – Nieve	Amarillo
Hielo viejo	Magenta
Témpanos	Rojo
Tierra – glaciar -sin clase	Marrón

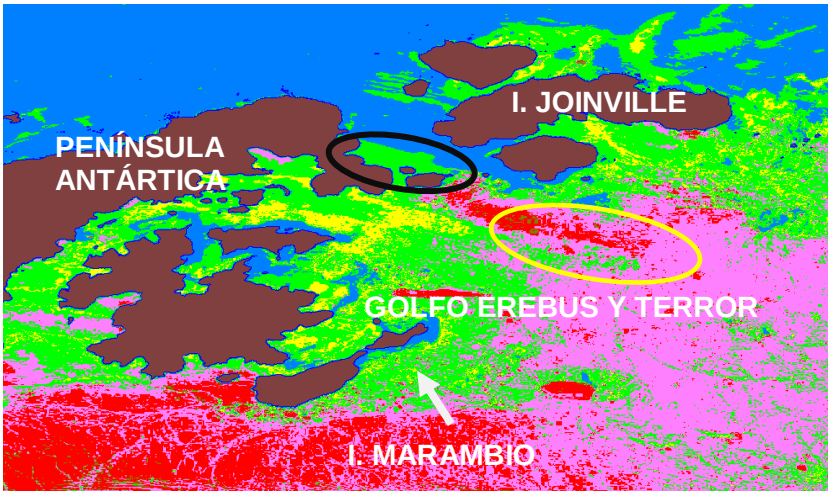


Figura 6. Mapa temático - Imagen MODIS 23/01/15

Con las imágenes Sentinel 1 A de las fechas 22 de enero, 25 de enero y 18 de febrero de 2015, utilizando el software SOPI de procesamiento de imágenes, se obtuvieron subimágenes correspondientes al área de estudio (Figuras 7, 8 y 9). En cada imagen se consideró como aspecto la escala de grises, mejorando el contraste mediante un realce gaussiano, se reproyectaron y se generaron dos composiciones multitemporales color para su interpretación y análisis (Figuras 10 y 11).

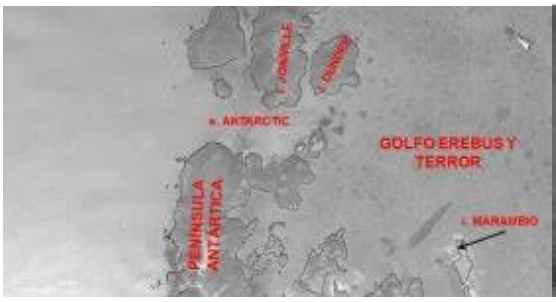


Figura 7. Subimagen, 22 de enero de 2015

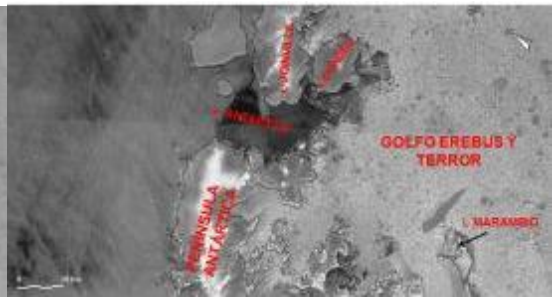


Figura 8. Subimagen, 25 de enero de 2015

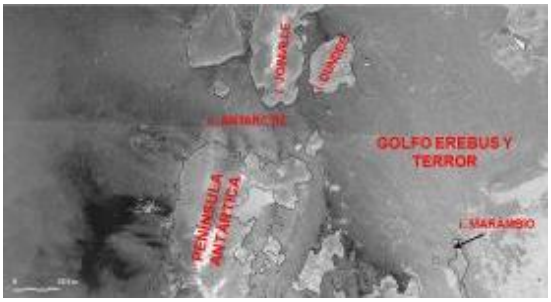


Figura 9. Subimagen, 18 de febrero de 2015

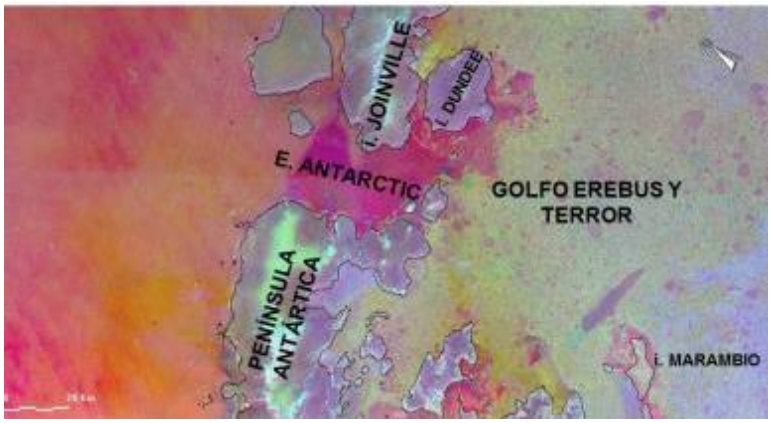


Figura 10. Composición multitemporal color 22/01/15 (R), 25/01/15 (G) y 18/02/15 (B)

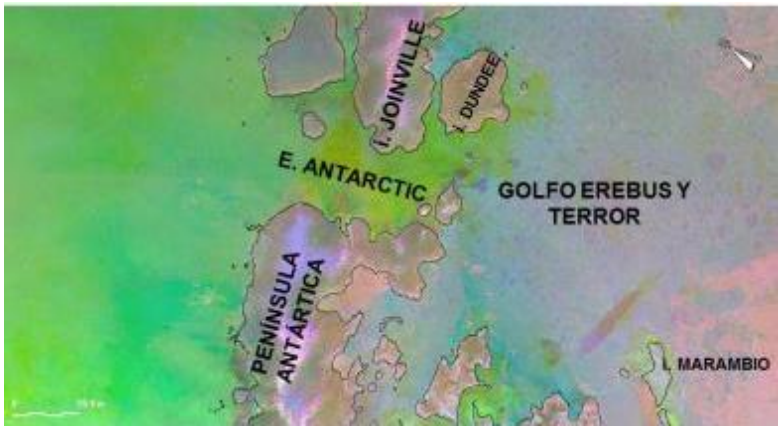


Figura 11. Composición multitemporal color 18/02/15 (R), 22 /01/15 (G) y 25/01/15 (B)

De acuerdo al análisis de las composiciones multitemporales, se observó que el campo de hielo marino fue disminuyendo conforme al avance del verano, ciclo que se cumple con algunas diferencias en años atípicos.

La situación meteorológica, en la zona Norte de la Península, en el periodo de tiempo analizado, presentaba nevadas con vientos fuertes (53,71 km/h) del Sudoeste, manifestándose claramente en la imagen del 22 de enero. Los pixeles claros presentes en la zona Norte de la isla Marambio con dirección a isla Cockburn (óvalo rojo) y en los pequeños espejos de agua en el golfo Erebus y Terror fueron cubiertos por nieve, formando lo que se denomina pasta o grumo, debido a que la nieve en altas latitudes no se derrite y se mantiene sobre la superficie. La misma situación se observa en el Noreste del estrecho Antarctic (óvalo celeste) (Figura 12).

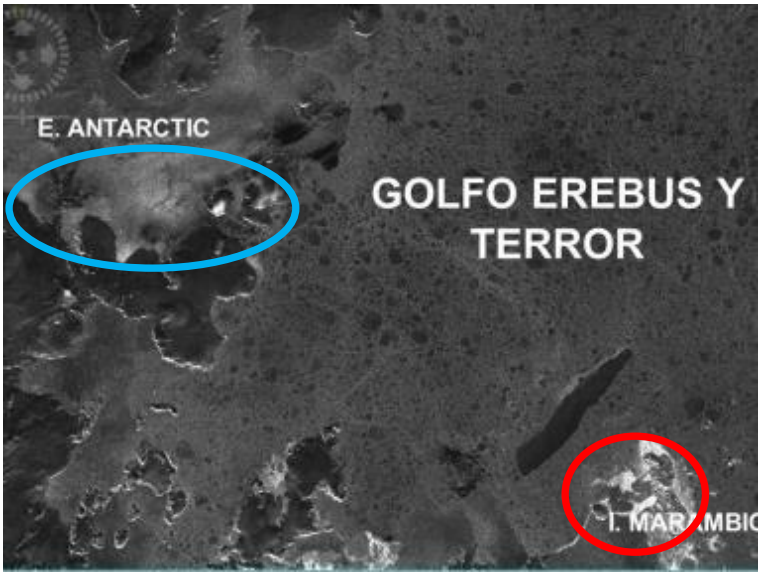


Figura 12. Imagen SENTINEL 1 A del 22/01/15

Considerando la situación meteorológica, se generó una imagen color, en función de seis categorías de intensidad del eco (Figura 13 y Tabla 3).

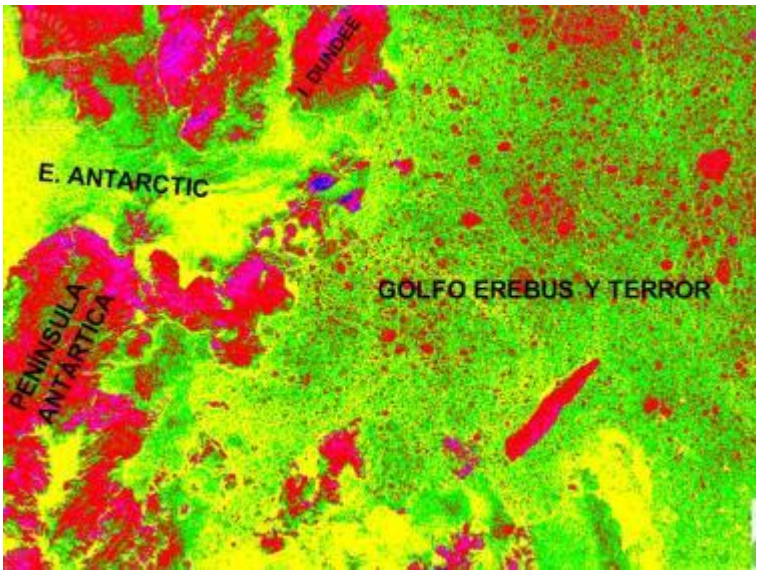


Figura 13. Imagen color - 22/01/15 – Intensidad del eco

Tabla 3. Categorías de intensidad del eco

Categorías	Intensidad del eco	Color
Libre de hielo marino	0 – 130	Azul
Hielo viejo	131 – 200	Magenta
Témpanos	201 – 350	Rojo
Hielo del primer año – hielo fijo	351 – 500	Verde
Pasta – Nieve	501 – 1300	Amarillo
Tierra – glaciar - sin clase	Mayor a 1300	Marrón

No se observaron cambios en la situación glaciológica entre ambas fechas (22 y 23 de enero). El campo de hielo que se localiza en la zona del Estrecho Antarctic, estrecho Fridtjof e isla Marambio se encuentra con concentraciones de hielo marino entre 9-10/10 de hielo viejo, del primer año y nuevo (pasta o grumo), con formas variadas predominando las bandejas de hielo con mucho acordonamiento, tortas, escombros y témpanos.
En esta época del año, las condiciones glaciológicas pueden variar en función de los sistemas meteorológicos imperantes, la descompresión y la deriva del hielo marino, asimismo esta situación se encuentra influenciada por corrientes marinas y mareas.

CONCLUSIONES

El empleo del software SOPI ofrece ventajas en el procesamiento y análisis de las imágenes ópticas Terra MODIS.
Los resultados obtenidos en la clasificación multiespectral supervisada y en el análisis visual fueron satisfactorios, en relación a las clases temáticas consideradas.
La máscara de tierra evita los errores de confusión de la clasificación, entre el suelo antártico cubierto de nieve y las zonas de glaciares costeros o barreras.
La clasificación supervisada demostró la importancia de estas imágenes el monitoreo de la dinámica de los hielos marinos.
Las imágenes Sentinel 1 A demostraron su utilidad para la diferenciación de las categorías de las cubiertas de hielo marino en condiciones meteorológicas desfavorables.
En un futuro cercano, con la constelación Copérnico completa, se incrementara el periodo de revisita y se podrán obtener imágenes con mayor frecuencia temporal y distintas longitudes de onda.
Un objetivo a mediano plazo es continuar con el monitoreo y diseñar cartas de hielo que identifiquen el hielo marino en el Sector Antártico Argentino.

BIBLIOGRAFÍA

Arias, L., Santacruz, A. y Posada, E., 2010. Programa satelital colombiano de observación de la Tierra: una estrategia de innovación y desarrollo tecnológico para Colombia. Revista Análisis Geográficos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (44), 13-29. ISSN. 0120-8551

Sala, H. del Valle, R.A., Bischoff, S.A., Yermolin E. y Rinaldi, C.A., 2009. Acerca de los cambios ocurridos en la Península Antártica. *Ciencia e investigación*. Tomo 59 Nº 2, 26-29

Simmonds, I., 1998. The Climate of the Antarctic Region, in Climates of the Southern Continents: Present, Past and Future, Edited by J.E. Hobbs, J.A. Lindesay and H.A. Bridgman, Published by John Wiley and Son Ltd, 297

Turner, J. y S. Pendlebury, 2002. The international Antarctic weather forecasting handbook. British Antarctic Survey, Cambridge. (http://www.bom.gov.au/weather/ant/handbook/handbook.shtml).

