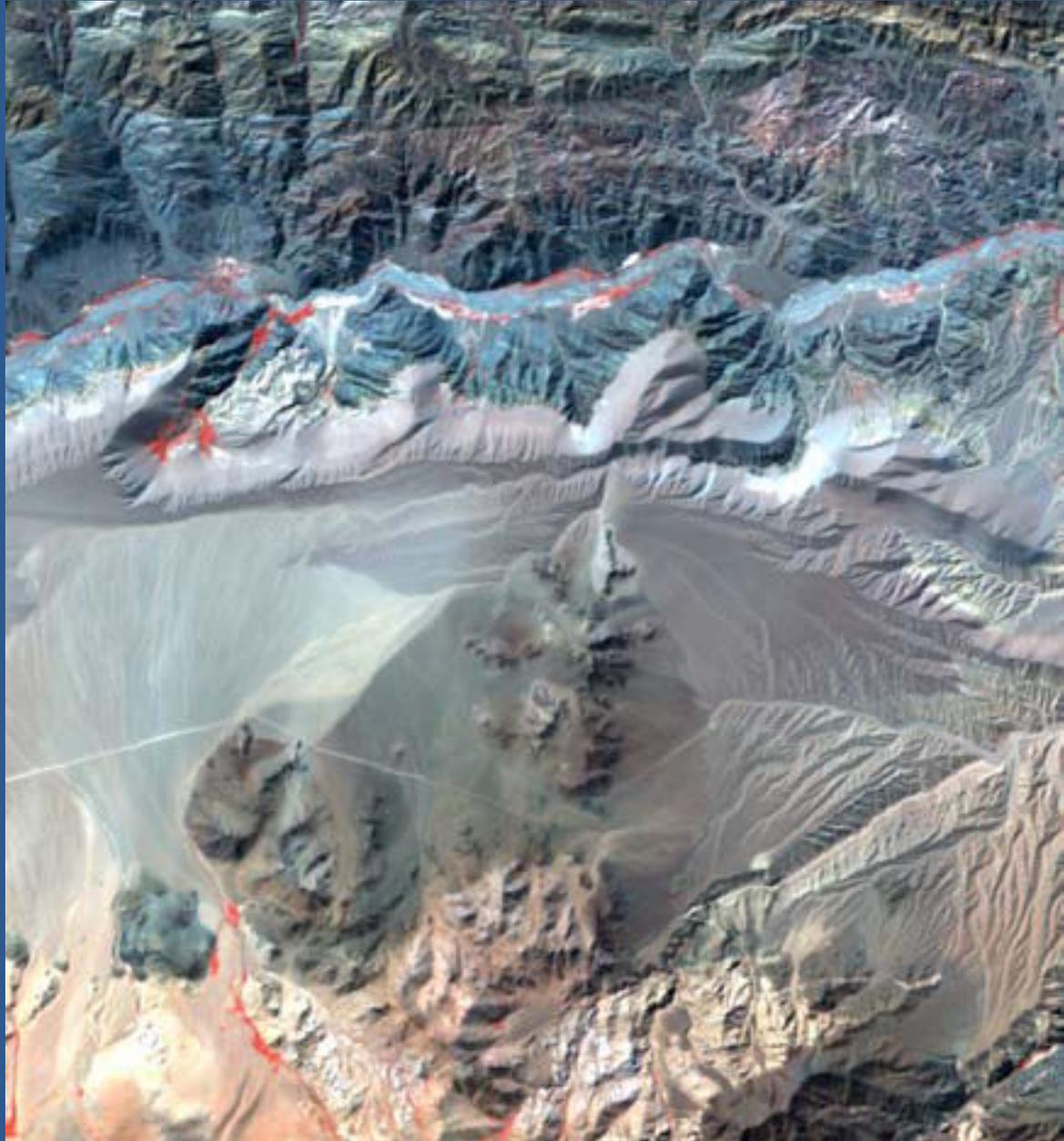




Revista
Journal

SELPER



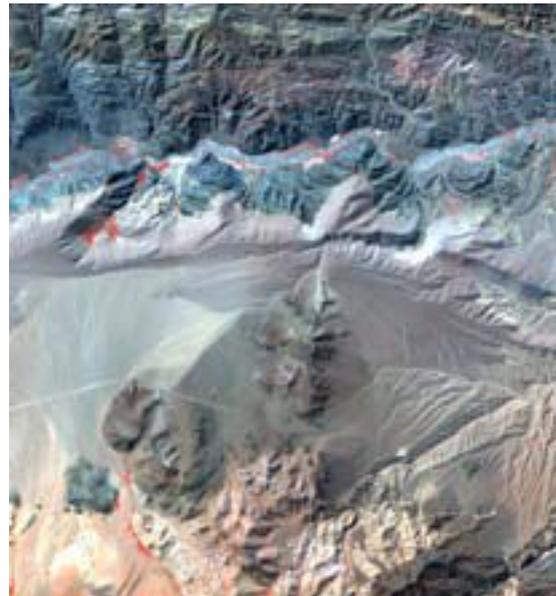
Valle del Río Blanco - San Juan - Argentina
Imágen de satélite Landsat 5 TM



FOTO PORTADA

San Juan - Argentina

Imagen de satélite Landsat 5, resolución espacial 30 metros, en composición Falso Color (4,2,1 / RGB) del Valle del Río Blanco, Dto. Iglesia, Provincia de San Juan. El Río Blanco es un curso de agua permanente, ubicado al sudoeste del departamento Calingasta, San Juan. Tiene una geografía de quebrada ancha, con aguas variadas (rápidas, medio/rápidas y lentas). Nace en el deshielo de la cordillera de los Andes, desemboca en el río Los Patos junto al río de los Patos Sur, son sus principales afluentes tiene como afluentes principales al río Salinas y el río Bramadero. Tiene un ancho medio de unos 15 metros y un caudal de 20 m³/s. Su valle es longitudinal lo cual indica el inicio de las formas precordilleranas caracterizadas por sus cumbres anchas, planas y sin nieves permanentes y caldeos con escombros.



DIRECTORIO SELPER, SEDE MEXICO 2010 - 2012
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Cd. Victoria, Tam. México
Tel. (834)3181721 - (834) 3189361
Selper.internacional@gmail.com

PRESIDENTE
Silvia Casas Gonzalez
Mexico

VICE-PRESIDENTE
Isabel Cruz
Mexico

VICE-PRESIDENTE
Eloy Perez
Cuba

VICE-PRESIDENTE
Aurelie Sand
Francia

SECRETARIO GENERAL
Fabián Lozano
Mexico

RESPONSABLE DE DIVULGACIÓN ELECTRÓNICA
Victor Flores
Mexico

TESORERO
Brenda Portes
Mexico

COMITÉ DE RELACIONES INTERNACIONALES

Myriam Ardila Torres (Colombia)
Presidente
Laurent Durieux – Francia
Pedro Luis García Pérez - Cuba
Pedro Martínez Fernández - Cuba
Olga Piedad Rudas - Colombia
Anyul del Pilar Mora - Colombia
Luis Geraldo Ferreira - Brasil
Washintong Franca Rocha - Brasil
Victor Barrena - Perú
Ramiro Salcedo - Venezuela

COMITÉ EDITORIAL

María Cristina Serafini (Argentina)
Presidente
Miriam Esther Antes – Argentina
Fabián Lozano – México
Leila María Fonseca – Brasil
Jorge Martín Chiroles - Cuba
Francisca Celia González - Argentina
Freddy Flores – Venezuela

COMITÉ DE EDUCACIÓN

Maria Antonia García Cisnero (Cuba)
Presidente
Luz Angela Rocha Salamanca- Colombia
Dra. Laura Delgado - Venezuela
Ethel Rubin de Celis Llanos - Perú
Josselisa Ma. Chávez - Brasil

CAPÍTULOS CONSTITUIDOS

ARGENTINA
Francisca Celia González
Universidad Nacional del Sur
Departamento de Geología
San Juan 670 (8000)
Bahía Blanca, Argentina
Tel: 54 - 291 - 459 5102 - int. 4360
Fax: 54 - 291 - 459 5127
E-mail: ghgonzal@criba.edu.ar

BOLIVIA
José Luis Liseca
Carrera de Topografía y Geodesia
Facultad Técnica
Universidad Mayor de San Andrés
Av. Arce 2299 1º Piso
La Paz, Bolivia
Tel.: 591-2-2441401
E-mail: jlisec@hotmail.com

BRASIL
Leila María García Fonseca
INPE
Av. Dos Astronautas 1758, Sao José dos Campos
San Pablo, Brasil
Tel: 55 - 12-39456000
E-mail: leila@dpi.inpe.br

CHILE
Gina Ghio
Data Research servicios de Ingeniería
Manuel Antonio Prieto 0152
Santiago, Chile.
Tel: 562 - 6651730
Fax: 562 - 6659201
E-mail: ginaghio@dataresearch.cl

COLOMBIA
Olga Piedad Rudas
Carrera 30 No. 48-51 Edificio IGAC-CIAF Of. 212
Bogotá D.C., Colombia
Tel: 57-1-369-4096
Fax: 57-1-369-4096
E-mail: orudas@prosis.com

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 Mifio
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
Silvia Lucero Casas
UAM Agronomía y Ciencias
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Centro Universitario Victoria
Cd. Victoria Tamaulipas, México
E-mail: scasas@uat.edu.mx

FRANCIA
Aurélien SAND
CNES
18 avenue Edouard Belin, 31401 Toulouse
Cedex 9
tél : 05 61 27 43 89
scc : 05 61 28 14 54, Christine Faure
E-mail: aurelie.sand@cnes.fr

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@hotmial.com

VENEZUELA
Ramiro Salcedo
Centro de Procesamiento Digital del Instituto de
Ingeniería en Caracas
Apdo. Postal 40200 / Caracas, Venezuela
Tel/fax: 58 - 212 - 903 -4682
E-mail: ramiroso@fii.org

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 EN FORMACIÓN

PARAGUAY
Sergio M. Burgos Sosa
IPPA
Dr. César Sánchez 431
San Lorenzo, Paraguay
Tel/Fax: 595- 21-574909
Email: smburgos@highway.com.py

CAPÍTULOS ESPECIALES

ALEMANIA
Klaus Reimiger
DLR
D-8031 Oberpfaffenhofen
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
José L. Labrandero
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
Pinar 25- Madrid 28006, España
Tel: 34- 411.10.98
Fax: 34- 562.55.67

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 - 694180602
Fax: 39 - 694180602
E-mail: Francesco.Sarti@esa.int

Maurizio Fca
via Alessandro Poerio, 49
00152 Roma
tel/fax: +39065880581
móvil: +393281771383
E-mail: maufca@gmail.com

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

ÍNDICE TEMÁTICO

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

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

Leila María Fonseca (Brasil)
INPE
Av. Dos Astronautas 1758, Sao José dos Campos, Sao Paulo, Brasil
Tel: 55 - 12-39456000
E-mail: leila@dpi.inpe.br

Fabián Lozano (Mexico)
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
Av. Eugenio 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

Jorge Martín Chiroles (Cuba)
E-mail: ciencia@geocuba.com.cu

Francisca Celia González (Argentina)
Universidad Nacional del Sur
Departamento de Geología
San Juan 670 (8000)
Bahía Blanca, Argentina
Tel: 54 - 291 - 459 5102 - int. 4360
Fax: 54 - 291 - 459 5127
E-mail: ghgonzal@criba.edu.ar

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

Walter Sione
(UNLu - Argentina)
Héctor del Valle
(CENPAT - Argentina)
Mirta Aída Raed
(CSR, UNLu - Argentina)
Francisca González
(UNS - Argentina)
Graciela Marín
(SEGEMAR- Argentina)

- **Aportes para la comprensión de la incidencia de los factores climáticos y tecnológicos sobre la deriva de agroquímicos aplicados a cultivos de soja y sus respectivos efectos sobre la población potencialmente expuesta**
Daniel E. Lanson
Leila Schein
Mauricio Miglioranza5
- **Apoyo del gobierno mexicano a los agricultores en la gestión de desastres (FAPRACC) y posibles impactos en la aptitud agrícola por cambio climático: Su monitoreo y evaluación a partir de tecnologías satelitales en México**
Alejandro Ismael Monterroso Rivas
José López García
Jesús David Gómez Díaz 15
- **Prevención y evaluación de desastres naturales en el sud oeste bonaerense utilizando geotecnologías**
J. A. Uboldi
P. Michalijos
F. Barragán
M. Mancino..... 29
- **Teledetección del engorde intensivo de ganado bovino a corral**
Néstor Zirulnikoff
Efraín Barraza..... 50
- **Seguimiento de eventos de inundación utilizando distintas plataformas satelitales**
Gabriela Posse
Jorgelina Corin
Nuria Lewkzuk
Piedad Cristiano 55
- **Estrategias de la Red UTEEDA-CYTED para contribuir al fortalecimiento del empleo de las tecnologías espaciales de observación de la tierra en la gestión de riesgo de desastres naturales en la agricultura**
Dámaso R. Ponvert-Delisle Batista..... 62
- **Cartografía digital aplicada a estudios geoquímicos ambientales de suelos agrícolas en la localidad de Villa Nueva, Dto. Calingasta - Provincia de San Juan - Argentina**
Agustín Arroqui Langer
Adriana Cardús
Graciela Nozica..... 72

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



PLAN EDITORIAL SELPER 2010 - 2012



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 una publicación Especial, donde se incluyen los trabajos que han sido presentados en el Seminario Internacional: "La tecnología satelital de observación de la tierra en la evaluación, monitoreo y manejo de desastres naturales en la agricultura. Retos y perspectivas", desarrollado en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en el mes de Octubre de 2009.

Estos trabajos han sido remitidos a expertos evaluadores para su revisión y aprobación. En este sentido es necesario destacar el invaluable apoyo brindado por el grupo de evaluadores, a quienes agradecemos muy especialmente por su labor.

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

Aportes para la comprensión de la incidencia de los factores climáticos y tecnológicos sobre la deriva de agroquímicos aplicados a cultivos de soja y sus respectivos efectos sobre la población potencialmente expuesta

Lanson, Daniel E. ^a; Schein, Leila ^b y Miglioranza, Mauricio ^c

^a División Geografía. Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Luján

^b División Química. Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján

^c División Avicultura. Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján

RESUMEN

Los factores técnicos y climatológicos que interactúan en el efecto de deriva de las aplicaciones de agroquímicos a cultivos de soja configuran un escenario complejo poco conocido. Con el objeto de realizar un aporte al conocimiento sobre la posible exposición de la población a agroquímicos aplicados a cultivos de soja en el Partido de Luján, se llevó a cabo el presente trabajo.

Dado el acotado conocimiento relativo a la deriva de agroquímicos aplicados a soja, se acudió al conocimiento empírico mediante una entrevista a un aplicador de la Provincia de Buenos Aires. En base a la información brindada se consideraron diferentes escenarios representativos de situaciones a prevenir (condiciones técnicas y climáticas de la aplicación y la respectivas distancias que el agroquímico podría recorrer por deriva). Por su parte, utilizando imágenes satelitales del Partido de Luján y relevamiento de campo se confeccionó un mapa temático de los cultivos de soja en el área estudiada. Dada la importancia de la hora de aplicación expresada por el entrevistado, se procedió a realizar 2 mapas, uno matutino y otro vespertino, que representan las zonas urbanas del Partido de Luján, las parcelas cultivadas con soja y buffers de distancias en función a tales escenarios.

El resultado obtenido permite comprender la importancia de tomar cartas en el asunto para evitar potenciales efectos sobre la población. Se concluye que la normativa vigente (Ley 10.699 y Decreto 499/01 de la Provincia de Bs. As.) requiere un mayor control de su aplicación para cumplir con su cometido, al tiempo que se vislumbra la necesidad de llevar a cabo investigaciones interdisciplinarias que profundicen el conocimiento en la materia.

Palabras clave: Deriva – Salud – Soja – Aplicación de agroquímicos

ABSTRACT

Spray drift from agrochemical application on soybean crops are strongly influenced by technical and

climatologic factors, which relate in a very complex way, defining a complex and not fully understood system.

Concerned about this lack of information and it associated risks for Luján populated areas, this work was conceived.

Given the limited sources of information on this subject, we built different application scenarios from an interview performed to a local applicator whose empirical knowledge allowed us to develop all possible combinations of use and misuse, and weather and daytime conditions, to model spray drift distances scenarios as well. By the means of satellite imagery and field work we developed 2 model maps for morning and evening, which show spatial relationships between populated areas, soybean crops and spray drift probable distances, represented through multiple ring buffers.

The main conclusions show the urgency and importance of undertaking action to avoid potential damaging exposure over populated areas. Present law in Buenos Aires (Ley 10.699 and Decreto 499/01) requires effective control over its compliance, and academic research must be undertaken in order to improve knowledge on such a delicate matter.

Keywords: Spray drift – Human health – Soybean – Agrochemical application

INTRODUCCIÓN

Las condiciones económicas globales conjuntamente con el reciente desarrollo tecnológico agroindustrial han promovido un notorio aumento de la superficie cultivada con soja en la Argentina. Dichas nuevas tecnologías agrarias, que se comercializan en paquete, involucran semillas genéticamente modificadas, agroquímicos varios y maquinarias de siembra y cosecha que aumentan la rentabilidad de los suelos. Estos paquetes tienen interesantes ventajas para el desarrollo del cultivo pero sus efectos exceden los límites de la explotación agrícola, generando situaciones no siempre deseables.

“Los efectos de deriva o escurrimiento producidos en la aplicación del herbicida pueden producir efectos

totales o selectivos sobre la flora del ambiente involucrado. Si el banco de semillas fuera reducido por el efecto continuo del herbicida, es probable que se conformase una sucesión secundaria, con el avance de nuevas especies y comunidades vegetales. Es decir, una profunda transformación del ecosistema. Realmente relevante será entonces, controlar los efectos de la deriva, el escurrimiento y la mala aplicación del producto, mucho del cual no llega a su destino. En términos ambientales, es dable inferir que por las altas concentraciones a los que se expone y expondrá a la vida silvestre habrá efectos directos o indirectos indeseables, que deberán ser reevaluados independiente y adecuadamente. Si muchas plantas silvestres son refugio, alimento o área de reproducción de insectos benéficos, su desaparición afectará sensiblemente los sistemas de control integrado de plagas y enfermedades que, con debilidad aún, sobreviven con una visión más holística para alcanzar un manejo racional de los recursos.” (Pengue, 2003).

Entre los agroquímicos utilizados se encuentran el Glifosato, herbicida sistémico frecuentemente comercializado bajo el nombre de RoundUp. La exposición al mismo puede afectar la reproducción humana y el desarrollo fetal (Benachour et al.). A su vez, respecto al glifosato, Jorge Kaczewer (2007)² agrega que “existen antecedentes de efectos adversos neurotóxicos ocasionados por el uso de herbicidas comerciales en base a este herbicida”. Este mismo autor advierte sobre la necesidad de realizar estudios toxicológicos a mediano y largo plazo, de dopajes y bio-ensayos, en aguas y suelos.

Tal necesidad de estudios sobre los efectos del glifosato sobre la salud humana, sumado a diferentes publicaciones periodísticas³ y audiovisuales documentales⁴ que presentan testimonio sobre las afectaciones del uso de agroquímicos sobre el ambiente; y en particular, de personas afectadas por su aplicación en las proximidades de su hogar; invitan a buscar avances que signifiquen un aporte en la construcción de un conocimiento cuyo rigor científico permita tomar las decisiones necesarias para el resguardo de los derechos de la población expresados en el artículo Nro. 41 de la Constitución Nacional.

En tal dirección, el Proyecto de Ley –S–2189–9, firmado por Osuna, Blanca; Corregidor, Elena; Maza, Ada; Guastavino, Pedro y Torres, Eduardo presenta en sus fundamentos un importante relevamiento del estado del conocimiento respecto a la aplicación de agroquímicos y propone la creación de un Programa de Protección y Prevención de Riesgo por Agroquímico, la prohibición del endosulfan y el 2,4 D éster y la definición de presupuestos mínimos para la aplicación de agroquímicos en zonas periurbanas y cursos de agua y aplicación del Principio Precautorio

en vistas del cumplimiento del Derecho a la Salud.

Con el objetivo de realizar un aporte más en dicha dirección, y dado el escaso conocimiento respecto a la deriva resultante de la aplicación de glifosato⁵ a cultivos de soja, se realizó una entrevista a un aplicador⁶ de agroquímicos de la Provincia de Bs. As.. En dicha entrevista surgieron aspectos relacionados a las prácticas llevadas a cabo por aplicadores que no constan en los manuales. Algunas consideraciones están relacionadas con el desconocimiento de aspectos técnicos como la inversión térmica y el tamaño de gota, el uso inadecuado de maquinarias o la mezcla con otros agroquímicos para potenciar los efectos de la aplicación.