Watkins, A.B. y I. Simmonds, 2000. Current Trends in Antarctic Sea Ice: The 1990s Impact on a Short Climatology. J. Climate, 13, 4441–4451.

http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php

http://www.polarview.aq.

https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/sentinel-1

https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/rapid-response

AGRADECIMIENTOS

A la CONAE por la capacitación recibida.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA PROFUNDIZAR Y ACTUALIZAR EL CONOCIMIENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LOS SUELOS EN MENDOZA, ARGENTINA

Langer, Karen (1), Sedevich, Ana (2)

(1) Facultad de Ingeniería, Universidad Maza, karenursulalangerg@gmail.com
(2) CONICET; Facultad de Ingeniería, Universidad Maza, anasedevich@mendoza-conicet.gov.ar

RESUMEN

Esta propuesta, desarrollada para la provincia de Mendoza, es una metodología de estudio aplicable a cualquier región de interés. Está inspirada en la creciente preocupación por la constante degradación y destrucción que están sufriendo los suelos mendocinos que tienen alto potencial para uso agrícola. Dada la escasez de tierras fértiles, esta situación debería considerarse de emergencia. Al mismo tiempo, no es posible concebir el ordenamiento territorial sin definir primero donde están estas zonas productivas que son el recurso prioritario que asegura la sustentabilidad. El deterioro se produce por la habilitación de tierras altamente productivas como predios para viviendas, industrias, etc. Ante la presunción de que esto ocurre porque quienes poseen el poder de administrar los suelos desconocen con anticipación la calidad productiva de los mismos, se propone esta metodología que busca resolver con la mayor celeridad posible dicha situación. El objetivo general es definir una estrategia de trabajo que oriente el proceso para elaborar una base de datos cartográficos de Capacidad Productiva de los Suelos (CPS). Esto involucra dos objetivos particulares: a) generar un mapa de sitios para estudios edafológicos estratégicamente ubicados en el territorio mendocino; b) establecer un orden cronológico para realizar dichos estudios y determinar con certeza las áreas de suelo a preservar. Esta metodología considera todos los recursos estatales, humanos y tecnológicos, y los estudios pre-existentes para articular rutinas de trabajo que permitan conocer qué espacios son aptos y valiosos para el aprovechamiento productivo; dicho conocimiento sería el fundamento en la decisión de definirlos como “espacios protegidos”.
La clave radica en definir en qué orden deberían llevarse a cabo los nuevos estudios edafológicos para completar la información ya disponible respecto a los suelos mendocinos y gestionar su administración y resguardo. Para ello, especialistas de distintas áreas, coordinadamente, podrían aplicar técnicas de procesamiento de imágenes satelitales y utilizar las herramientas de gestión de datos (GIS) para integrar el conocimiento físico, biológico y ambiental proveniente de: a) información existente en las distintas instituciones gubernamentales, que incluye cartografía de datos climáticos, hídricos, antrópicos, geomorfológicos, etc. ; b) información edafológica de sitios específicos; c) mapas de índices vegetales y minerales y modelos de elevación obtenidos de las imágenes satelitales. Esto conllevaría a delimitar geográficamente “áreas de estudio homogéneas” y consecuentemente a definir sitios potencialmente productivos con niveles de vulnerabilidad asociados a ellos. El mapa de aptitud y el de vulnerabilidad obtenidos serían la clave que las autoridades necesitan para implementar una preservación preventiva; y, al mismo tiempo, la base para organizar cronológicamente los estudios que lleven a la compleción de la base de datos de CPS. En síntesis, se conciben estrategias de estudio a corto plazo, para impulsar la preservación preventiva de los suelos “potencialmente” productivos; a mediano plazo, para ir ratificando o desestimando las conclusiones previamente obtenidas y por ende el resguardo de los suelos en estudio; y a largo plazo, alentando estudios y promoviendo prácticas de automantenimiento en los ámbitos rurales orientados a sostener y mejorar la calidad de vida de la población rural y el valor de las tierras que habita y usufructúa.

Palabras Claves: Ordenamiento Territorial – Suelos Productivos – Vulnerabilidad

ABSTRACT

This proposal, developed for the province of Mendoza, is a methodology of study applicable to any region of interest. It is inspired by the growing concern over the uninterrupted deterioration and destruction affecting Mendoza

soils that have high potential for agricultural use. Given the scarcity of fertile lands, this situation should be considered an emergency. At the same time, considering that soils are the priority resource to ensure sustainability, land management is unacceptable without defining, at first, where the productive areas are. The deterioration is caused by enabling high productive land as land for housing, industry, etc. Assuming that this happens because of those who have the power to manage soils ignore, in advance, the productive quality of them, this methodology seeks to resolve as quickly as possible the situation. The overall objective is to define a working strategy to obtain a map database of Productive Capacity of Soils (CPS). This involves two specific objectives: a) generating a map of sites for soil surveys strategically located in Mendoza territory; b) establishing a chronological order to conduct such studies and determine with certainty the areas of soil to be preserved. This methodology considers all public resources (human, technological and historical surveys) to coordinate work routines that reveal which areas are suitable and valuable as productive lands; such knowledge would be the main support to define them as "protected areas". The key is to define the order of the new soil surveys to complete the information already available concerning to Mendoza soils. To achieve this, specialists from different disciplines, coordinately, could apply satellite image processing techniques and data management tools (GIS) to integrate the physical, biological and environmental knowledge from: a) existing information generated in the various public institutions (climatology, hydrology, man-made infrastructures, geomorphological data, etc); b) soil information about specific sites; c) vegetation index maps, mineral index maps and elevation models obtained from satellite images. This would lead to locate "homogeneous study areas" and, then, to define a Vulnerability Levels Map of Potentially Productive sites associated with them. Both, Potential Productivity and Vulnerability Maps obtained are the key for authorities to implement a preventive preservation; and, at the same time, the support for chronological ordered studies leading to the completion of the CPS database. In short, study strategies are conceived: in the short term, to boost the preventive preservation of "potentially" productive soils; in the medium term, to go ratifying or rejecting the conclusions previously obtained and therefore the safeguarding of soils under study; and in a long-term studies, encouraging and promoting self-maintenance practices in rural areas geared to sustain and improve the quality of life of the rural population and the value of the land where they live and usufruct.

Keywords: Land Management - Productive Soils – Vulnerability

1. INTRODUCCIÓN

La degradación y destrucción del suelo como generador de alimentos es una preocupación a nivel mundial. Específicamente, en Mendoza, el Estado demuestra impotencia frente a la pérdida de tierras altamente productivas que son adquiridas para fines de urbanización con el consecuente conflicto ambiental, social y económico que resulta de ello. Esta situación podría resolverse si quienes poseen el poder de administrar el territorio contaran con la información completa y a escala adecuada de la ubicación de los suelos que, por sus características, es conveniente preservar para uso productivo. Con este interés, se propone una metodología de trabajo que de un modo sistemático y aprovechando los estudios preexistentes permita enriquecer el conocimiento de los suelos mendocinos en el menor tiempo posible para ponerlo a disposición de las autoridades competentes dando así la fundamentación necesaria para resguardar las tierras fértiles bajo la denominación de “Áreas protegidas para Uso agrícola”.

Por considerar que existe una situación de emergencia se recurre a una estrategia para obtener resultados preliminares que permitan frenar el avance de la destrucción de suelos mientras se progresa hacia la concreción del producto final que consiste en una base de datos de capacidad productiva de los suelos (CPS) a escalas parcelarias.

La **Base de Datos de CPS** a generar, es un abanico de mapas de clasificación de suelos: ***Taxonomía, Capacidad de Uso, Aptitud para Riego, Valor Potencial de Capacidad Productiva, Índice de productividad.***

Dada la vastedad del territorio a estudiar, nos preguntamos: ¿cómo planificar los estudios tal que: sean los mínimos necesarios, que se realicen en lugares de potencial riqueza productiva, que cada uno sea representativo de la realidad ambiental de su entorno y que primero sean concretados aquellos situados en lugares de mayor riesgo o más amenazados de sufrir deterioro por mal uso?

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar la CPS, no solo deben estudiarse sus características físicas-químicas locales;

sino todas las variables biofísicas que influyen y/o condicionan su productividad agrícola.
Según Leiva y Ordoñez, 2011, las variables biofísicas son 7 (siete): *textura de la capa arable, profundidad efectiva, apreciación textural del perfil del suelo, drenaje y fertilidad natural, condiciones de altitud y provincias de humedad*.

Pero existe un conjunto más amplio de variables, como se expresa en la tabla 1, dentro del cual podemos identificar tres grupos: a) "Indicadores Directos de la CPS" que son las variables agronómicas propiamente dichas, b) "Indicadores indirectos de la CPS" que son la cobertura vegetal natural y minerales superficiales teledetectables y c) "condicionantes de la CPS" que son todas las variables ambientales que favorecen o perjudican la productividad de los suelos.

Tabla 1: Variables Biofísicas que influyen directa o indirectamente la CPS.

Variables Agronómicas *Indicadores Directos de CPS*	textura de la capa arable, profundidad efectiva, espesor, textura y cualidades químicas de los distintos horizontes del perfil del suelo que determinan su fertilidad natural, apreciación textural del perfil del suelo, drenaje	
Variables Ambientales	*Condicionantes de la CPS*	***Variables Climáticas*** (regionales, locales o micro locales): temperatura, irradiación solar, humedad, vientos, precipitaciones, frecuencia de granizo, frecuencia de heladas. ***Variables Geomorfológicas***: alturas, pendientes, orientaciones, parámetros hidrológicos derivados (direcciones de flujo, divisorias de aguas, zonas de inundación o acumulación de humedad-índice topográfico de humedad), áreas de alta escorrentía. ***Variables Antrópicas*:** infraestructuras de comunicación, edificaciones, cultivos, etc. Presión Antrópica
	Indicadores Indirectos de Potencial CPS	***Cobertura Vegetal*** ***Minerales Teledetectables***

De todo este conjunto, la cobertura vegetal y los componentes minerales teledetectables del suelo son las que pueden cuantificarse en forma relativa utilizando el sensoramiento remoto, con un costo relativamente bajo y en corto tiempo: por lo tanto serán el punto de partida para analizar el territorio mendocino en su totalidad. En cambio, las variables agronómicas, por requerir estudios puntuales e involucrar mayores costos y recursos humanos, serán el último objetivo de estudio en vistas de completar definitivamente la información en los sitios que hayan sido interpretados como sitios clave.
Como algunas de las variables ya han sido medidas y cargadas a bases de datos cartográficos para algunos sectores de la provincia, deberá recurrirse a las distintas fuentes de información para evitar redundar en esfuerzos y acotar las zonas a estudiar a aquellas que sean verdaderamente necesarias.

Las fuentes de información a utilizar son:

a) **Cartografía y bases de datos** producidas en las instituciones del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Se trata de todos los estudios físicos, biológicos y ambientales preexistentes que incluyen además los estudios edafológicos realizados por el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) y el IDR (Instituto de Desarrollo Rural). Es oportuno mencionar el SIAT ("Sistema de Información Ambiental Territorial"). El SIAT es un sistema multi-nodo y descentralizado que está integrando la información procedente de las distintas instituciones. Por sus estrictas normas de control de calidad de los datos es la fuente de datos a consultar en primera instancia.

b) **Suelos en Uso Agrícola no incluidos en el Parcelario Catastral:** que no aparecerán en los mapas catastrales si no están debidamente actualizados y se identificarán por Interpretación Visual.

c) **Imágenes satelitales** Landsat y Aster,

Se partirá de la presunción de que, dada una zona cualquiera bajo estudio, si existe un conocimiento, sino completo, al menos parcial de variables biofísicas favorables a la productividad de su suelo, dicha zona constituirá objeto de interés particular. Al considerar todo el territorio mendocino, el conjunto de zonas de interés o áreas potencialmente productivas ("APP") deberán estudiarse siguiendo un orden específico basado en un "Mapa de Vulnerabilidades" que debe ser generado a partir de toda la información física y ambiental que se pueda recabar.
Con toda ésta información, reunida y ordenada, junto con la que se irá generando, se irán completando y actualizando los mapas edafológicos ya existentes y generando otros nuevos mediante la aplicación de diferentes sistemas de clasificación. La categorización de suelos en base a distintos sistemas de clasificación da la ventaja de tener expresada la bondad de los mismos según concepciones diferentes y utilizando distintos lenguajes científicos o utilitarios lo cual facilitará la transferencia del conocimiento a actores de distintos ámbitos del análisis y gestión y optimizará su utilidad para administrar los suelos.
Se propone la siguiente estrategia de estudios:

- **Selección del Territorio Mendocino a Estudiar** a los efectos de acotar el estudio sólo a las zonas expuestas a deterioro
- **Generación de un Mapa de Unidades de Estudio Homogéneas** en el cual se identificarán las APP para planificar los estudios edafológicos que determinen su productividad
- **Planificación de Estudios Edafológicos** que consistirá en definir donde y en qué orden cronológico se llevarán a cabo los estudios en terreno y laboratorio.
- **Transferencia de la Información Preliminar** a las Autoridades Competentes para posibilitar el accionar anticipado de preservación de las áreas potencialmente productivas
- **Estudios de Campo** para medir las variables agronómicas que permiten caracterizar la CPS.
- **Transferencia de la Información Final** a las Autoridades Competentes para implementar las medidas de protección de suelos productivos.