Inversión térmica: Efecto provocado por la diferencia de temperatura entre el suelo y el aire. En verano, el sol calienta el suelo. Al ponerse el sol, el suelo comienza a irradiar parte del calor acumulado a la atmósfera. El aumento de energía provocada por tal irradiación sobre las moléculas de aire de las capas más próximas al suelo genera una corriente de aire ascendente. Si se realiza una aplicación de agroquímico en estas condiciones, dicha corriente puede arrastrar las gotas del agroquímico. El pequeño tamaño de las gotas y las brisas que suelen ocurrir en las zonas rurales hacen que el agroquímico pueda ser arrastrado fuera de la parcela, depositándose en otras áreas.

Tamaño de gota: La eficiencia de una aplicación tiene una vinculación con el tamaño de la gota del agroquímico aplicado. “Desde el punto de vista biológico, gotas de menor tamaño son necesarias para optimizar la cobertura lograda sobre el blanco, principalmente cuando se emplean productos que ejercen su acción por contacto. A medida que aumenta el tamaño de las gotas, disminuye la influencia del viento que provoca deriva, además de evitarse los efectos posibles de evaporación que son mayores cuando menor es el tamaño de las gotas. Es por ese motivo, que las aplicaciones de fitoterápicos que ejercen su acción por vía sistémica, pueden ser realizadas con gotas de mayor tamaño (dentro de ciertos límites) que no afectarán la eficiencia de la aplicación a pesar de disminuir la cobertura obtenida. Las gotas muy grandes, al hacer impacto en el blanco, estallan sobre el mismo y se producen, como consecuencia, pérdidas por escorrentías al no poder ser retenidas por el blanco. Resumiendo, el tamaño correcto de las gotas constituye un compromiso importante, que el formulador del agroquímico debe especificar para cada tipo de aplicación y que el aplicador deberá respetar.” (Etiennot, 2007)

Uso inadecuado de maquinarias: Suele estar vinculado con los aplicadores aéreos. Según el entrevistado, algunos propietarios de parcelas adquieren este tipo de maquinaria y conjugan la aplicación de agroquímicos con entretenimiento. Esto resulta en frecuentes usos inadecuados de los

² Según este autor, se estima que se utilizan unos 160 millones de litros por año en Argentina.

³ Ver www.grr.org.ar

⁴ Valen destacar los audiovisuales documentales “Hambre de soja” (Viñas, 2004), “La siembra letal” (Viñas, 2003) o “Reverdecer” (Chaya, 2007) donde pueden verse testimonios de afectados por la deriva de agroquímicos aplicados a soja.

⁵ Ver los trabajos sobre deriva y tensioactivos realizados por Smith et al. (2001) y Masía et al. (2001). Los estudios realizados en ellos no utilizaron glifosato como agroquímico.

⁶ Entrevista a Oscar Dichiara, aplicador y propietario Davilor (www.davirlo.com.ar).

mismos, el sobrevuelo de zonas pobladas con posibles goteos de los productos aplicados entre otras problemáticas.

Mezcla de químicos: El glifosato, como en el caso de la fórmula comercial del RoundUp que contiene Polioxi-etileno-amina (POEA)⁷, suele estar mezclado con otros químicos para mejorar su rendimiento. A su vez, según el entrevistado, aunque no consta en los manuales, es una práctica habitual que algunos aplicadores mezclen el glifosato con hidrocarburos como cuadyuvantes⁸, con agua para diluirlo y aumentar la superficie aplicada o con 2-4 D para mejorar su eficiencia fitosanitaria.

El 2-4D es un herbicida que suele ser utilizado independientemente. Además de su mayor volatilidad, lo que aumenta la deriva de la mezcla, según Kaczewer (op.cita) es un neurotóxico que presenta:

- Neuropatía periférica: sensaciones inusuales, adormecimiento y dolor en brazos y piernas, trastornos de la marcha. Los síntomas aparecen tardíamente y la recuperación puede ser incompleta. Amplia variabilidad en la susceptibilidad individual a padecer neuropatía.

- Síntoma más frecuente de neurotoxicidad: miotonía (los músculos no pueden relajarse luego de su contracción voluntaria).

- Trastornos del comportamiento: cambios en el ritmo diario de actividad relacionados con alteraciones del nivel cerebral del neurotransmisor serotonina y sus metabolitos.

- Neurotoxicidad en niños: reducción del tamaño cerebral, alteraciones de componentes de la membrana neuronal. Exposición infantil a través de la leche materna: menor producción de mielina (componente fundamental de las vainas que recubren las prolongaciones neuronales).

- A altas dosis, daños en la barrera hémato-encefálica, permitiendo que el 2-4-D penetre hacia los tejidos cerebrales.

La complejidad que presentan las anteriores consideraciones conduce a focalizar la atención en las áreas potencialmente expuestas a la aplicación de agroquímicos, promoviendo la elaboración de una normativa que resguarde a la población de posibles efectos adversos. Se deja para una instancia posterior la realización de investigaciones interdisciplinarias, que cuenten con una fuerte presencia de profesionales de la agronomía y la climatología entre otros, a fin de determinar con precisión las áreas afectadas por deriva de agroquímicos específicos, la vulnerabilidad y los riesgos en la salud de la población y el ambiente.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Para la realización del presente trabajo se llevaron a cabo las siguientes actividades:

1- Se realizó una entrevista a un aplicador de agroquímicos de la Provincia de Buenos Aires. Según su experiencia, la deriva es un efecto altamente complejo que depende de múltiples factores. Según el entrevistado, estos factores son relativos a:

Factores bio climáticos:

- Temperatura del aire

- Humedad relativa del aire

- Velocidad del viento

- Temperatura del suelo (este factor es condicionante de la inversión térmica)

Factores tecnológicos:

- Altura de barra: Aplicador Terrestre: 1,5/2 m – Avión: 3/5 m

- Tamaño de gota (dependiente de la pastilla utilizada, la presión y velocidad del equipo aplicador, por esto los aviones suelen generar una gota de mucho menor tamaño): gota grande: 400µm, gota mediana: 200µm, gota chica 70–100µm de diámetro. Estos son valores medios, ya que la precisión de la misma está sujeta a desvíos que dependen de varios factores también técnicos y ambientales.

- Mezcla de agroquímicos: Según el entrevistado, es una práctica habitual agregar 2,4D al glifosato para mejorar su eficacia. Esto se debe a la aparición de malezas resistentes a tal herbicida (Papa, 2005), las cuales son controladas con este otro agroquímico.

- Sentido de la aplicación.

2- Debido a tal multiplicidad de factores, y en función a lo expresado por el entrevistado como prácticas habituales, se consideraron 4 escenarios posibles basados en las distancias potencialmente alcanzadas por deriva⁹:

a) Aplicador terrestre, a la mañana y con leve brisa, gota media, mezcla con glifosato: 50m

b) Aplicador aéreo, a la mañana y con leve brisa, gota chica, mezcla con glifosato y 2-4D: 1.000m

c) Aplicador terrestre, a la tarde y con leve brisa, gota chica, mezcla con glifosato y 24D: 3.000–4.000m

d) Aplicador aéreo, a la tarde y con leve brisa, gota chica, mezcla con glifosato y 24D: 5.000–10.000m

3- Estas condiciones fueron consultadas con el Ingeniero Agrónomo Adolfo Boy, quién consideró aceptable la información.

4- Se desarrolló un SIG utilizando ArcGIS 9.2 en base a una imagen Landsat actual (L5 TM 2009-01-19 / path: 225 row: 84 / RGB:453) provista por la CONAE¹⁰. Utilizando como información de base las

⁷ Las fórmulas conteniendo glifosato producen mayor toxicidad aguda que el glifosato solo. La cantidad de Round-up (glifosato + POEA) requerida para ocasionar la muerte de ratas es tres veces menor que la de glifosato puro (Kaczewer, 2002).

⁸ Ver www.aeroforo.com – Aeroforo – Foros de aviación Mobile – mensaje de Aeroaplicaciones-3 (2009, 17 de abril).

⁹ Los valores estimados por el entrevistado corresponden a condiciones climáticas típicas de primavera-verano, época en la que se realizan estas aplicaciones.

¹⁰ Vale destacar que se analizaron otras imágenes Landsat 5 TM de otras fechas de la misma campaña y para la misma zona (16-11-2008 y 4-2-2009), únicas disponibles en condiciones climatológicas favorables, pero no aportaron información adicional significativa para el presente trabajo.

cartas topográficas del IGM 3560-11-4/3560-11-3/3560-11-1/3560-11-2/3560-12-1/3560-12-3/3560-17-2/3560-11-1, se confeccionó el mosaico del Partido de Luján completo en 1:50.000

5- Se probaron diferentes métodos de estiramiento, brindando la mejor opción para la identificación de áreas cultivadas con soja: desviación estándar con $n=3$. La imagen resultante presenta cualidades según las cuales los posibles errores puede darse en la confusión de soja con maíz, lo que no significa un problema mayor dado que el monocultivo de maíz es una práctica que utiliza agroquímicos aplicados de forma semejante, provocando problemas similares.

6- A partir de una primera interpretación visual de las imágenes, se seleccionaron 20 áreas de entrenamiento (segmentos muestra) cuya respuesta espectral se estimó asociada al cultivo de interés (Figura 1).

7- En abril del 2009 se realizó un relevamiento de campo, acompañado de un estudiante avanzado de agronomía, para corroborar la correlación entre los cultivos hallados en cada segmento muestra y su respuesta espectral en la imagen. Dicho trabajo de campo introdujo una dificultad inesperada en el proyecto inicial. La sequía de la temporada 2008-2009 perjudicó fuertemente el normal desarrollo de los cultivos, dando respuestas espectrales diversas. A su vez, esta situación condujo a algunos agricultores que habían sembrado maíz a cosecharlo antes de tiempo para sembrar una soja de segunda, por lo que se encontraron rastros de ambos cultivos en una misma parcela (Figuras 2, 3, 4 y 5).

8- Dichas condiciones dificultaron la realización de una clasificación digital supervisada o no supervisada, por lo que se prosiguió a realizar una clasificación visual de cultivos. Se construyó una capa vectorial sobre la que se realizó una clasificación en pantalla siguiendo la experiencia adquirida del trabajo de campo.

9- Posteriormente, utilizando las herramientas del soft, Spatial Analyst, distancias, straight line, se elaboraron buffers¹¹ considerando las distancias potencialmente alcanzadas por deriva del agroquímico planteadas en los escenarios antes mencionados.

10- Para mejorar la visualización de la información se configuró la simbología de la capa con una clasificación de 10 clases utilizando una coloración del rojo (distancias menores) al verde (distancias mayores).

11- Se realizó un mapa para cada escenario y se analizaron conjuntamente. Dadas las notorias diferencias de distancias entre las aplicaciones matutinas y vespertinas, se sintetizó la información en 2 mapas: uno matutino y otro vespertino, los cuales muestran buffers de distancias de 0 a 1.000 y de 0 a

10.000 respectivamente.