2.1. Selección del Territorio Mendocino a Estudiar

Se enmascararán todas las áreas que están bajo explotación de algún tipo o que son intangibles ya sea porque se trata de reservas naturales o por algún otro motivo (parcelas urbanas, zonas de explotación de hidrocarburos y minerales, zonas cultivadas, reservas naturales, glaciares, cuerpos de agua, etc.). Esto acotará el territorio que es objeto de investigación

2.2. Generación de Mapa de Unidades de Estudio Homogéneas

Entendiéndose como Unidades de Estudio, áreas que son homogéneas desde todo punto de vista observable, esta etapa consiste en obtener áreas radiométricamente homogéneas (ARH) y luego superponerla con toda la cartografía pre-existente para obtener las Unidades de Estudio Homogéneas.

2.2.1. Clasificación del Territorio en Áreas Radiométricamente Homogéneas

Se aplicarán las técnicas de procesamiento e interpretación digital de imágenes para obtener ARH a partir de imágenes satelitales. El proceso incluirá análisis de imágenes satelitales debidamente georeferenciadas y corregidas y visitas al campo para corroborar la información derivada. Se propone utilizar imágenes Landsat para calcular los "IV" y Aster para calcular los "IM".

- **Índices de Vegetación (IV):** Deberán obtenerse mediante Análisis Multitemporal para garantizar que todas las comunidades vegetales queden consideradas en el cálculo de estos índices independientemente de sus características fenológicas. Con el mapa de IV se identificarán las áreas de "suelos desnudos" donde se calcularán los Índices Minerales si se considera necesario.

- **Índices Mineralógicos (IM):** Serán calculados sólo donde se presuma una posibilidad de potencial productividad. Estos indicadores (de presencia de arcillas, óxidos de Hierro, minerales de alteración, etc.) permitirán clasificar los suelos desnudos valorar su potencialidad productiva.

2.2.2. Delimitación de Unidades Ambientales Homogéneas (UAH)

Se conformará un Sistema de Información Ambiental (SIA) que integre toda la información cartográfica de variables biofísicas que exista.
Eliminación de Información Redundante: Para evitar complejidades que perjudican el proceso de análisis de la información, convendrá analizar qué información es redundante para desestimar la posibilidad de usarla. Por ejemplo, las **Unidades Ambientales de Referencia (UAR)** se han generado a escala provincial a partir del análisis y correlación de las variables

que componen el subsistema físico-biológico, el cual incluye toda la información que compone el **Mapa Geomorfológico de Mendoza**; por lo tanto al usar las Unidades Ambientales de Referencia se podría prescindir del mapa geomorfológico.
En cuanto a los **Modelos de Elevación Digital,** deberían tenerse en cuenta en última instancia, por la posibilidad de agregar detalle en las inmediaciones de las zonas que se interpreten como "Productivas".

La información cartográfica seleccionada superpuesta dará un producto muy complejo, en el que se podrán identificar Unidades Ambientales Homogéneas. A modo de ejemplo, la figura 1 muestra el mapa de unidades ambientales homogéneas generado por combinación de los mapas de distritos agroclimáticos, de UAR y de ecosistemas naturales.

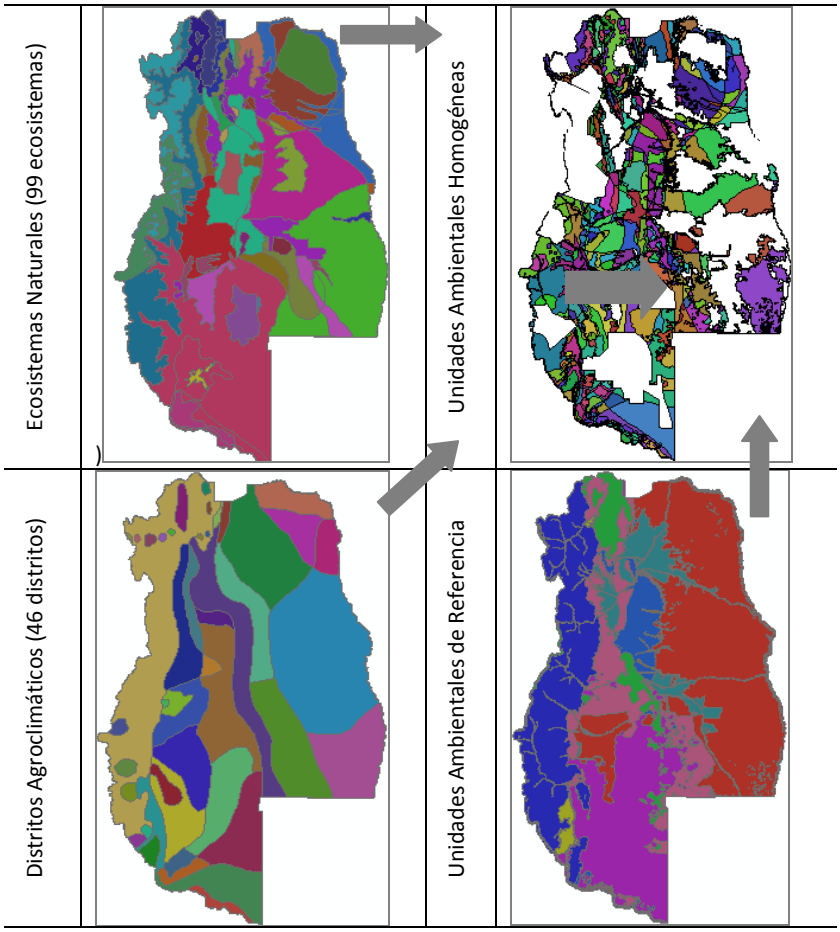


Figura 1: Ejemplo de Integración de Cartografía para generar un Mapa de Unidades Ambientales Homogéneas

2.3. Planificación de Estudios Edafológicos

2.3.1. Determinación de la Ubicación de Nuevos Sitios de Estudio

Utilizando como referencia el mapa de "**IV",** o los mapas de "**IM"** si se trata de suelos desnudos, se decidirá la conveniencia de realizar estudios in-situ que permitan caracterizar las variables agronómicas en las "UAH" involucradas. La figura 2 ejemplifica la situación a analizar.

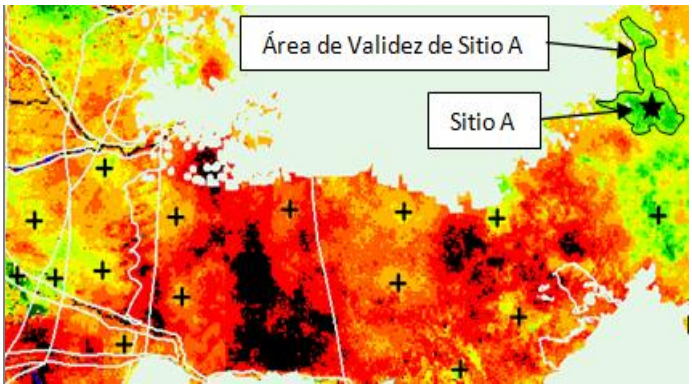


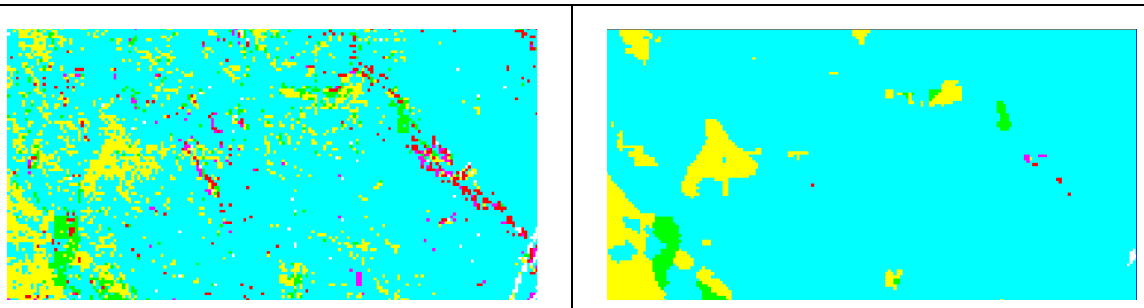
Figura: 2: Ejemplo de procedimiento de Determinación de ubicación de nuevos sitios de estudios.
El mapa de Unidades Ambientales (líneas blancas) y sitios de suelos conocidos (estrella) han sido superpuestos a un mapa de IV. Las áreas blancas son zonas fuera de estudio (zonas enmascaradas). Sitio A: hipotético sitio de características conocidas, alrededor del cual puede marcarse el límite de su área de validez en base al valor de "IV" que lo caracteriza.

Podrá interpretarse la existencia de un "APP" donde los IV sean elevados o donde el conjunto de IM sea favorable, dentro de una "UAH".
Las variaciones del "IV" o "IM" dentro de cada "UAH" no sólo servirán para determinar la ubicación de los lugares de muestreo para estudios in-situ, sino también para definir los límites del área dentro de la cual las características agronómicas investigadas serán consideradas válidas.
Podría requerirse más de un sitio de estudio en una UAH cuando:

- se observen aspectos estructurales importantes que podrían marcar cambios geomorfológicos a nivel muy local.
- el área involucrada fuera tan extensa que se dude de la validez de los resultados del estudio in-situ en toda su extensión.

Podría resignarse la definición de sitios de estudio o demarcar el menos desfavorable con posibilidad de estudiarlo en última instancia, si:

- no se observaran valores altos de IV
- no se observara una combinación favorable de IM.
- se observara tal disgregación de los "IV" o "IM" que impidiera simplificarlos a un valor representativo. En este sentido, cabe aclarar que deberá considerarse la relación "Mínima Cantidad de Pixeles de Igual ´IV´ o ´IM´"/"Unidad Mínima Económica" en base a la resolución espacial de los mapas de IV e IM y el requerimiento de Unidad Mínima Económica (3has o 5 has) y deberá definirse el porcentaje máximo de ruido para la etapa de simplificación de los mapas de "IV" e "IM". La figura 3 ejemplifica esta situación.



a)Imagen clasificada en base a "ÍV" | b) Imagen clasificada simplificada por remoción automática de pixeles de apariencia ruidosa.

Figura 3: Ejemplo de Remoción de pixeles ruidosos en una imagen clasificada

2.3.2. Jerarquización de Sitios de Estudio - Mapa de Vulnerabilidades de Suelos

De la etapa anterior quedarán definidos un gran número de sitios de muestreo. El desafío es establecer un orden de prioridades para llevar a la práctica los estudios de campo tal que primero se realicen los más amenazados. Para ello, y retomando la cartografía existente, habrá que identificar los lugares con elevado nivel de vulnerabilidad es decir aquellos que

están más expuestos a ser utilizados en forma inadecuada.
El nivel de vulnerabilidad (NV) surgirá de una evaluación multicriterio basada en una serie de factores, que influencian la actividad agropecuaria, por ejemplo:
-Viejas fincas abandonadas, -Terrenos en proceso de loteo, -"IV", -"IM", -Clima, -Geomorfología, -Índice topográfico de Humedad, -Cercanía a Recursos hídricos superficiales o subterráneos, naturales o artificiales, -Cercanía a Redes viales, -Cercanía a centros turísticos, -Cercanía a infraestructuras (electricidad, gas, teléfono), -Cercanía a áreas en uso agrícola, - Presión Antrópica, -Cercanía a reservas naturales, -Dimensión del área bajo estudio, -Otros criterios que escapan a la percepción actual y que deberán definidos por especialistas en las áreas de incumbencia.
Deberá analizarse el orden en que estos factores habrán de ser considerados porque dicho orden constituye en sí la primera discriminación de prioridades. Por ejemplo: una finca abandonada es más vulnerable (en el sentido de que es una propiedad de valor productivo ociosa) que un terreno virgen en una zona rural (sobre el cual no se tenga más información); un terreno que está en venta es más vulnerable que uno que no lo está. Teniendo en cuenta esto, a cada sitio marcado en las áreas que hayan sido interpretadas como "APP", podrá asignársele un código numérico cuyas cifras representan la medida relativa en que cada factor ambiental afecta su productividad o su preservación. En algunos casos la cifra indicará la existencia o ausencia de un factor con "1" o "0" y en otros casos indicará la proximidad a elementos de interés (por ej.: cursos de agua, redes viales, etc.) cifrado de algún modo consensuado. Mediante esta codificación, se podrá valorar el nivel de vulnerabilidad que posee cada sitio en relación con un inminente mal uso. En la figura 4 se ejemplifica este criterio donde a cada respuesta le corresponde una cifra: 1ª cifra: ¿Es finca abandonada? Si=1, No=0; 2ª cifra: ¿Está en Venta? Si =1, No = 0, 3ª cifra: ¿Qué Presión Antrópica hay?: Muy Alta=1; Alta = 2; Intermedia=3.

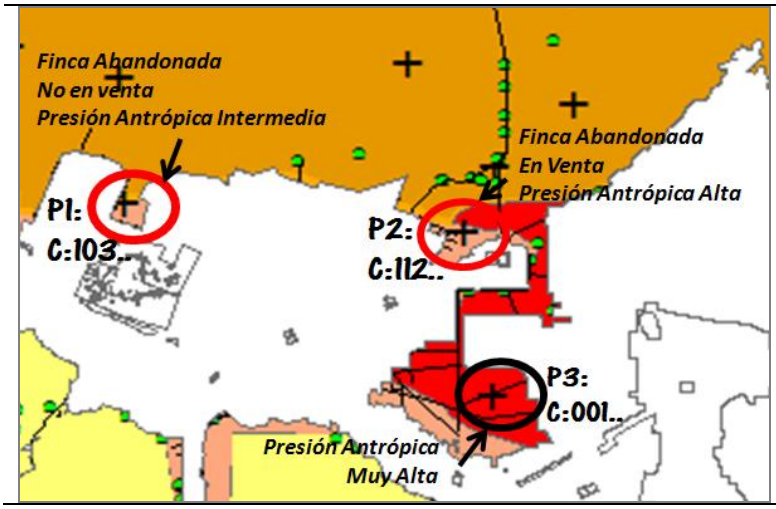


Figura 4: Ejemplo de Codificación para generar mapa de vulnerabilidades.
Se han graficado 3 sitios de estudio en hipotéticas APP sobre mapa de Presión Antrópica. En cada sitio se indican tres de los factores a analizar que podrían dar valor a las tres primeras cifras del código de vulnerabilidad (C).

Al conformar el código se sabrá cual es el orden cronológico en que deben realizarse los estudios para decidir qué zonas deberían ser categorizadas como Área Reservadas para Uso Agrícola. En el ejemplo de la figura 3 se concluye que P2 con C_2=112…. corre más riesgo que P1 con C_1=103… y que P3 con

C_3=001… y que ese es el orden en que hay que estudiarlos.

2.4. Transferencia de la Información Preliminar

Hasta la etapa anterior, el proyecto puede avanzar merced al accionar de un par de coordinadores, en un espacio físico único y el apoyo responsable de un grupo multidisciplinario de profesionales de los distintos ámbitos gubernamentales que proporcionarán la información y el soporte científico para concretar la generación del mapa de vulnerabilidades. Será valiosa la participación de al menos un representante por cada municipio por conocer la realidad de su área de su incumbencia. Una vez obtenido el mapa de vulnerabilidades éste debería ser considerado por las autoridades municipales como soporte para resguardar las "APP" vulnerables mientras se procede con los estudios in-situ que confirmarán o rectificarán la información preliminar obtenida.

2.5. Estudios de Campo – Sistema de Información de CPS

Cada municipio debería gestionar para concretar los estudios in-situ dentro de su jurisdicción. Esto podría hacerlo a través de un coordinador municipal, como nexo entre el municipio y las instituciones idóneas en tareas

relativas al estudio de suelos. Los estudios in-situ deberían considerar el análisis de todos los parámetros que permitan caracterizar la CPS mediante distintos sistemas de clasificación. El **Sistema de Información de CPS** que se iría alimentando con los resultados de estos estudios podría sintetizarse en 5 mapas que expresen la CPS del territorio mendocino a través de los siguientes sistemas de clasificación:

- *Taxonomía,*
- *Capacidad de Uso,*
- *Aptitud para Riego,*
- *Valor Potencial de Capacidad Productiva,*
- *Índice de productividad*

Asimismo, debería incorporarse información respecto a todos los posibles cultivos ordenados por nivel de factibilidad como apoyo a la gestión de promoción de actividades agrícolas en cada zona.
En la figura 5 se presenta un esquema de las etapas descriptas.

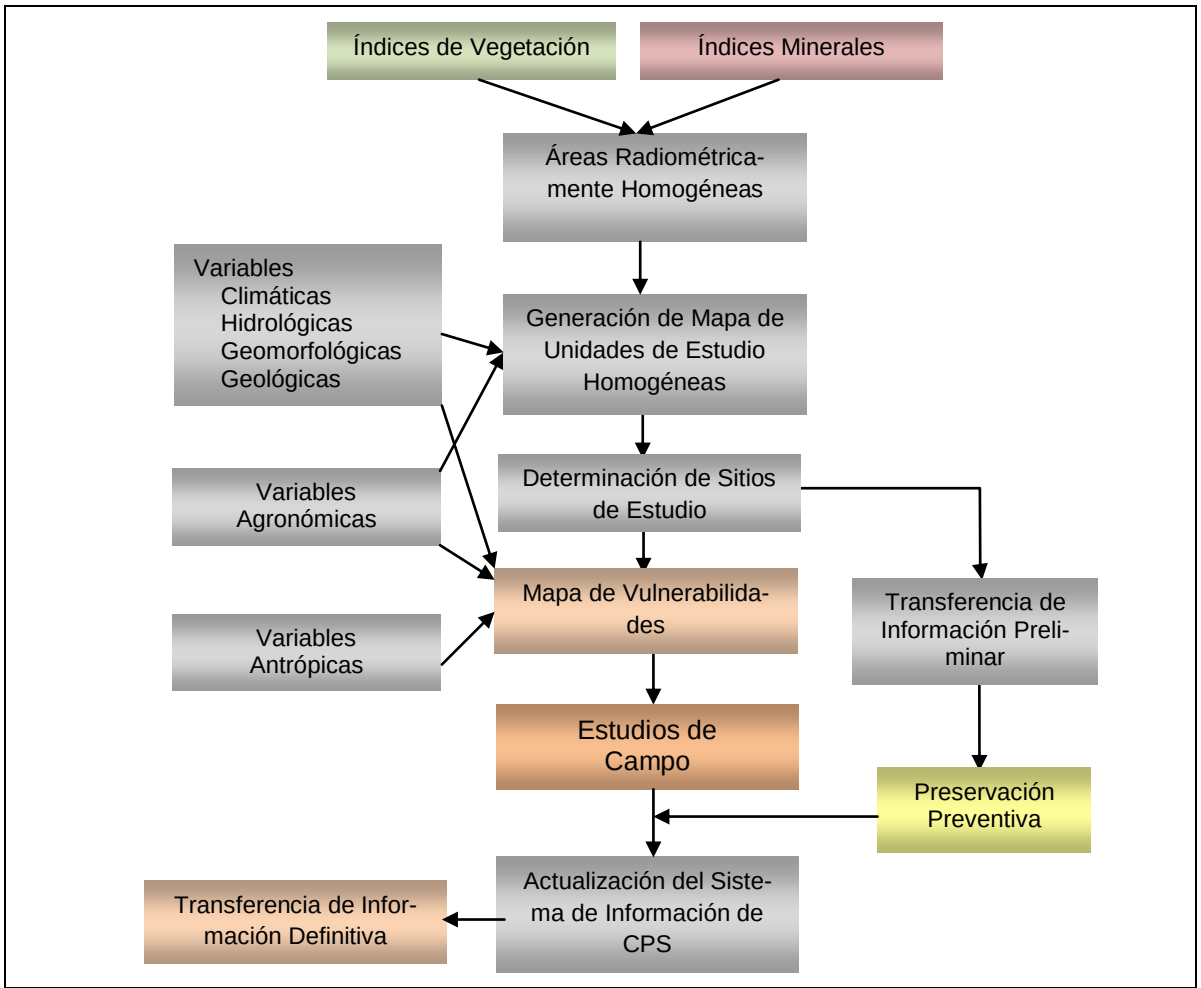


Figura 5: Etapas de Análisis para Evaluar la CPS en Mendoza

3. LOS ACTORES

Estos son proyectos multidisciplinarios y los principales actores deberían ser las Instituciones Especializadas en temas de Ordenamiento Territorial, Agronomía, Geología, Manejo y Estudio del Recurso Hídrico, Clima, Ingeniería y Arquitectura de manera que se garantice el soporte administrativo, económico y académico necesario.

Con la participación de uno o varios coordinadores de tareas, las etapas 2.1 a 2.3 se pueden desarrollar a escala de la provincia, con un grupo de trabajo conformado como se ejemplifica en el apartado 2.4.

A partir de dicha instancia, es menester que participe un representante por cada Municipio como intermediario entre el grupo científico-técnico y la autoridad municipal. Por su responsabilidad en cuanto al uso de los suelos, cada municipio debería aportar con el recurso económico, administrativo y legal que facilite la ejecución de las tareas dentro de su territorio y en última instancia la incorporación de los resultados obtenidos en su base de datos de Catastro municipal; de esta manera deberían ponerse en marcha los mecanismo de preservación de las tierras con capacidad productiva como compromiso ineludible de prevenir contra el mal uso de los suelos.

Toda esta información debería ser transferida, como mínimo, al SIAT y Catastro Provincial pero, por la importancia que reviste, **sería muy provechoso que se conformara un nodo propio** que la agrupara quedando disponible para toda la comunidad científica, académica, administrativa, etc. (SIAT, Catastros, Observatorios, municipios, etc.)

4. DISCUSIÓN

Esta propuesta metodológica es un aporte al ordenamiento territorial provincial pues valiéndose de todos los recursos de que ya dispone el estado (es decir con un mínimo costo relativo) diseña un plan de acción sencillo para proteger espacios que son vulnerables y valiosos para la sociedad actual y futura en vistas al desarrollo sustentable. Se traza un camino hacia la delimitación de suelos productivos para su preservación proponiendo:

- aprovechar los recursos humano, geotecnológico e institucional disponibles para articular rutinas de trabajo que aprovechen los estudios preexistentes
- seguir líneas generales de acción a corto, mediano y largo plazo para evitar el deterioro de las tierras productivas que van quedando y que son escasas.
    - **A corto plazo**, sugiere una estrategia de análisis que permite fundamentar la **preservación "preventiva" de suelos "potencialmente" productivos** atacando el problema de deterioro con celeridad.
    - **A mediano plazo**, propone concretar, siguiendo un orden estratégico, los estudios destinados a categorizar los suelos, "**identificando aquellos que efectivamente son productivos**" para dictaminar su preservación y liberando para otros usos los que no tienen valor productivo agropecuario.
    - **A largo plazo**, alienta la **implementación de estudios y la promoción de prácticas de automantenimiento** en los ámbitos rurales orientados a sostener y mejorar en el tiempo la calidad de vida de la población rural y el valor de las tierras que habita y usufructúa.

La principal limitación sería la potencial pasividad estatal si no toma conciencia de la urgencia de preservar los recursos que son no renovables a escala de la vida humana.

5. CONCLUSIONES

Actualmente, estamos siendo testigos del deterioro y/o desaprovechamiento de suelos de gran valor productivo; en un territorio donde las tierras fértiles son escasas, observamos la impotencia del estado que no alcanza a resguardarlas antes de que éstas sean adquiridas y destinadas para usos que no condicen con la potencialidad que tienen como factor de subsistencia. Podríamos, sin exagerar, coincidir en que nos encontramos en una situación de emergencia y es preciso actuar con eficiencia, necesitamos determinar "ya mismo" que tierras vamos a preservar hasta tanto se determine su "valor productivo" y ser eficaces en categorizar los suelos siguiendo un orden preestablecido el cual podrá ocasionalmente romperse según las demandas del mercado.

Para elaborar esta propuesta se ha investigado el grado de conocimiento que ya se tiene del territorio mendocino, las actividades y/o productos que generan distintas instituciones y las herramientas geotecnológicas de que dispone el estado. Lo más valioso es que ya se cuenta con recurso humano capacitado para avanzar en la propuesta, lo cual es garantía para el éxito en la implementación de un proyecto de este tipo con una relación costos/beneficios que se estima muy baja.

En líneas generales se propone acciones para:

- detectar zonas potencialmente productivas y generar un mapa de vulnerabilidad como sustento para la preservación preventiva de dichas zonas
- conformar un **Sistema de Información de CPS Mendocinos** que permita una mejor administración del territorio.

6. BIBLIOGRAFIA

Buitrago Bermúdez, O., 2007. Factores determinantes de los precios de la tierra rural: en los municipios contiguos a Bogotá, DC. Parte 3. Ed. Universidad del Valle.

Chuvieco Salinero, E. 2007. Teledetección Ambiental. La Observación de la Tierra desde el Espacio. 3ª ed. Actualizada. Editorial Ariel.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Claves para la Taxonomía de Suelos. Onceava Edición, 2010, En: http://www.suelos.org.ar/adjuntos/claves_taxonomia_de_suelos_11th_ed_espaniol_2010.pdf

Instituto CIFOT. Publicaciones sobre Ordenamiento Territorial. http://institutocifot.com/downloads/?dl_cat=2.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Descripción de las categorías de Cobertura u Ocupación del Suelo de la República http://inta.gob.ar/documentos/descripcion-de-las-categorias-de-cobertura-u-ocupacion-del-suelo-de-la-republica-argentina-de-acuerdo-al-sistema-201cland-cover-classification-system-2013-fao201d-anexo-ii/.