12- A cada mapa se agregó las leyendas correspondientes, una rosa de vientos (velocidad del viento según direcciones y hora del día) y un gráfico con las frecuencias relativas por dirección para Luján¹²

Del trabajo desarrollado surgen como resultado los mapas presentados en las Figuras 6 y 7.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La elaboración de los buffers de distancia alrededor de las parcelas cultivadas con soja permitió realizar una primera aproximación en la identificación de áreas potencialmente alcanzadas por la aplicación de agroquímicos. Solo el 1,65% de la superficie del Partido de Luján estaría a más de 3000mts de un cultivo de soja, distancia potencialmente alcanzada por una mezcla de glifosato y 2,4 D aplicado vespertinamente con un aplicador terrestre que genere una gota pequeña. La totalidad de las zonas urbanas están a menos de 3000mts de un cultivo de soja y solo la zona céntrica de la ciudad de Luján está a más de 2000mts (distancia mínima permitida para aplicaciones aéreas dispuesta en el Decreto 499/01 art. 38 de la Provincia de BsAs). Las localidades de Pueblo Nuevo, Jáuregui, Cortinez, Torres y Carlos Keen se encuentran en su casi totalidad a no más de 1000mts de los cultivos.

Del análisis de los mapas resultantes se concluye que una importante superficie correspondiente a zonas urbanas resulta potencialmente expuesta si se realizan aplicaciones vespertinas, con aplicadores que generen una gota pequeña, de mezcla de glifosato y 2,4 D. Tales conclusiones llevan a considerar la incorporación de una regulación de las técnicas y los horarios de aplicación de agroquímicos en el texto de la normativa vigente.

A su vez, las diferentes publicaciones periodísticas antes mencionadas, los comentarios del aplicador entrevistado, así como lo expresado en el foro de aplicadores aéreos Aeroforo¹³, insinúan un distanciamiento entre la normativa y las prácticas habituales en la aplicación de agroquímicos, lo que denota la necesidad de implementar un control que procure el cumplimiento de la Ley 10699 y su decreto 499/01.

Finalmente, consideramos que el presente trabajo, más que un aporte cuantitativo respecto a los efectos de la deriva, significa una puerta hacia nuevas investigaciones que, mediante un abordaje interdisciplinario, profundicen el conocimiento respecto a la deriva de agroquímicos aplicados a soja y sus efectos sobre la salud humana y otras actividades humanas (particularmente sobre las agroganaderas productoras de alimentos), a fin de resguardar las calidad de vida de la población.

¹¹ Un buffer, en SIG, es una zona en torno a un mapa temático medido en unidades de tiempo o distancia. www.support.esri.com

¹² Fuente: Meteorología agrícola (Dto. Tecnología – UNLu). Estación meteorológica estándar (UNLu – Luján) dependiente del CIDEPA. Promedios entre 2002 y 2006. Control de calidad a cargo de Meteorología Aplicada.

¹³ "...el gas oil con caldo total de 1,7 litros por has, vos con el pawnee salis para 300 has por vuelo y economizas nafta y tiempo. El tipo del campo no pone ningún tipo de coadyuvante y los resultados son excepcionales hasta que aparece un iluminado ingeniero y empieza a explicar que ese litro setecientos entre agroquímico y gasoil deteriora la flor en tal o cual periodo, que mancha la hoja, todas cosas que hacen un marketing a un ingeniero nuevo en la zona" (Aeroforo, Foro de aviación Mobile. Mensaje de Aerocono del 14-abr-2009. Consultado julio, 20 de 2009 en <http://m.aeroforo.com/showthread.php?t=2691&page=27>).



Figura 1: imagen satelital realzada para relevamiento de muestras

En esta imagen puede verse gran parte del Partido de Luján. Marcadas sobre la imagen se ven las parcelas –muestra con números. Con letras pueden identificarse 3 parcelas que fueron cosechadas entre el 19/1 y el 4/2.

En particular llama la atención la B (cuadrante superior izquierdo de la imagen), cuya forma denota la presencia de un sistema de riego circular. La

intensidad de la respuesta espectral de esta muestra resalta frente a otros debido a la fuerte sequía de esta temporada. Respecto a la sequía, lo mismo encontramos en la zona sur del Partido, en los alrededores del Arroyo de Arias, donde la tonalidad blanca denota la intensidad de la sequía mencionada, sobretodo en la zona intermitente de dicho arroyo.



Figura 2. Parcela al sudeste de la ciudad de Luján (muestra 6)



Figura 3. Parcela entre Ruta 5 y Ferrocarril Sarmiento (muestra 16)



Figura 4. Parcela de Olivera (muestra 17)



Figura 5. Rastrojo de soja y maíz juntos (detalle de muestra 17).

PARTIDO DE LUJAN

Áreas potencialmente susceptibles o expuestas a agroquímicos por su aplicación matutina a cultivos de soja.

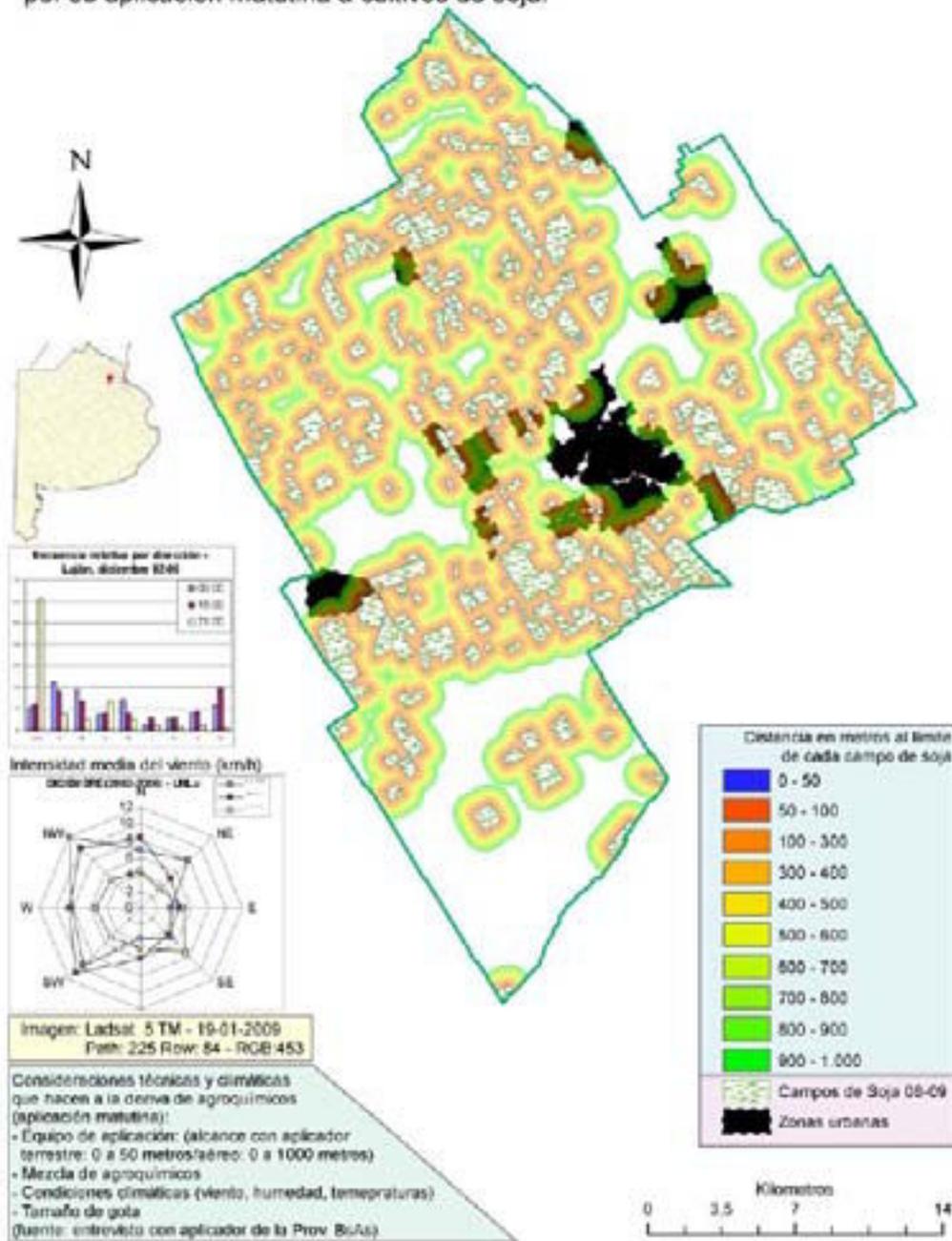


Figura 6. Mapa con áreas potencialmente afectadas por aplicaciones matutinas de agroquímicos a cultivos de soja.

PARTIDO DE LUJAN
Áreas potencialmente susceptibles o expuestas a agroquímicos por su aplicación vespertina a cultivos de soja.

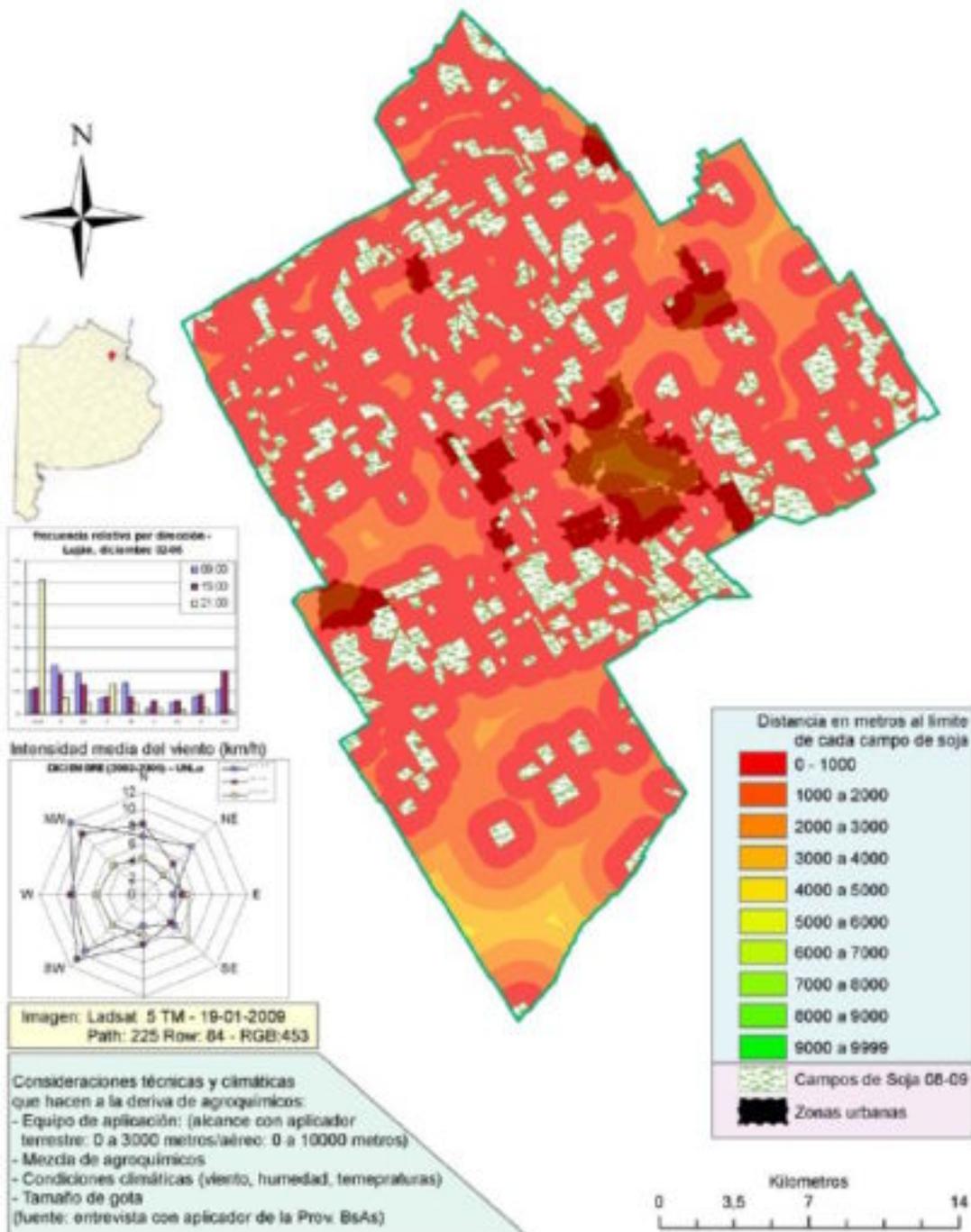


Figura 7. Mapa con áreas potencialmente afectadas por aplicaciones vespertinas de agroquímicos a cultivos de soja.

BIBLIOGRAFIA

AEROFORO. Aeroaplicación Pagina 21. Consultado 2009, agosto 18 en <http://m.aeroforo.com/showthread.php?t=2691&page=27>

BENACHOUR, N; SIPAHUTAR, H; MOSLEMI, S; GASNIER, C; TRAVERT, C; SERALINI, G.E. (2006). Time- and Dose -Dependent Effects of Roundup on Human Embryonic and Placental Cells. En Archives of Environmental Contamination and Toxicology Nro. 53, 126-133 (2007)

CHAYA Comunicación Cooperativa. (2007). Reverdecer. Argentina: Autor.

ETIENNOT, Alberto E. (2007). Técnica de aplicación de fitoterápicos. En Ficha Nro 5. Sistemas de aplicación. 2007. Terapéutica Vegetal. Dto de Tecnología. Universidad Nacional de Luján.

MASIA, G; FUICA, A.M; SMITH, J.E. (2001). Variaciones en la tensión superficial y la deriva producidas por el empleo de tensioactivos. XXX Congreso Brasileiro de Ingeniería Agrícola - CONBEA 2001. Foz do Iguazú - Paraná, 31 de julio a 3 de agosto 2001. Consultado noviembre 10, 2008 en <http://www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/pulverizacion/restensioactivo.htm>

PENGUE, Waltes. (2003). Glifosato: Dominación y Guerra. En Biodiversidad Nro. 37

KACZEWER, Jorge. (2002). Toxicología del glifosato: Riesgos para la salud humana en La Producción Orgánica Argentina. 607:553-561. MAPO. Buenos Aires.

KACZEWER, Jorge. (2007). Los agroquímicos en las fumigaciones periurbanas y su efecto sobre la salud humana. Consultado julio 2009 en <http://www.ecoportal.com.ar/content/view/full/69576>

PAPA, Juan C. (2005) Detección de especies de malezas de importancia emergente en el centro-sur de la Provincia de Santa Fe. Consultado julio 28 de 2009 en http://www.inta.gob.ar/oliveros/info/documentos/soja/soja_2005-7%20malezas%20detección.pdf

SMITH, J.E; BOGLIANI, M.P; FUICA, A.M; MASIA, G. (2001). Influencia del empleo de productos coadyuvantes sobre la deriva en pulverizaciones terrestres. XXX Congreso Brasileiro de Ingeniería Agrícola - CONBEA 2001. Foz do Iguazú-Paraná, agosto 2001. Consultado noviembre 10, 2008 en <http://www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/pulverizacion/rescoadyuvante.htm>

VIÑAS, Marcelo (Director); CASAL, Jorge (Productor). (2004). Hambre de Soja. Argentina: ICARO Producciones.

VIÑAS, Marcelo (Director); CASAL, Jorge (Productor). (2003). La siembra letal. Argentina: ICARO Producciones.

Apoyo del gobierno mexicano a los agricultores en la gestión de desastres (FAPRACC) y posibles impactos en la aptitud agrícola por cambio climático: Su monitoreo y evaluación a partir de tecnologías satelitales en México

Monterroso Rivas, Alejandro Ismael ^a; López García, José ^b y Gómez Díaz, Jesús David ^a

^a Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 carretera México–Texcoco. C.P. 56230.

Chapingo, México.

^b Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito exterior s/n. Coyoacán, México D.F.

RESUMEN

Se describe el funcionamiento del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC) que es un programa del gobierno federal mexicano, el cual atiende a los productores rurales de bajos ingresos afectados por alguna contingencia climatológica mediante la compensación parcial de la pérdida o la generación de fuentes transitorias de ingreso. Además, se presentan posibles impactos en la aptitud agrícola por escenarios de cambio climático. El objetivo propuesto fue el de evaluar la importancia de considerar el cambio climático dentro de la gestión de desastres así como discutir algunas formas de evaluación y monitoreo a partir de tecnologías satelitales, con el propósito de contar con mayores elementos que permitan subrayar las fortalezas y debilidades del programa estudiado. Para alcanzar lo anterior se tomó un caso de estudio en el estado de Oaxaca, donde se describe la incidencia de una inundación como contingencia climatológica, se evalúan los posibles impactos en la aptitud agrícola y se presenta un esquema de monitoreo satelital. Los resultados muestran que es posible monitorear las contingencias climatológicas y evaluar así las áreas impactadas mediante el uso de tecnologías modernas. También es posible monitorear las regiones agrícolas y los posibles cambios en su aptitud por escenarios de cambio climático. Finalmente se discuten los resultados en el marco de que cuando se realizan análisis geoespaciales, el espacio-tiempo puede ser un factor determinante en el tipo de elementos en riesgo y la determinación de su vulnerabilidad, siendo, entre otros, importante el momento de su atención.

Palabras clave: Cambio climático, Desastres naturales, Gestión, México, Tecnología satelital

ABSTRACT

We describe the "national fund to attend rural people affected by climate contingencies" (FAPRACC) which is a Mexican program operated by federal

government. The program caters to low-income rural producers affected by any weather contingency by paying partial compensation of the agricultural losses, or generating transient sources of income. In addition, we describe the potential impacts on the natural suitability for maize driven by climate change scenarios in Mexico. The goal was to evaluate the importance of considering climate change in disaster management and discuss some form of assessment and monitoring by satellite technologies, in order to have more elements to highlight the strengths and weaknesses of the studied program. To achieve the above a case study was held in the state of Oaxaca, which describes the impact of flooding as a weather contingency, assesses the possible impacts on agricultural suitability and we proposes a scheme of satellite monitoring. The results show that it is possible to monitor and assess climatic contingencies and the areas impacted by the use of modern technologies. It is also possible to monitor agricultural areas and possible changes in their suitability by climate change scenarios. Finally the results are discussed in the context that when performing spatial analysis, space-time can be a determining factor in the type of elements in determining risk and vulnerability, and, among others, the time of attention.

Keywords: Climate change, Natural disaster, Management, Mexico, Satellite technologies

INTRODUCCIÓN

FAPRACC es el acrónimo del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas y es un programa del gobierno federal mexicano. Tiene como antecedente, en el periodo 1995–2002, apoyos a productores agrícolas afectados por fenómenos climatológicos extremos mediante el Fondo Nacional de Desastres Naturales (FONDEN), destacándose que las mayores necesidades de apoyo para aquellos años se destinaron a fenómenos de "sequía", a las contingencias provocadas por "huracanes" y a "heladas". Se optó por crear el FAPRACC debido a

que el FONDEN contemplaba plazos superiores a los 120 días para que los productores pudieran recibir los apoyos una vez que hubiese sido publicada la declaratoria de siniestro. Sin embargo, los plazos no se ajustaban a los tiempos de la producción agrícola nacional para reintegrar a las unidades productivas a su actividad. Así, en el FAPRACC el Gobierno Federal con la participación de los gobiernos de las entidades federativas apoyan a los productores afectados por fenómenos naturales, con el fin de atender los efectos negativos y reintegrar rápidamente a las unidades productivas a su actividad.

De acuerdo con lo señalado en las reglas de Operación del Programa (DOF, 2003) el objetivo del programa es "apoyar a los productores rurales de bajos ingresos que no cuentan con algún tipo de aseguramiento público o privado, que realicen preponderantemente actividades agrícolas de temporal, pecuarias, acuícolas y pesqueras afectados por contingencias climatológicas, a fin de atender los efectos negativos causados por los fenómenos naturales y reincorporarlos a la actividad productiva, mediante la compensación parcial de la pérdida o la generación de fuentes transitorias de ingreso; así como inducir a los productores agropecuarios a participar en la cultura del aseguramiento".

Para alcanzar lo antes señalado, el FAPRACC define a una Contingencia Climatológica como "la afectación en los activos productivos provocada por la ocurrencia de los siguientes fenómenos climatológicos extremos: sequía, helada, granizada, nevada, lluvia torrencial, inundación significativa, tornado y ciclón, en sus diferentes manifestaciones. La población objetivo a la que va dirigido el programa se señala como "productores rurales de bajos ingresos afectados por alguna contingencia climatológica antes descrita, que realicen preponderantemente actividades agrícolas de temporal, pecuarias, acuícolas y pesqueras que no cuentan con algún tipo de aseguramiento público o privado agropecuario o pesquero".