Klingebiel, A. A.; Montgomery, P. H, 1961. Land capability classification.hington, DC: US Government Printing Office.

Leiva Gutiérrez, Nancy y Ordoñez Delgado, Napoleón, 2011. Uso de herramientas tecnológicas para evaluación de áreas homogéneas de tierras con fines catastrales. En: Análisis Geográficos (Revista del Instituto Geográfico Agustín Codazzi), Número 49, p. 113-137. Bogotá. Colombia.

Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Mendoza. Sistema de Información Ambiental Territorial. En: http://www.siat.mendoza.gov.ar/.

Servicio de Conservación de Suelos, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 1977. Manual de conservación de suelos. Limusa. 332pp.

Sobral, R. E. y Nakama, V. 1988. Índices de productividad, Método Paramétrico para Evaluación de Tierras. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo XII: del 12 al 16 de septiembre. Comisión mineralogía, génesis, clasificación y cartografía de suelos.: 259 p.

UTILIZACIÓN DE DATOS SATELITALES ASTER PARA LA PROSPECCION DE MANIFESTACIONES DE ROCAS ZEOLÍTICAS EN LA PROVINCIA DE CHUBUT

Castro Godoy Silvia [(1)], Eva Donnari [(2)] Martin Gozalvez[(2)] , Guillermo Cozzi[(3)]

[1)] Unidad Sensores Remotos y SIG. Instituto de Geología y Recursos Minerales (SEGEMAR). silvia-castrogodoy@gmail.com
[2)] Dirección de Recursos Geológico Mineros. Instituto de Geología y Recursos Minerales (SEGEMAR). eva.donnari@segemar.gov.ar; martin.gozalvez@segemar.gov.ar
[3)] Centro de investigación de geología aplicada. Instituto Nacional de Tecnología Minera (SEGEMAR). guillermo.cozzi@segemar.gov.ar

RESUMEN

Se presenta, desde la Unidad Sensores Remotos y SIG del Servicio Geológico Minero Argentino, el procesamiento de datos satelitales del sensor ASTER en apoyo al Programa de Prospección de Zeolitas Sedimentarias en Argentina. Las zeolitas son insumos minerales de gran valor y requerimiento en la actualidad, por su gran efectividad para actuar en situaciones de desequilibrio de los ecosistemas que afectan tanto el ambiente como la salud. El programa propone la investigación geológica y caracterización de manifestaciones de rocas zeolíticas sedimentarias en el territorio nacional, participando del mismo diversas áreas y especialistas del SEGEMAR. A modo de puesta a prueba y ejemplificación, se procesó una imagen ASTER del área de la estancia La Tradición, Telsen, en el Noreste de Chubut, donde por referencias bibliográficas previas se indicaba la existencia de especies zeolíticas. El procesamiento digital consistió en la transformación de la imagen a reflectancia relativa y se utilizó el algoritmo *Spectral Angle Mapper* como metodología de clasificación espectral. En primer lugar *se* analizaron los patrones espectrales de especies minerales puras de la base de datos del USGS: clinoptilolita, heulandita, mordenita y analcimay se realizó la clasificación obteniendo áreas con probabilidad de ocurrencia de estos minerales, entre ellas la estancia La Tradición. Posteriormente se realizaron mediciones de reflectancia en gabinete con el espectroradiómetro SVC (Spectra Vista Corporation) de las muestras tomadas en campo, se compararon con las muestras puras y se observó una buena correspondencia con ligeras diferencias. Las características espectrales medidas permitieron identificar puntos con especies minerales zeolíticas en afloramientos de mantos tobáceos referidos al Grupo Chubut, mapeados en terreno posteriormente lo que permitió extender las áreas de interés a sectores del norte y sur de los muestreados. El estudio se complementó con análisis de Rayos X sobre muestras del área y se confirmó la existencia de las especies zeolíticas informadas mediante el procesamiento de los datos ASTER. Con estos resultados se valida la metodología de procesamiento digital utilizada como una herramienta eficaz para la detección e identificación de zeolitas y se da inicio al armado de una base de datos espectral de zeolitas en Argentina con el objeto de brindar líneas de prospección para la identificación de potenciales nuevas áreas.

ABSTRACT

Zeolites are valuable mineral commodities and are required today for their great effectiveness to act in situations of imbalance of ecosystems, affecting both the environment and health. SEGEMAR has started the exploration program for sedimentary zeolites in Argentine. The program proposes the geological survey and characterization of zeolite sedimentary rocks in the country with the participation of many specialists. In this context the Remote Sensing and GIS Unit from SEGEMAR supports the exploration program by using remote sensing techniques and ASTER data. Estancia La Tradición, Telsen in northeastern Chubut was a selected area for testing and modeling with ASTER data because there where previous references indicating the existence of zeolite species. Digital processing consisted in transforming raw data to relative reflectance and Spectral Angle Mapper algorithm was used as spectral classification technique. First spectral patterns of pure mineral species from USGS database were analyzed: clinoptilolite, heulandita, mordenite and analcime and classification was performed obtaining areas with probability of occurrence of these minerals, including Estancia La Tradition. Subsequently reflectance measurements were made with SVC (Spectra Vista Corporation) spectroradiometer. Spectral features from field samples of rocks were compared with the spectra of pure samples and good agreement was observed with slight differences.

The spectral characteristics measured helped identify points with zeolite in outcrops of tuffaceous mantles referred to Chubut Group subsequently mapped and helped to extend the areas of interest to north and south of La Tradición. The study was complemented by X-ray analysis on samples of the area and the existence of the zeolite species reported by processing of ASTER data was confirmed. With these results, digital processing methodology was validated as an effective tool for the detection and identification of zeolites and an spectral database of zeolites in Argentina has begun to assemble in order to provide lines of exploration to identify validated potential new areas.

INTRODUCCIÓN

Las zeolitas son insumos minerales de gran valor y requerimiento en la actualidad, por su gran efectividad para actuar en situaciones de desequilibrio de los ecosistemas que afectan tanto el ambiente como la salud.
En este contexto el SEGEMAR comenzó con el Programa de Prospección de Zeolitas Sedimentarias en Argentina cuyo objetivo es la investigación geológica y caracterización de manifestaciones de rocas zeolíticas sedimentarias en el territorio nacional, participando del mismo diversas áreas y especialistas de la Institución.
Desde la Unidad Sensores remotos y SIG se propuso el procesamiento de datos ASTER en colaboración con este proyecto, debido al antecedente de identificación de estos minerales con ASTER en el área del volcán Antofalla (Castro Godoy *et al.* 2005), y evaluar la potencialidad del sensor para la detección de zeolitas de origen sedimentario.
ASTER posee 3 subsistemas o telescopios: uno que observa en el rango visible e infrarrojo cercano, se denomina VNIR *Visible and Near Infrarred* y tiene 3 bandas, 2 en el visible (verde y rojo) y una en el infrarrojo cercano; el otro subsistema posee 6 bandas en el infrarrojo de onda corta *Short Wave Infrared* (SWIR); el tercer subsistema es un telescopio que observa en el rango termal Thermal Infrared (TIR) y posee 5 bandas térmicas. Las bandas más idóneas utilizadas para la búsqueda de zeolitas son las bandas del VNIR de 15m de y SWIR de 30 m resolución espacial.
A modo de puesta a prueba y ejemplificación, se trabajó con el área de la estancia La Tradición, Telsen, en el Noreste de la provincia de Chubut (Figura 1), donde por referencias bibliográficas previas se indicaba la existencia de especies zeolíticas.

Figura 1. Mapa de ubicación

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó 1 imagen ASTER nivel 1A diurna adquirida el 27-2-2004 (Fig.2). Esta imagen fue procesada con el programa Silcast (V.1.08), desarrollado exclusivamente para ASTER, cuya función es extraer el dato de elevación digital (DEM) y ortorrectificar las 14 bandas.
El procesamiento digital posterior se realizó con el programa ENVI y consistió en la calibración de las bandas 1 a 9 a radiancia y luego la transformación a reflectancia relativa mediante el módulo FLAASH de corrección atmosférica.
Para la clasificación espectral se utilizó el algoritmo *Spectral Angle Mapper* (Kruse *et al*.1993) que realiza una comparación entre las características espectrales de la imagen con un espectro de referencia (*endmember*) tomado de una base de datos espectral o de mediciones espectrales de muestras tomadas en campo.
Se midió la reflectancia de la muestra de zeolita (ZEO-021-GC) y el grano suelto de la misma muestra con el espectroradiómetro SVC (Spectra Vista Corporation) en el rango visible a infrarrojo de onda corta (350-2500nm) con el objeto de comenzar a armar una base de datos espectral de zeolitas de Argentina.
Las muestras colectadas en campo fueron estudiadas con difracción de rayos X sobre roca total para determinar su composición mineralógica y complementar con precisión el dato espectral.

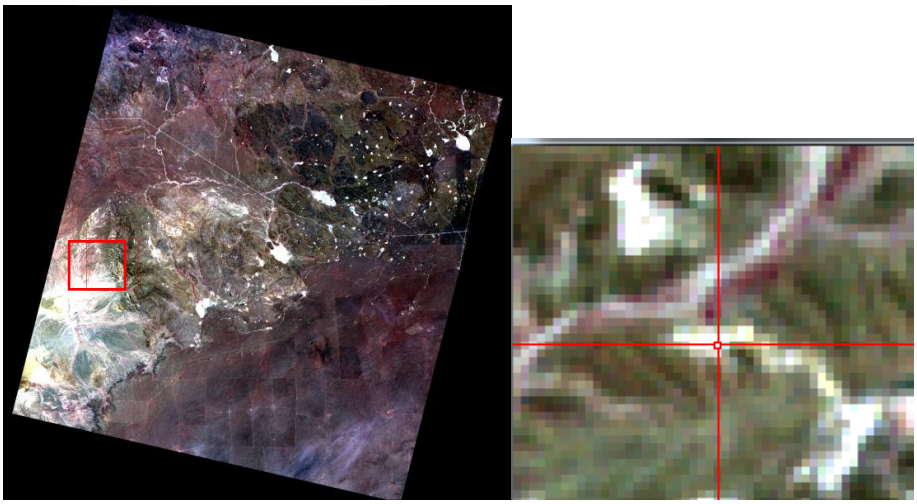


Figura 2. Imagen ASTER composición color RGB: 321 y detalle sobre la Estancia La Tradición.

RESULTADOS

Se obtuvieron áreas con probabilidad de ocurrencia de zeolitas, entre ellas la estancia La Tradición mediante el análisis de los patrones espectrales de especies minerales puras de la base de datos del USGS: clinoptilolita, heulandita, mordenita y analcima y de la clasificación espectral.
Se realizaron mediciones espectrales con radiómetro en el rango visible a infrarrojo de onda corta sobre muestras obtenidas en campo y se comenzó a armar la base espectral de zeolitas de Argentina.
Se observó una buena correspondencia (con pequeñas diferencias) entre las características espectrales de las muestras colectadas en campo y medidas con el espectroradiómetro SVC en gabinete y las respuestas espectrales de minerales puros de la base del USGS (Fig. 3).

Cabe aclarar que ASTER registra solo partes de esta respuesta espectral debido a que posee un número discreto de bandas, 3 en VNIR y 6 en SWIR (Fig. 4). Sin embargo, la respuesta espectral medida permitió identificar, a través de la clasificación espectral con *Spectral Angle Mapper* (SAM), puntos con especies minerales zeolíticas en afloramientos de mantos tobáceos referidos al Grupo Chubut mapeados en terreno posteriormente, lo que permitió extender las áreas de interés a sectores del norte y sur de los muestreados (Fig.5).
El estudio se complementó con difracción de rayos X en roca total sobre una muestra del área cuya composición mineralógica mayoritaria es mordenita y minoritarios clinoptilolita, heulandita y cuarzo.

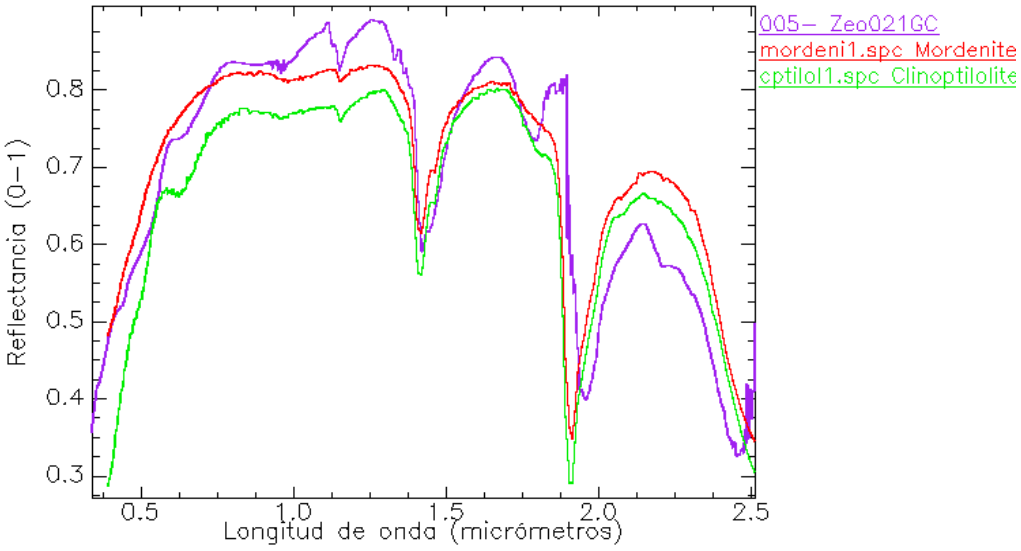


Figura 3. En línea roja y verde espectros de zeolitas del USGS y en línea violeta medición con espectrómetro sobre muestra colectada en campo.

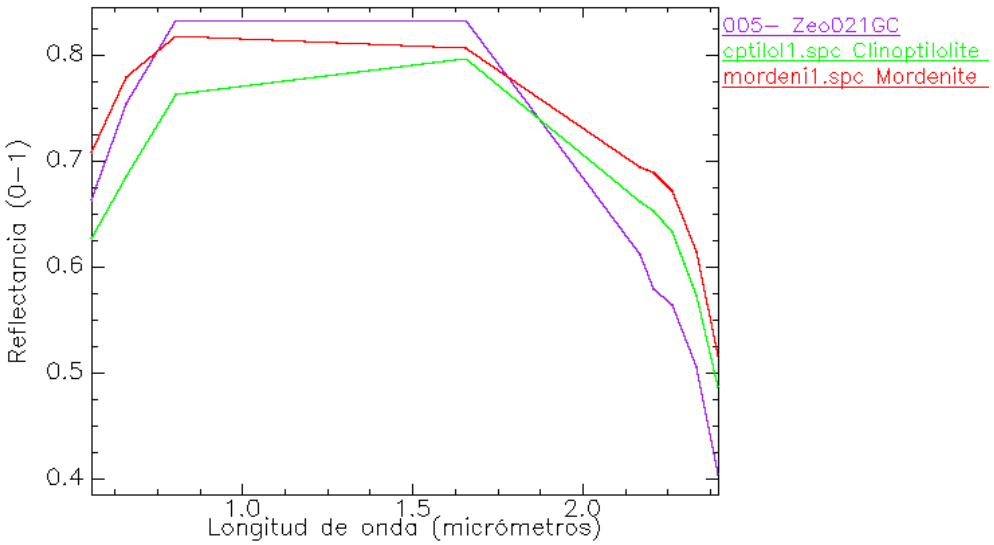


Figura 4. Espectros anteriores remuestreados a bandas de ASTER (1 a 9)

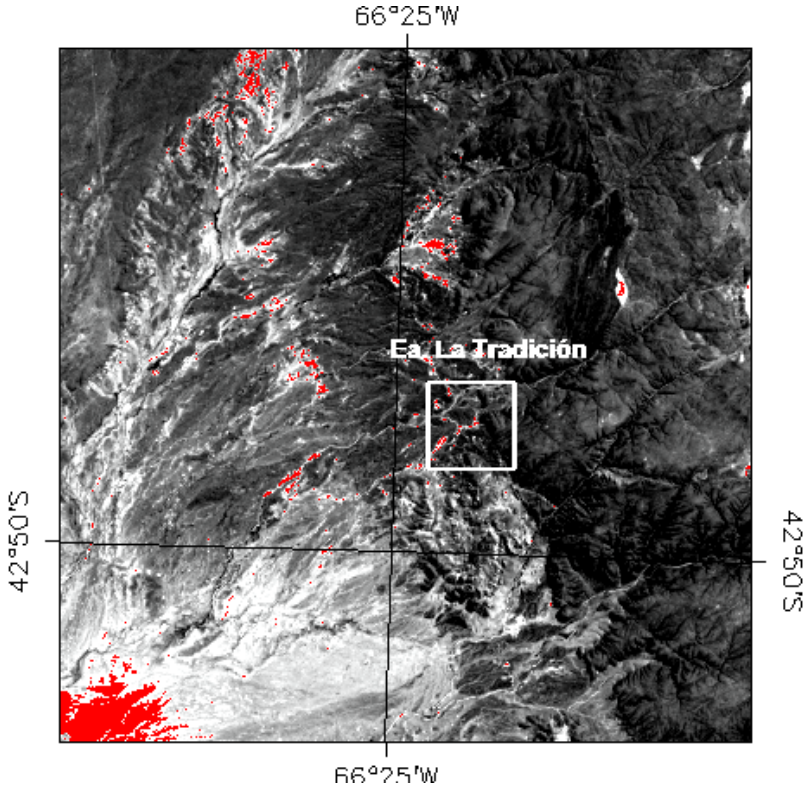


Figura5. En color rojo se presentan las áreas clasificadas con la firma espectral de la muestra tomada en La Tradición cuya ubicación se señala con el recuadro blanco

DISCUSIÓN (LIMITANTES DEL MÉTODO)

Existen minerales como las esmectitas que poseen respuesta espectral similar a las zeolitas en las bandas de ASTER, comportamiento que debe ser considerado en la interpretación ya que su presencia podría dar respuestas que constituyen falsos positivos en la prospección de zeolitas con ASTER.

CONCLUSIONES

La detección de zeolitas a partir de datos ASTER resultó positiva en el área de la estancia La Tradición, Telsen, en el Noreste de Chubut utilizando la clasificación espectral mediante el uso del algoritmo *Spectral Angle Mapper*.
Para el área de Telsen las características espectrales de los minerales muestreados en campo son similares a la de las muestras puras de la base espectral del USGS.
Los resultados permiten validar la metodología de procesamiento digital utilizada como una herramienta eficaz para la detección e identificación de zeolitas y se da inicio al amado de una base de datos espectral de zeolitas en Argentina con el objeto de brindar líneas de prospección para la identificación de potenciales nuevas áreas.

BIBLIOGRAFÍA

Castro Godoy S., M. Kaku, I. Korzeniewski, 2005.Procesamiento de Datos ASTER en el Área del Volcán Antofalla, Provincia de Catamarca, Argentina. Contribuciones Técnicas del Proyecto GEOSAT-AR (G. Marín Ed.) SEGEMAR, Anales 41: pág.139-145, Buenos Aires.
Gozalvez M. y G. Cozzi. 2014. Prospección y caracterización preliminar de zeolitas sedimentarias en rocas del grupo Chubut, región de Telsen, Chubut. SEGEMAR, Informe Inédito.
Kruse, F. A., Lefkoff, A. B., Boardman, J. B., Heidebrecht, K. B., Shapiro, A. T., Barloon, P. J., and Goetz, A. F. H., 1993, "The Spectral Image Processing System (SIPS) - Interactive Visualization and Analysis of Imaging spectrometer Data". Remote Sensing of the Environment, v. 44, p. 145 - 163.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Servicio Geológico Minero Argentino por permitir la publicación de este trabajo.

EFECTO DEL CULTIVO DE SOJA SOBRE EL PATRÓN ESPACIAL DE INTENSIFICACIÓN EN EL SUDESTE BONAERENSE

Domenech, Marisa (1) y Mauricio Castro Franco (2)

(1) CEI INTA Barrow, domenech.marisa@inta.gob.ar
(2) CONICET, agronomao@gmail.com

RESUMEN

El aumento de la superficie de soja ha generado un impacto importante en la agricultura del sudeste bonaerense. La baja de la superficie de cultivos invernales ha potenciado el impacto de procesos erosivos y baja la eficiencia en el uso del agua y radiación solar. El objetivo fue caracterizar el efecto de cultivo de soja sobre patrón espacial de la intensificación de cultivos. Para esto, 2813 lotes distribuidos en cuatro partidos del sudeste bonaerense, fueron monitoreados, durante el periodo 2008-2013. La intensificación fue cuantificada a través de (*i*) la tasa cultivo año^{-1} (T_c= *número de cultivos de la misma especie/duración de la rotación*), (*ii*) el índice de intensificación de cultivos (*ISI = número de cultivos en la rotación / duración de la rotación*) y (*iii*) la relación Soja/Trigo. En los cultivos estivales se presentaron diferencias en la dependencia y distribución espacial, mientras que los cultivos de invierno se presentaron similitudes. La Tasa soja año^{-1} presentó dependencia espacial (*Índice de Morán = 0.55*). Los resultados de un análisis de clúster espacial, muestran que los lotes con Tasa soja año^{-1} = 1 se concentraron en San Cayetano y A.G. Chaves, mientras que la Tasa soja año^{-1} <0.2 se distribuyeron homogéneamente en el área de estudio. Por su parte, la Tasa maíz año^{-1} presentó leve dependencia espacial (*Índice de Morán = 0.18*), concentrando sus mayores valores en el sur de Tres Arroyos y San Cayetano. En cultivos de invierno, la Tasa Trigo año^{-1} y Tasa Cebada año^{-1} presentaron dependencia espacial leve y moderada (*Índice de Morán = 0.28 y 0.35, respetivamente*). Como se esperaba, la Tasa Trigo año^{-1} y Tasa Cebada año^{-1} >0.8 se concentraron en Coronel Dorrego.

Por su parte, ISI presentó dependencia espacial (*Índice de Moran>0.45*). La menor eficiencia en la captura y uso de los recursos se da rotaciones con ISI bajo. En este estudio, ISI bajo se presentó por dos situaciones (*i*) altas Tasas de trigo y cebada año^{-1} en Coronel Dorrego y (*ii*) media y alta Tasa Soja año^{-1} en los demás partidos. Sin embargo, la primera situación se presentó solamente en 2% del área de los lotes, mientras que la segunda en el 12%, equivalente a 13,695 has. La segunda situación plantea un mayor potencial de deterioro ambiental. El aumento de superficie de soja en relación a los cultivos de invierno produce una disminución en la estabilidad de agregados, menor eficiencia de uso de los recursos y menor aporte de residuos.

Excepto en Coronel Dorrego, la relación Soja/trigo >3 presentó un patrón espacial homogéneo. Esto confirma que es necesario reforzar el planteamiento de la inclusión de algún cultivo de invierno dentro de la secuencia de cultivos, en el sudeste bonaerense.

A partir de esta caracterización fue posible: (*i*) entender el efecto de la soja sobre los patrones espaciales de la intensificación y (*ii*) diagnosticar las prácticas de uso del suelo actuales.

ABSTRACT

Increasing soybean acreage has impacted on the agriculture in the southeastern of the Buenos Aires province. Winter crop area has decreased associated with high frequency of erosive process and low water and solar radiation efficiency of use. The aim of this study was to characterize the effect of soybean crop on spatial pattern of cropping intensification. To do this, 2813 fields were observed across four departments from 2008 to 2013. Intensification process was quantified using (*i*) Crop year^{-1} rate, (*ii*) intensification sequence index (ISI) and (*iii*) relation soybean/wheat. Summer crops differences in spatial dependence and spatial pattern distributions were showed but

not for winter crops. Soybean year $^{-1}$ rate showed spatial dependence (*Moran Index=0.55*). Results of a spatial cluster analysis indicated that fields which soybean year $^{-1}$ rate =1 were concentrated in San Cayetano and A. G. Chaves Departments, whereas soybean year $^{-1}$ rate <0.2 were distributed in all study area. Maize year^{-1} rate showed weak spatial dependence (*Moran Index=0.18*), concentrated in the south part of Tres Arroyos and San Cayetano Departments. Winter crops as wheat year^{-1} rate and barley year^{-1} rate showed weak and moderate spatial dependence (*Moran Index= 0.28 and 0.35, respectively*). As we expected, wheat year^{-1} rate and barley year^{-1} rate were concentrated in Coronel Dorrego Department. On the other hand, ISI showed spatial dependence (*Moran Index=0.45*). The lowest efficiency in the use of water and solar radiation was found in sequences with low ISI. In the present study, low ISI was associated with (*i*) high wheat year^{-1} rate and barley year^{-1} rate in Coronel Dorrego and (*ii*) medium and high soybean year $^{-1}$ rate in the others departments. However, the first situation was found only in 2% of the study area, whereas the second one was represented in 12% of the area which means 13.695 hectares. The last situation could be more risky in terms of environment conservation. The increase in soybean acreage causes a decrease of aggregates stability, low resource use efficiency and low residue contribution. Except in Coronel Dorrego, soybean/wheat >3 exhibited a homogeneous spatial pattern. This confirms that there is a need of including winter corps in crop sequences in the south eastern of the Buenos Aires province. From these results, was possible (i) understand the effect of soybean on intensification spatial patterns and (ii) predict actual soil practices

INTRODUCCION

El avance del cultivo de soja en el sudeste bonaerense es notable en las últimas campañas, debido a su rentabilidad y estabilidad productiva (MAGyP, 2012; SIIA, 2015). Como consecuencia de esto, es evidente el retroceso de los cultivos de invierno. El aumento del índice de relación soja/cultivos de invierno puede tener efectos adversos en los servicios ecosistémicos del suelo (Choumert y Phélinas, 2015; Grau *et al.*, 2005). El aumento en la superficie de soja implica que la mayor parte del año el suelo queda sin cobertura, expuesto a procesos erosivos y generando una baja eficiencia en el uso de radiación y agua (Caviglia y Andrade, 2010).