De tal manera que los productores rurales de bajos ingresos son aquellos que cumplen con alguna característica como: a) Productores de hasta 20 hectáreas en los estados de Baja California, Baja California Sur, Campeche, Coahuila, Colima, Chihuahua, Durango, Jalisco, Nuevo León, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas; b) Productores de hasta 10 hectáreas en los estados de Aguascalientes, Chiapas, Guanajuato, Michoacán, Nayarit, Quintana Roo, San Luis Potosí y Yucatán; c) Productores de hasta 5 hectáreas en las entidades federativas de Guerrero, Distrito Federal, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro y Tlaxcala; d) Productores con cultivos perennes o con plantaciones de frutales, que posean hasta 5 hectáreas de temporal o 5 hectáreas de riego; e) Productores con cultivo de café, que posean hasta 5 hectáreas; f) Productores con plantaciones de nopal, que posean hasta 5 hectáreas; g) Productores con un hato ganadero de

hasta 25 cabezas de ganado mayor o su equivalente en cabezas de ganado menor; h) Productor pesquero con embarcación menor a 10 toneladas y motor fuera de borda, que estén inscritos en el Registro Nacional de la Pesca y matriculados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. En resumen, los apoyos se dan hasta por 5 hectáreas por productor agrícola y hasta 25 cabezas de ganado mayor o su equivalente en ganado mayor.

En general, la actividad agrícola en el país ha sido altamente afectada por la variabilidad climática, particularmente por los eventos de sequías e inundaciones (Florescano, 1995; Magaña, 1999). Asociados a estos eventos, se han presentado eventos de hambruna y desabasto de maíz, tanto en zonas rurales como en zonas urbanas. Como establece Florescano, dichos eventos se vieron exacerbados durante las más importantes guerras civiles en México (Independencia y Revolución Mexicana, por ejemplo).

Actualmente, los productores de maíz de temporal aplican diferentes estrategias para enfrentar la variabilidad climática. Las medidas adoptadas pueden ser cambiar de variedad a alguna más resistente o de ciclo más corto, cambiar de cultivo, posiblemente endeudarse con algún sistema de riego, buscar empleos temporales en otros predios o en zonas urbanas, o, finalmente emigrar a ciudades o estados, o inclusive a los Estados Unidos de Norteamérica. Para algunos autores (Nadal, 2000) este proceso de migración de la fuerza laboral campesina en México se ha incrementado desde 1994 por la agresiva política agraria surgida a partir del Tratado de Libre Comercio y otros tratados internacionales. Esta política afecta no solamente a los productores de maíz, sino también a otros productores agrícolas, en el pasado con ingresos elevados, como son los productores de café (Gay et al, 2006b; Conde et al, 2006) o productores con superficies para siembra por encima de las 50 hectáreas y que enfocan su actividad a la exportación, como es el caso de la agricultura del sur de Tamaulipas (Gay et al, 2006).

Sin embargo, el mayor esfuerzo de los productores agrícolas en México sigue estando en la producción de maíz, lo que refleja la importancia de esta actividad para la seguridad alimentaria de las familias campesinas.

La producción de maíz ha permanecido prácticamente constante, a excepción de 1998, cuando una gran sequía afectó al país (Magaña, 1999). Así, la producción de maíz en el país se ha mantenido en las 18 millones de toneladas anuales desde 1994.

La producción de subsistencia de maíz ha sido una actividad desarrollada a nivel de hogar, por la familia o familia extendida. Actualmente, la producción de maíz se encuentra ya como una actividad desarrollada por campesinos de la tercera edad o por mujeres, principalmente. Ante esta situación, el ingreso familiar se ha diversificado aceleradamente, dependiendo en forma importante de las remesas que los migrantes envían, pero también de las

aportaciones de los trabajos temporales de las mujeres, de las rentas de tierras o de los apoyos gubernamentales.

Por lo anterior, en el presente estudio se evalúa la importancia de considerar el cambio climático dentro de la gestión de desastres naturales en México, así como se discute, en un caso de estudio, la forma en que el gobierno atiende estas contingencias climáticas extremas.

METODOLOGÍA

1. DESCRIPCIÓN DEL DESASTRE: INUNDACIÓN EN OAXACA.

La descripción del desastre que se presentó en el estado de Oaxaca en el año 2003 se tomó del Fondo para atender a la población rural afectada por contingencias climatológicas, FAPRACC (2004), en el padrón de beneficiarios disponible en Internet.

2. MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL DESASTRE

Para evaluar la pertinencia del programa evaluado, se seleccionó una estación meteorológica dentro de la zona de estudio y se evaluó su comportamiento histórico. También se obtuvieron imágenes de satélite para corroborar su descripción e impactos, se obtuvo una imagen Landsat TM+ del año 2000 (Geocover, 2000) así como LANDSAT 7 del año 2002 (RGI, 2003) y finalmente se pudo obtener una imagen reciente del año 2007 a través de Google Earth.

3. EL APOYO DEL GOBIERNO

La descripción del apoyo del gobierno bajo el programa del fondo para atender a la población rural afectada por contingencias climatológicas, se tomó de las reglas de operación de dicho programa así como del padrón de beneficiarios disponible en Internet (FAPRACC, 2004). También se llevó a cabo una serie de encuestas a actores clave para conocer su opinión al respecto.

4. EVALUACIÓN DE LA APTITUD NATURAL DEL MAÍZ

El método utilizado fue el que considera como principio el factor limitante (FAO, 1981), en el cual se caracterizan la mayor cantidad de variables ecológicas posibles y, por otro lado, se obtienen los requerimientos que una determinada especie

necesita para poder desarrollarse. Se comparan los factores y como resultado de obtienen zonas potenciales de distribución para la especie vegetal, categorizada en niveles de aptitud. Así, el método aplicado requiere de información climática e información ambiental de requerimientos del maíz, descritos a continuación.

Las variables climáticas utilizadas para estimar la aptitud del cultivo del maíz fueron las temperaturas medias anuales y la precipitación total anual tomadas de Martínez et.,al. (2008), ambas para el promedio de los años 1950-2000. El mapa topográfico de pendientes fue elaborado a partir del Modelo de Elevación Digital del terreno del INEGI (2000) así como el mapa de profundidad del suelo (INEGI, 1998). A partir del mapa de precipitación total anual y de acuerdo con Ortiz (1987), se obtuvo el mapa de periodo de crecimiento, aplicando la siguiente ecuación:

$$PC = 0.24089 (Pt) - 0.0000372 - (Pt^2) - 33.1019 \quad (1)$$

Donde PC es el periodo de crecimiento en días y Pt es la precipitación total anual en milímetros. El autor señala para la ecuación una R2 igual a 0.7983.

Se establecieron los niveles de aptitud para el maíz de temporal en el país de acuerdo a los requerimientos agroclimatológicos y ambientales señalados por Gómez (2002), Sys et.al., (1991), FAO (1981), Ortiz-Solóriz (1987) y Reyes (1990). A partir del análisis de la información anterior, se elaboró el Cuadro 1, en el que se señalan algunos requerimientos ambientales asociados a la fenología del maíz de temporal, en particular para las condiciones de México. Los valores se expresaron en rangos y se agruparon en cuatro categorías de niveles de aptitud: Apto, Moderadamente Apto, Marginalmente Apto y No Apto. Las variables ecológicas seleccionadas fueron: Precipitación media anual (mm), Temperatura media anual (°C), Temperatura media del mes más frío (°C), Temperatura media del mes más caliente (°C) y Periodo seco anual (meses).

Cuadro 1. Requerimientos agroclimáticos para el maíz criollo y de temporal en México.

Requerimientos		TIPO DE APTITUD *						
		NA	MMA	MA	A	MA	MMA	NA
Temperatura [°C]	Media del ciclo	<14	14-18	18-22	22-26	26-32	32-39	>40
	Mínima del ciclo	<7	7-12	12-16	16-18	18-24	24-30	>30
Total del ciclo		<300	300-500	500-600	600-900	900-1200	1200-1600	>1600
Precipitación (mm)	1er Mes	<60	60-100	100-125	125-220	220-295	295-475	>475
	2do Mes	<70	70-150	150-175	175-235	235-310	310-475	>475
	3er Mes	<70	70-150	150-175	175-235	235-310	310-475	>475
	4to Mes	<60	60-80	100-125	125-210	210-285	285-475	>475
Topografía	Pendiente (%)	>30	16-30	8-16	0-8	8-16	16-30	>30
Suelos	Profundidad (cm)	<20	20-75	75-100	>100	75-100	20-75	<20
Periodo de Crecimiento (días)	Tropical	<90	90-119	120-149	150-224	225-284	285-365	
	Templado	<150	150-164	165-209	210-284	285-329	330-365	

* NA = no apto, MMA = marginalmente apto, MA = moderadamente apto y A = apto.

5. ESCENARIOS DE APTITUD DEL MAÍZ CON CAMBIO CLIMÁTICO

En esta etapa se centró la evaluación de los posibles impactos por cambio climático. Para ello se aplicaron las salidas de los modelos de circulación general de la atmósfera mejor conocidos como GFDL-R30 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory de los Estados Unidos de Norteamérica), HadCM (Hadley Community Model, de Inglaterra) y el ECHAM (European Centre Hamburg Model, de Alemania). Con motivo de este trabajo se seleccionaron los escenarios socioeconómicos de emisiones A2 y B2, para los modelos antes mencionados y para el año 2050. Del mismo modo que para el mapa base, después de aplicar las razones de cambio sugeridas por los modelos de cambio climático se volvió a aplicar el Cuadro 1 y se conformaron las nuevas salidas de aptitud para maíz de acuerdo a cada uno de ellos.

RESULTADOS

1. DESCRIPCIÓN DEL DESASTRE: INUNDACIÓN EN OAXACA.

El estado de Oaxaca se encuentra localizado al sur de la República Mexicana, y representa el 4.8% de la superficie del país. Colinda al norte con Puebla y Veracruz; al este con Chiapas; al sur con el Océano Pacífico y al oeste con Guerrero. Su capital es Oaxaca de Juárez.

En el año 2003 el estado de Oaxaca fue uno de los más afectados por contingencias climatológicas, ya que sufrió de cinco contingencias declaradas en el FAPRACC y se ubicó en el segundo lugar por

afectación, sólo después del estado de Puebla con ocho eventos y en la misma posición que el estado de Michoacán con cinco contingencias. Los eventos climáticos fueron 1) vientos fuertes el 3 de junio de 2003; 2) tormenta tropical el 26 de junio de 2003; 3) inundación significativa el 14 - 15 septiembre de 2003; 4) sequía de mayo a agosto de 2003 y 5) tormenta tropical los días 4-7 de octubre de 2003. Por ser de interés en el presente se describe el evento de inundación significativa.