El impacto del avance del cultivo de soja podría mitigarse a través de estrategias de intensificación sustentable (Caviglia y Andrade, 2010; Xiao *et al.*, 2014). La eficiencia de estas estrategias depende de las condiciones particulares de suelos y oferta ambiental, en cada zona productiva (Sadras y Roget, 2004). Específicamente, en el sudeste bonaerense existe un complejo patrón espacial de tipos de suelo a escala regional (Amiotti *et al.*, 2001; Castro Franco *et al.*, 2015; Pazos y Mestelan, 2002). Estudiar los patrones espaciales de intensificación del cultivo de soja, podría mejorar y optimizar las estrategias de mitigación de la desproporción entre soja y cultivos de invierno. Además, podrían ayudar a entender y demostrar el impacto de la intensificación de la soja sobre las propiedades del suelo.

Varios índices han sido propuestos para cuantificar la intensificación de cultivos. Al respecto, la tasa cultivo año^{-1}, el índice de intensificación de secuencia de cultivos (ISI) y la relación soja/trigo han sido propuestos como indicadores adecuados para cuantificar la intensificación de cultivos (Caviglia *et al.*, 2013; Caviglia y Andrade, 2010; Farahani *et al.*, 1998). Estos índices han sido eficientes para cuantificar el efecto de intensificación de soja en la rotación de cultivos en el sudeste bonaerense (Caviglia *et al.*, 2013).

La intensificación con cultivo de soja limita el contenido de carbono orgánico del suelo y afectan su productividad (Havlin *et al.*, 1990). La mineralización de la MO del suelo aumenta en la medida que baja la producción de materia seca y la relación C/N. Desde este contexto, en este trabajo se hipotetiza que la determinación del patrón espacial de la intensificación con cultivo de soja, podría permitir la identificación de los patrones espaciales de degradación del suelo a escala regional.

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del cultivo de soja sobre el patrón espacial de intensificación en el sudeste bonaerense, durante el periodo 2008-2013. A partir de los resultados presentados en este trabajo, se

espera generar una base para plantear estrategias de mitigación de la sojización en el sudeste bonaerense.

MATERIALES Y METODOS

Región de estudio

La región de estudio comprende la superficie de los partidos de Tres Arroyos, Coronel Dorrego, San Cayetano y Adolfo González Chaves, localizados en el sudeste bonaerense. Esta región tiene un área de 1.83 millones de has. Dentro de esta región de estudio, un total de 2813 lotes agrícolas fueron monitoreados durante el periodo 2008-2013. En total, el área monitoreada comprende ~101704 has, es decir, un ~5% de la superficie total. El monitoreo consistió en determinar la cobertura vegetal de cada lote durante las campañas agrícolas de invierno (noviembre) y verano (febrero) de cada año.

La región de estudio se caracteriza climáticamente como mesotermal subhúmeda (Thornthwaite, 1948). El régimen de precipitaciones disminuye desde el este hacia el oeste. El promedio histórico (1984-2013) alcanza los 800 milímetros (Agrometeorología, CEI Barrow, 38º20'S-60º13'O, 120 msnm) en el este y los 730 milímetros (Agrometoerología, Coronel Dorrego, 38º44'S-61º15'O, 103 msnm) en el oeste. En su mayoría se concentran durante el periodo octubre – marzo. La temperatura media anual es de 15ºC, con un rango entre 8,3 y 22.7ºC. El periodo libre de heladas estimado es de 172 días.

Predominan dos tipos de suelos. En el sureste, zona costera de los partidos de Tres Arroyos y San Cayetano, se clasifican como suelos Argiudoles típicos, los cuales presentan una disminución gradual en el contenido de arcilla del horizonte B en sentido este-oeste. Hacia el nor-oeste de la región de estudio predominan los suelos Paleudoles petrocálcicos con un complejo patrón espacial de profundidad, dureza y concentración de $CaCO_3$ a escala de lote (Pazos y Mestelan, 2002).

Cálculo de Índices de intensificación

Los índices de intensificación calculados para cada lote fueron: (*i*) la tasa cultivo año^{-1} (T_c= *número de cultivos de la misma especie/duración de la rotación*), (*ii*) el índice de intensificación de cultivos (*ISI = número de cultivos en la rotación / duración de la rotación*) y (*iii*) la relación Soja/Trigo. Posteriormente, un análisis de cluster espacial fue realizado para cada índice de intensificación.

Dependencia y distribución espacial de la intensificación

Un sistema de información geográfica (*SIG*) fue diseñado, calibrado y ajustado a partir de la información cartográfica básica (partidos y lotes) y los índices de intensificación.

El índice de autocorrelación espacial de Morán (*I-Morán*) fue utilizado para determinar la dependencia espacial de la distribución de los índices de intensificación (Diggle y Ribeiro, 2007). El I-Morán fue calculado utilizando el GeoDa v1 (Anselin *et al.*, 2006). Un análisis espacial exploratorio complementario fue realizado mediante el paquete "geoR" de R v3.1.1 (R Development Core Team, 2013). Finalmente, una caracterización visual de la distribución de la intensificación fue realizada utilizando QGIS v2.8.1 Wien.

RESULTADOS

La figura 1 muestra los cambios de la relación soja/trigo entre las campañas 2008/2009 y 2012/2013, para todos los lotes monitoreados.

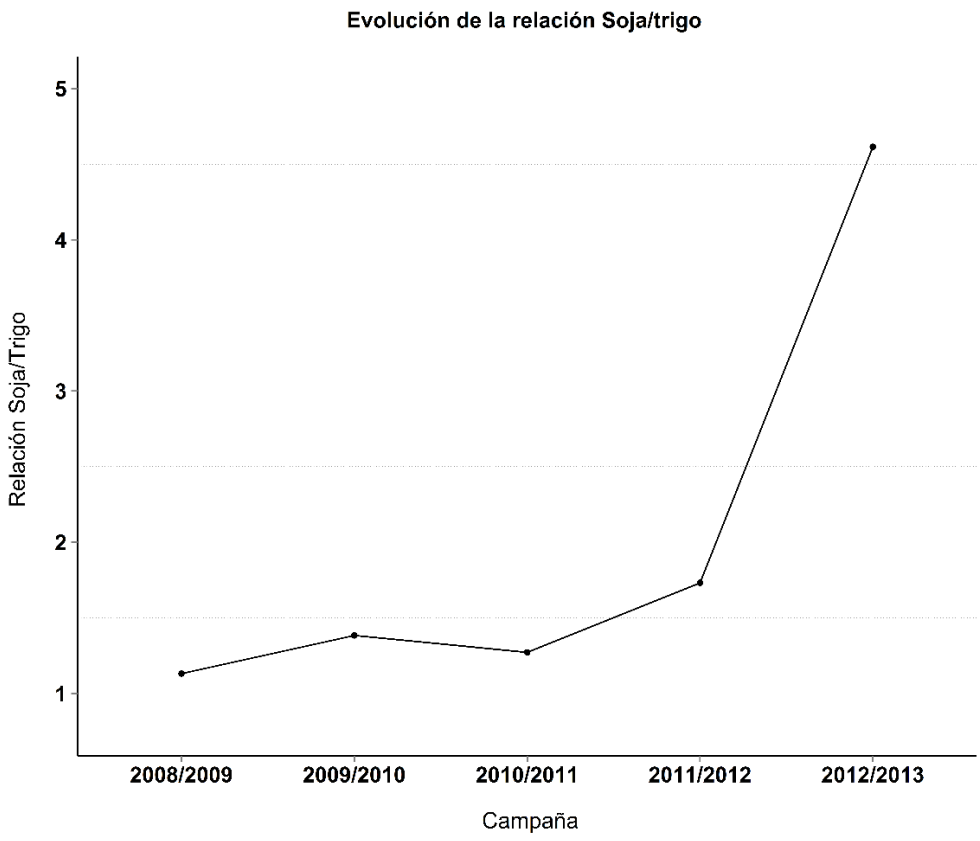


Figura 1. Evolución de la relación Soja/Trigo en 2813 lotes monitoreados distribuidos en el área de influencia de la CEI INTA Barrow, entre las campañas 2008/2009 y 2012/2013

El aumento del área sembrada de soja en la campaña 2012/2013 fue 58% superior a la campaña 2008/2009, para los lotes monitoreados. Estos resultados confirman el riesgo de afectación en que se encuentran los servicios ecosistémicos del suelo, en toda la región de estudio. El aumento de superficie de soja en relación a los cultivos de invierno produce una disminución en la estabilidad de agregados, menor eficiencia de uso de los recursos y menor aporte de residuos.

La figura 2 muestra la distribución espacial de la Tasa soja año^{-1} en toda la región de estudio. La Tasa soja año^{-1} presentó dependencia espacial (*Índice de Morán = 0.55*). Los resultados de un análisis de clúster espacial, muestran que los lotes con Tasa soja año^{-1} =1 se concentraron en San Cayetano y A.G. Chaves, mientras que la Tasa soja año^{-1} <0.2 se distribuyeron homogéneamente en el área de estudio. Tasa soja año^{-1} =1 indica que en los cinco años de monitoreo estuvo sembrado con soja. Estos resultados sugieren que en San Cayetano y A.G. Chaves es urgente priorizar una estrategia de extensión que permita concientizar a los productores de la importancia de la rotación de cultivos. Así mismo, se debe evaluar el impacto que tiene en el suelo, la siembra intensiva de soja.

La Tasa maíz año^{-1} presentó leve dependencia espacial (*Índice de Morán = 0.18*), concentrando sus mayores valores en el sur de Tres Arroyos y San Cayetano. Estos resultados sugieren que en la inclusión de maíz en la rotación fue escasa en la mayoría de los lotes monitoreados. Maíz es un cultivo que puede aportar gran cantidad de residuos y puede mitigar el impacto de la incorporación intensiva de soja en la rotación.

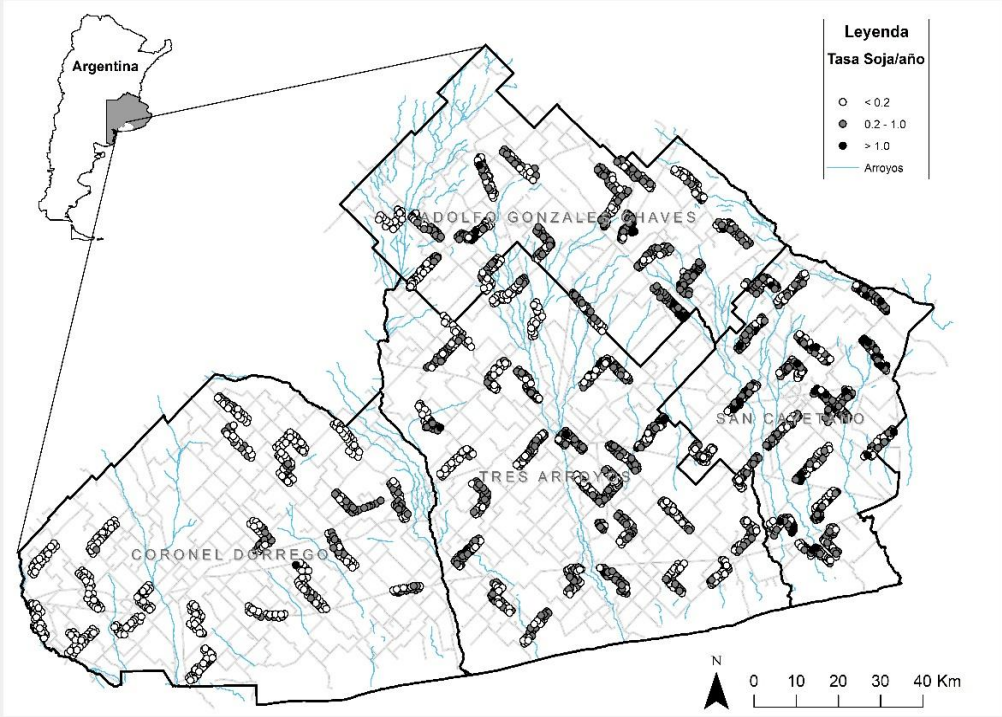


Figura 2. Distribución espacial de la tasa soja año^{-1} en el área de influencia de la CEI INTA Barrow, entre las campañas 2008/2009 y 2012/2013

La Tasa Trigo año^{-1} y Tasa Cebada año^{-1} presentaron dependencia espacial leve y moderada (*Índice de Morán = 0.28 y 0.35, respetivamente*). Como se esperaba, la Tasa Trigo año^{-1} y Tasa Cebada año^{-1} >0.8 se concentraron en Coronel Dorrego.

La figura 3 muestra la distribución espacial de ISI en toda la región de estudio.

Bajo ISI equivale a menor eficiencia en la captura y uso de la radiación y agua durante un ciclo de rotaciones (Caviglia *et al.*, 2013). ISI bajo se presentó por dos situaciones (*i*) altas Tasas de trigo y cebada año^{-1} en Coronel Dorrego y (*ii*) media y alta Tasa Soja año^{-1} en los demás partidos. Sin embargo, la primera situación se presentó solamente en 2% del área de los lotes, mientras que la segunda en el 12%, equivalente a 13,695 has. La segunda situación plantea un mayor potencial de deterioro ambiental.