La inundación significativa se presentó en el mes de septiembre (14 y 15) del año 2003 y su afectación fue en doce municipios del estado, mismos que fueron apoyados por el FAPRACC. Para esta contingencia climatológica se apoyó a 3,907 productores para un total de 4958.8 hectáreas afectadas. Los apoyos fueron asignados tanto para el cultivo de frutales (plátano) como para los cultivos básicos maíz y frijol, (FAPRACC, 2004). De acuerdo a lo establecido en las reglas de operación del FAPRACC, la cantidad aportada fue de \$361 pesos por hectárea para el caso de cultivos básicos, mientras que para el cultivo de frutales fue de \$5,000 pesos, no debiendo exceder de 5 has por productor beneficiado. Para lo anterior, el gobierno federal aportó el 70% y el gobierno estatal el restante 30%. La publicación de la declaratoria en el diario oficial de la federación fue el 10 de octubre de ese mismo año.

Dentro de los municipios afectados (Figura 1) se encuentra San Lucas Ojitlán, que cubre una superficie de 584 km², y donde se reportaron poco más de veinte mil habitantes con un grado de marginación muy alto.

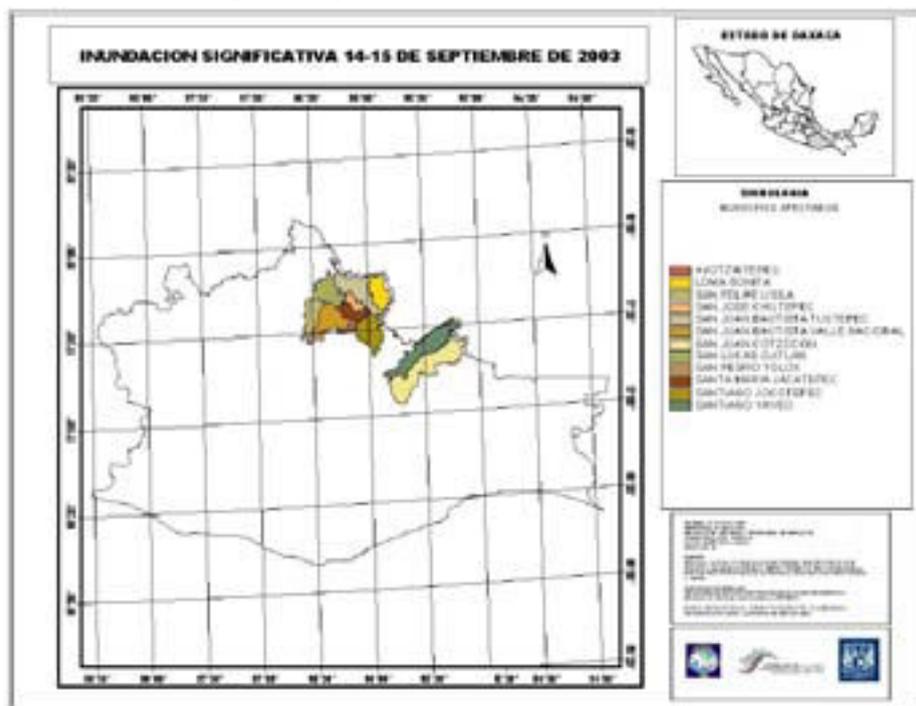


Figura 1. Ubicación de los municipios afectados por inundación significativa en el estado de Oaxaca.

2. MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL DESASTRE
Para la estación meteorológica seleccionada se obtuvieron los valores de precipitación máxima del extractor rápido de información climatológica o ERIC (IMTA, 2000), conformando una base de datos histórica de las máximas precipitaciones registradas por mes y año. Para cada mes de cada estación meteorológica se obtuvo el valor mínimo, máximo y

medio, además de calcularse la desviación estándar y el valor medio más la desviación estándar (Cuadro 2). Para representar gráficamente el comportamiento de la precipitación máxima se graficó mensualmente para el periodo húmedo (mayo–octubre) para cada estación.

Cuadro 2. Información histórica de precipitación (mm) para la estación San Lucas Ojiltán (1947–1993)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Minima	4.5	2.7	1.0	0.4	13.6	42.5	48.2	43.7	43.7	9.8	14.6	7.9
Máxima	67.0	77.4	128.8	137.5	134.5	98.0	429.0	233.3	232.0	192.3	142.5	142.5
Media	27.9	27.9	36.1	32.0	58.5	78.8	138.6	110.8	129.3	88.3	51.7	33.9
Desviación Estándar	17.3	18.1	30.8	26.2	32.8	15.4	78.6	42.0	47.3	49.1	31.8	26.1
Media +DE	45.2	46.0	66.9	58.2	91.3	94.2	217.2	152.7	176.6	137.4	83.6	60.0

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y a partir de la información anterior es la que emite la determinación de la contingencia y del desastre. Sin embargo, el criterio para la determinación de la contingencia por lluvia atípica e impredecible es muy débil, debido a que al considerar los estadísticos (media, desviación estándar y máxima histórica) del día en particular en que se presentó la lluvia, subestima la magnitud de los valores altos que pueden presentarse a lo largo de la temporada de lluvia.

La probabilidad de ocurrencia de varios eventos en un mismo día del año es muy baja. Así lo reflejan los valores de las estaciones analizadas en donde precipitaciones tan pequeñas como 20.3 mm., para la estación en donde se considera como lluvia atípica e impredecible para el día analizado, cuando el valor para ese mes estimado de la media de la lluvia máxima diaria más la desviación estándar es de 61.2 mm. El criterio de CNA para la determinación de la contingencia por inundación es muy limitado (Cuadro 2 y Figura 2). El considerar que la declaratoria de la

inundación está basada sólo por lluvia atípica e impredecible, dejando fuera situaciones que pueden ser comunes, como la lluvia abundante aguas arriba de la cuenca. Esto puede provocar que las tierras aguas abajo en el cauce de algún río o arroyo puedan sufrir inundaciones considerables. Las observaciones a la forma en que CNA determina la lluvia atípica e impredecible, donde considera los estadísticos de días específicos en los que se presenta el evento se vuelven a remarcar. Los ejemplos desarrollados con valores de lluvias máximas diarias, pero en todo un mes, son más apropiados y al ajustarse a la propuesta planteada en este reporte, algunas estaciones no cumplen con el criterio de lluvia atípica e impredecible.

La situación de frecuencia de eventos extremos en el periodo de tiempo considerado para las diferentes estaciones, tampoco presenta una tendencia definida de mayor o menor ocurrencia a lo largo del periodo que se analizó, por lo que no puede establecerse que este tipo de contingencias se esté haciendo más común.

Cuadro 3. Superficie sembrada y cosechada de temporal por DDR en Oaxaca afectados por Inundación significativa durante el año 2003.

Cultivo	Superficie sembrada (Has.)	Superficie cosechada (Has.)	Diferencia (Has.)	Rendimiento (Ton/ha)
MAÍZ	97765	83876	13889	0.96
FRIJOL	18489.25	16790	1699	0.45
		TOTAL	96589	

Fuente: Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA.

Las inundaciones son la acumulación de niveles extraordinarios de agua, sobre terrenos normalmente planos y de poca elevación con respecto al nivel medio de agua presente en los receptáculos naturales y artificiales circundantes a una región (Gómez, et al 2009). Una forma de evaluar su impacto en el espacio y en el tiempo ha sido a través de las imágenes de satélite.

En este sentido, en la Figura 3 se presenta la imagen de satélite del área de estudio para el año 2000

(LANDSAT compuesta, banda 2,4 y7). De color azul se observa el agua, de tonalidades verdes la vegetación densa y de tonos morados los cultivos agrícolas. En un detalle a la imagen y para dos fechas distintas, 2003 y 2007, se presentan las imágenes en la Figura 4. Se observa en la primera imagen las inundaciones sobre terrenos agrícolas, en tonalidades rojas. Por su parte, en la imagen derecha, los azolves y el área de inundación del evento estudiado.

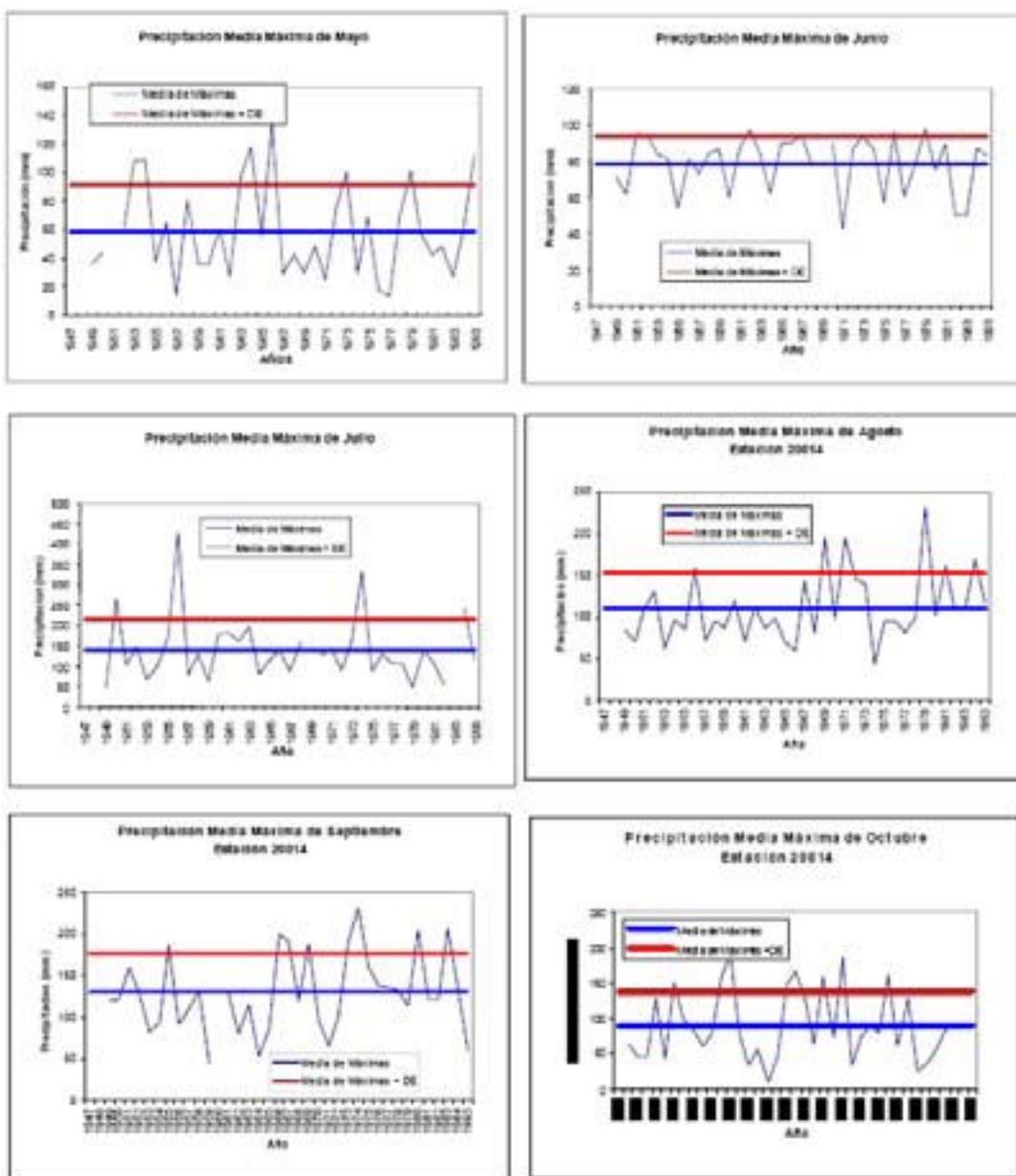


Figura 2. Comportamiento de la precipitación media máxima para los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre de la estación San Lucas Ojitlán, Oaxaca.