La figura 4 muestra la distribución espacial de la relación soja/trigo en toda la región de estudio.

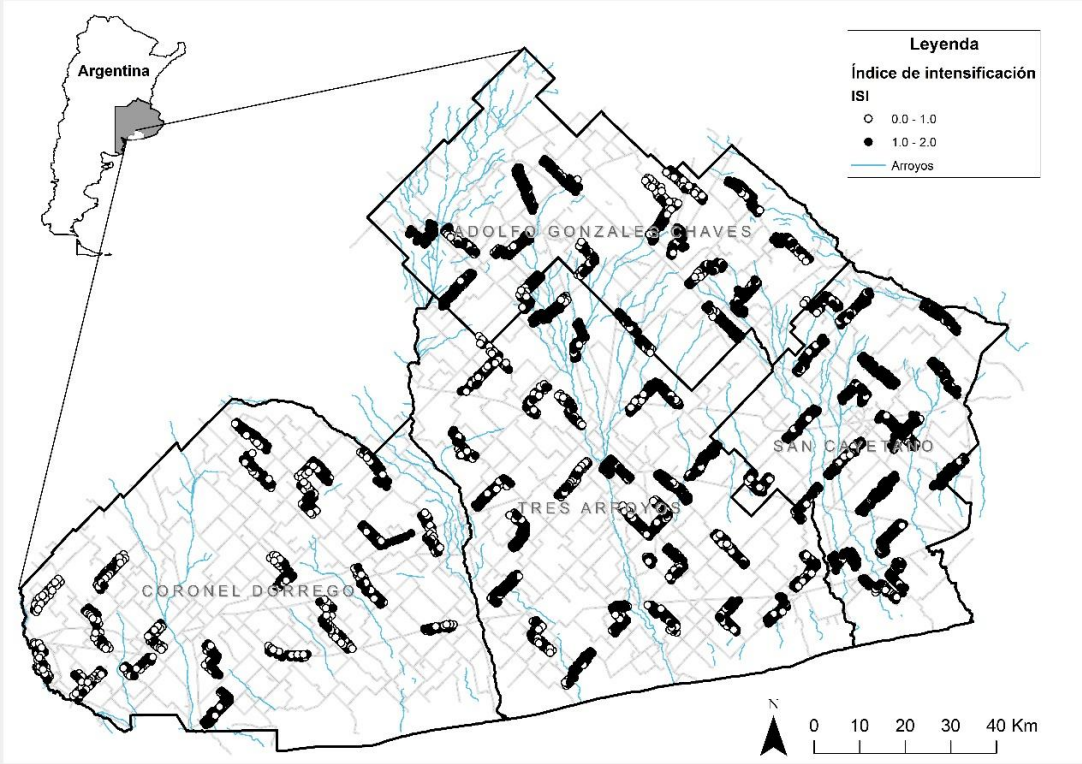


Figura 3. Distribución espacial del índice de intensificación de cultivos (ISI) en el área de influencia de la CEI INTA Barrow, entre las campañas 2008/2009 y 2012/2013

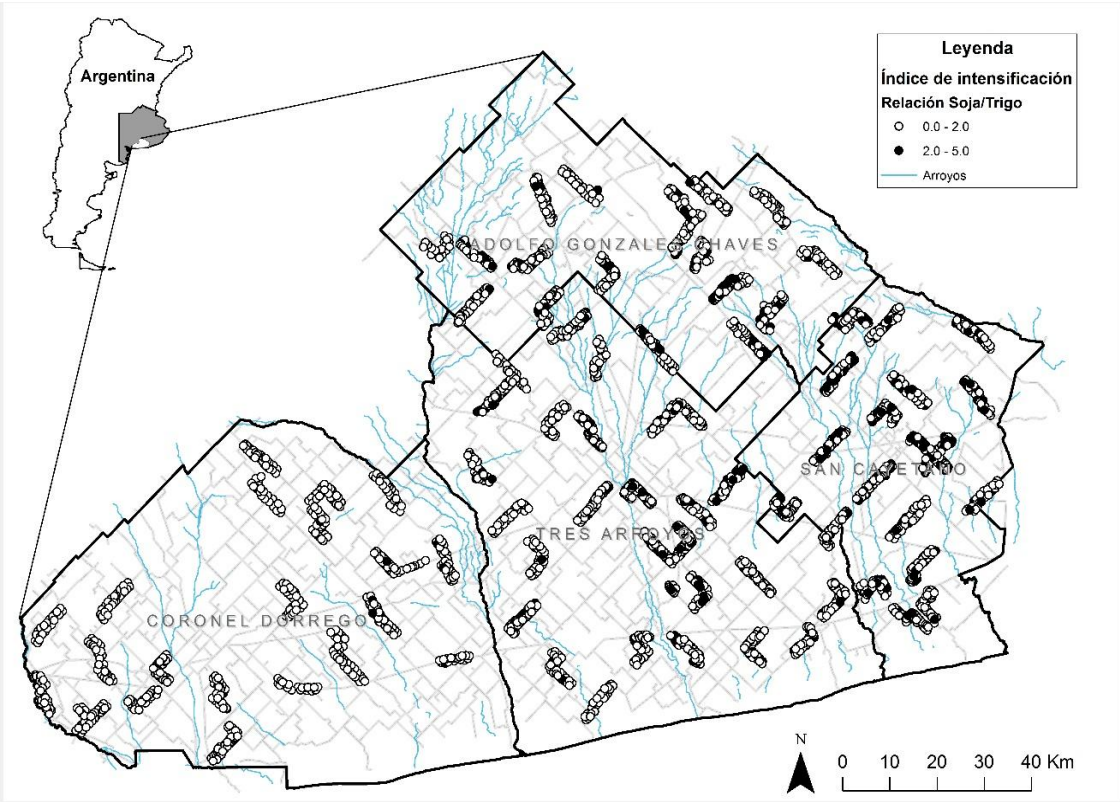


Figura 4. Distribución espacial del índice de intensificación relación soja/trigo en el área de influencia de la CEI INTA Barrow, entre las campañas 2008/2009 y 2012/2013

La relación Soja/trigo >3 presentó dependencia espacial en correspondencia con Tasa soja año^{-1} e ISI. Estos resultados confirman que es necesario reforzar el planteamiento de la inclusión de trigo dentro de la secuencia de cultivos, especialmente en San Cayetano y sur de Tres Arroyos.

DISCUSION

La inclusión de cultivos de invierno en las rotaciones mitiga el impacto de la intensificación sobre las propiedades del suelo (Havlin *et al.*, 1990). Si bien existen diversas alternativas de cultivos de invierno para incluir en las rotaciones, estas se caracterizan por su inestable rentabilidad e inestabilidad. Esta situación, sumada a las ventajas productivas y económicas de la soja, posiblemente hizo que el efecto de la sojización sobre el patrón espacial de la rotación de cultivos presentara una magnitud sin precedentes.

Es ampliamente conocido que el aumento desmedido de la relación soja/trigo tiene un efecto degradativo de las propiedades del suelo. Sin embargo, este efecto degradativo depende del tipo de suelo y de los patrones espaciales de sus propiedades (Novelli *et al.*, 2011). Los resultados de este trabajo sugieren que la intensificación con soja tiene un patrón espacial establecido que se concentra en suelos Argiudoles típicos localizados en el sur este de la región de estudio. Excepto en la campaña 2012/2013, en zonas con suelos Paleudoles petrocálcicos la intensificación de soja fue evidentemente menor. A partir de estos resultados, se sugiere priorizar los estudios para determinar planes de mitigación del efecto de la intensificación con soja en condiciones de suelos Argiudoles típicos.

El patrón espacial del ISI estuvo afectado por los patrones espaciales de los tipos de suelo. En el sur-este de la región de estudio el ISI fue bajo, debido a la intensificación de soja en las rotaciones. Por su parte, en el noroeste de la región de estudio el ISI fue bajo debido a la baja aptitud de suelos para cultivos estivales sumado a una disminución en las precipitaciones anuales, particularmente hacia el oeste. Al respeto, Caviglia y Andrade (2010) determinaron que un ISI >2 en el cual esté involucrada en la rotación el trigo y la soja, permite optimizar la captura de agua y radiación durante todo el ciclo de la rotación, en suelos Argiudoles típicos. Por ende, aumenta el rendimiento y la generación de residuos en el suelo. En este contexto, es necesario plantearle a los productores alternativas de intensificación ecológica que permitan (i) incrementar la eficiencia en el uso de agua y radiación; (ii) incluir en el sistema productivo la rentabilidad en el tiempo, pensando en la generación de rendimiento desde la rotación y no desde un cultivo en particular; y (iii) preservar los recursos naturales y la salud humana (Cassman, 1999).

Si bien varios trabajos han estudiado el efecto de la sojización sobre las propiedades de cultivo, este trabajo sugiere que este efecto va a depender de las condiciones locales de tipos de suelos. De acuerdo con esto, se sugiere plantear planes de mitigación de suelos específicos para la condiciones del sur-este y oeste de la región de estudio, los cuales tengan como prioridad el planteamiento de principios de intensificación ecológica.

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo sugieren que la intensificación con soja tiene un patrón espacial y que este depende de los patrones espaciales de los tipos de suelos. Esto reafirma la importancia de generar planes de mitigación de impacto de la sojización en las propiedades del suelo. Para que estos planes sean exitosos se sugiere que los mismos tengan en cuenta las condiciones particulares de los tipos de suelos y su patrón espacial. A partir de esta caracterización fue posible: (*i*) entender el efecto de la soja sobre los patrones espaciales de la intensificación y (*ii*) diagnosticar las prácticas de uso del suelo actuales.

BIBLIOGRAFIA

Amiotti N., del C. Blanco M., Sanchez L.F. 2001. Complex pedogenesis related to differential aeolian sedimentation in microenvironments of the southern part of the semiarid region of Argentina. CATENA. 43:137-156.

Anselin L., Syabri I., Kho Y. 2006. GeoDa: an introduction to spatial data analysis. Geographical analysis. 38:5-22.
Cassman K.G. 1999. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. P. Natl Acad Sci. USA. 96:5952-5959.
Castro Franco M., Costa J.L., Peralta N., Aparicio V. 2015. Prediction of Soil Properties at Farm Scale Using a Model-Based Soil Sampling Scheme and Random Forest. Soil science. 180:1-12.
Caviglia O., Sadras V., Andrade F. 2013. Modelling long-term effects of cropping intensification reveals increased water and radiation productivity in the South-eastern Pampas. Field Crops Research. 149:300-311.
Caviglia O.P., Andrade F.H. 2010. Sustainable intensification of agriculture in the Argentinean pampas: Capture and use efficiency of environmental resources. Am. J. Plant Sci. Biotechnol. 3:1-8.
Choumert J., Phélinas P. 2015. Determinants of agricultural land values in Argentina. Ecological Economics. 110:134-140.
Diggle P.J., Ribeiro P.J. 2007. Model based Geostatistics. Springer Series in Stadistics, New York. 232 pp.
Farahani H.J., Peterson G.A., Westfall D.G., Sherrod L.A., Ahuja L.R. 1998. Soil Water Storage in Dryland Cropping Systems: The Significance of Cropping Intensification. Soil Science Society of America Journal. 62:984-991.
Grau H.R., Aide T.M., Gasparri N.I. 2005. Globalization and soybean expansion into semiarid ecosystems of Argentina. AMBIO: A Journal of the Human Environment. 34:265-266.
Havlin J., Kissel D., Maddux L., Claassen M., Long J. 1990. Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. Soil Science Society of America Journal. 54:448-452.
MAGyP. 2012. Sistema integrado de información agropecuaria, in: http://www.siia.gov.ar/index.php/series-por-tema/agricultura (Ed.).
Novelli L.E., Caviglia O.P., Melchiori R.J.M. 2011. Impact of soybean cropping frequency on soil carbon storage in Mollisols and Vertisols. Geoderma. 167–168:254-260.
Pazos M.S., Mestelan S.A. 2002. Variability of Depth to Tosca in Udolls and Soil Classification, Buenos Aires Province, Argentina. Soil Sci. Soc. Am. J. 66:1256-1264.
R Development Core Team. R: A language and Enviroment for Stadistical Computing.Viena, Austria. Programa computacional.
Sadras V.O., Roget D.K. 2004. Production and environmental aspects of cropping intensification in a semiarid environment of southeastern Australia. Agronomy Journal. 96:236-246.
SIIA. 2015. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Consultado [Fecha de consulta:01/05/2015]
Thornthwaite C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev.:55-94.
Xiao Y., Mignolet C., Mari J.-F., Benoît M. 2014. Modeling the spatial distribution of crop sequences at a large regional scale using land-cover survey data: A case from France. Computers and Electronics in Agriculture. 102:51-63.

AGRADECIMIENTOS

A los Ing Agr. Agustín Baez, Julio Domingo Yagüez, Jimena Berriolo y al Señor Ruben Langhi por la colaboración en la recolección de los datos.