Figura 3. Imagen LANDSAT año 2000 compuesta (247) de la zona de estudio.

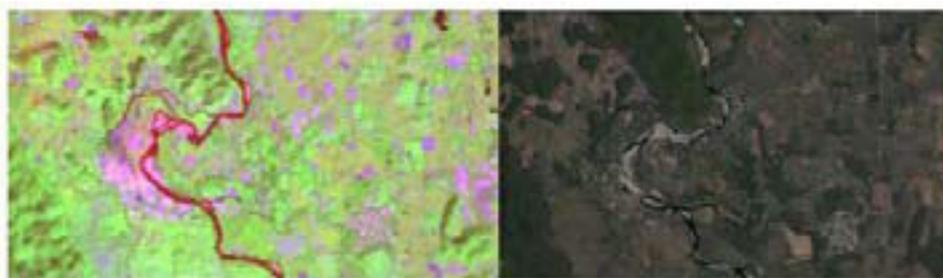


Figura 4. Izquierda, imagen LANDSAT año 2003 y derecha, imagen TerraMetrics año 2007.

EXPERIENCIA EN LA COMUNIDAD DE ARROYO CAMARÓN, MUNICIPIO DE SAN LUCAS OJITLÁN.

La Comunidad se localiza a 40 minutos de la cabecera municipal por carretera de terracería, en una zona de lomeríos. Es una comunidad indígena chinanteca y pocas personas hablan español, la población está conformada de menos de 50 familias, las viviendas se encuentran bastante dispersas y están construidas de palma. El grado de marginación es muy alto. El tipo de tenencia de la tierra es de Pequeña Propiedad.

La principal actividad económica es la agricultura, el cultivo básico principal es el maíz, desafortunadamente las condiciones climatológicas no son muy favorables para que obtengan buenas cosechas debido a los fuertes vientos, sequías, a veces lluvias excesivas, además de la incidencia de plagas.

Obtienen rendimientos que van de 0.25 ton/ha a 2 ton/ha, sembrando en promedio 2 hectáreas por productor.

Los productores encuestados que obtienen buenos rendimientos venden un poco de maíz, pero la mayor parte de ellos siembra sólo para el autoconsumo.

El apoyo económico de Oportunidades y Procampo

son de mucha ayuda para cubrir sus necesidades principales y manifiestan que estuvieron contentos de que los haya apoyado el gobierno por el siniestro del 2003 aunque el dinero fue poco a comparación de lo que perdieron. Los productores apoyados por el FAPRACC que se reportan para el Municipio de San Lucas Ojitlán fueron 1972, con una superficie cultivada y apoyada de 4804.68 hectáreas, las cuales estaban sembradas casi en su totalidad con maíz y algunas pequeñas áreas de pastos perennes.

EL APOYO DEL GOBIERNO

Como se ha señalado, el FAPRACC es un programa de gobierno federal que atiende contingencias climáticas en México. El funcionamiento del programa FAPRACC considera dos tipos de declaratorias. En el caso de ocurrir una sequía o helada, los gobiernos de los estados deben dirigirse a la secretaría de agricultura (SAGARPA) para solicitar la emisión de una declaratoria por contingencia climatológica. De acuerdo a las reglas de operación, el tiempo que debe tardar este proceso es el siguiente:

En el caso de ocurrir granizadas, nevadas, lluvias torrenciales, inundaciones significativas, tornados y ciclones, los estados pueden solicitar la Declaratoria por Desastre Natural a la Secretaría de Gobernación (SEGOB), remitiéndose al reglamento del FONDEN. Cuando el gobierno de cada estado considere que los

daños ocasionados por este tipo de contingencias afectaron exclusivamente al sector agropecuario y pesquero, podrán seguir los pasos señalados en los Cuadros 4 y 5. En su caso, además, las reglas de operación establecen como reglas generales los siguientes tiempos a cumplir:

Cuadro 4. Tiempo de duración del proceso de atención a una Contingencia Climatológica

ETAPA:	DÍAS HÁBILES:
Presentación del evento climatológico	0
I. Solicitud de Declaratoria	7
II. Publicación de Declaratoria en el Diario Oficial de la Federación, Formación del Comité Estatal	5
III. Elaboración y entrega de Diagnóstico, Plan de Acciones y Solicitud de Apoyo. Solicitud de anticipo del 30%, según sea el caso.	9, más 5 de prórroga
IV. Aprobación, modificación o rechazo de la solicitud por el Consejo Técnico	7
V. Celebración de convenio de coordinación / Instrumentación del programa	7
TOTAL	35 - 40 DÍAS

Cuadro 5. Tiempo de duración del proceso de atención a una Contingencia Climatológica (cont)

ETAPA:	DÍAS HÁBILES:
Formación de Comité Regional (CRYSF):	Al día siguiente de radicados los recursos federales
Inicio de pago de recursos a la población afectada:	30 días hábiles (máx.) después de publicada la Declaratoria en el Diario Oficial.
Entrega de reportes de avances físico-financieros:	Cada mes desde que se instala el CRYSF, hasta el fin del programa en el estado.
Entrega de Libro Blanco:	Hasta 60 días naturales después de concluido el programa en el estado.

Cuadro 6. Descripción del proceso de aplicación del FAPRACC en el caso de estudio de Inundación Significativa

Eta	Descripción
Sep. 14 y Sep. 15	Días del Evento: Región del Papahuapan y Sierra Norte afectada por lluvias torrenciales e inundaciones.
Sep. 22	La Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Oaxaca pide a CNA que se realice el diagnóstico climatológico.
Sep. 24	Solicitud de Declaratoria de Contingencia Climatológica a SAGARPA. Se tienen cuantificadas 3 mil has sembradas en cultivos de maíz, plátano, papa, chile, pastos y dafes a unidades de producción básicas.
Oct. 1	CNA da su dictamen reconociendo que existieron lluvias atípicas e impredecibles en el periodo señalado por el gobierno de Oaxaca.
Oct. 10	Se publica la Declaratoria por Contingencia Climatológica para 12 municipios afectados. La declaratoria está formada por SAGARPA. Se instala el CEED.
Oct. 22	CEED pide una prórroga de 5 días para entregar su diagnóstico y Plan de Acción. CEED presenta su diagnóstico.
Oct. 30	El Gobernador de Oaxaca hace la solicitud formal de apoyo de FAPRACC al Secretario de la SAGARPA.
Nov. 10	El Subsecretario de SAGARPA invita al Secretario de Desarrollo Rural a participar en la 2a Reunión Extraordinaria del Comité Técnico Nacional del 12 de noviembre con el fin de revisar las solicitudes pendientes.
Nov. 13	2a Reunión extraordinaria del CTN. Hubo 7 has y 26 productores que no resultaron elegibles.
Nov. 18	El Subsecretario de la SAGARPA envía un comunicado al Gobierno de Oaxaca reiterando lo aprobado en la reunión del CTN y recordando la pronta celebración del Convenio de Coordinación.
Feb. 11	El Gobierno de Oaxaca tiene ya el recibo de la aportación monetaria que le corresponde al gobierno federal y la envía a SAGARPA. Apertura de Cuenta.
Feb. 24	El Director General de Desarrollo Rural de SAGARPA recibe copias del Convenio de Coordinación modificado de parte de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Oaxaca.
Feb. 26	Solicitud de Validación Jurídica. El Director General de Desarrollo Rural de SAGARPA remite copias del Convenio al Coordinadora Jurídica de SAGARPA para su validación.
Mar. 1	Validación Jurídica.
Mar. 2	Solicitud de Validación Administrativa / Financiera.
Mar. 4	Firma del Convenio de Coordinación.
Mar. 15	Validación Presupuestal.
Mar. 16	Fecha de expedición de la Cuenta por Liquidar / Certificado del Monto Federal, Radicación Federal.
Mar. 25	Se instala la CRYSF (1ª sesión). Para ese entonces aún no se había depositado el monto estatal en la cuenta bancaria correspondiente y el tiempo límite para hacerlo era hasta el 2 de abril.
Abr. 29	Segunda sesión de CRYSF, el primer informe Físico - Financiero aclara que se han avanzado hasta esa fecha el pago a 91% de los productores (11 municipios) y el pago estará completo para el 30 de abril.
Jun. 28	Tercera sesión de CRYSF. Presentación del segundo informe Físico - Financiero. El avance reporta el 100% = Pago Completado entre el 24 y 30 de abril; como no se publicó en diarios el padrón de beneficiarios y los montos repartidos (como señala el Art. 9) esto se realizará a más tardar el 30 de junio. Se espera que la respuesta a la consulta de auditoría ocurra el 30 de junio.
El mes de:	Duración desde la presentación del evento hasta concluir con el pago a productores.

El artículo 19, fracción VI, inciso f de las reglas de operación de FAPRACC (2004) señala que el plan de acciones y obras aprobado considerará que la programación de acciones no deberá ser mayor a 3 meses calendario y, para la ejecución de obras, no deberá ser mayor a 6 meses calendario. Como se observa, el programa busca una respuesta expedita a los afectados por contingencias climáticas, en un tiempo total reglamentado de 3 a 6 meses, entre el

inicio y el fin de los pagos u obras planeadas (siguiendo un máximo de 30 días hábiles entre la declaratoria y el inicio de los pagos u obras).

A continuación se enlistan, como ejemplo, los diferentes pasos que contempla el programa y para el caso de inundación significativa los días 14 y 15 de septiembre de 2003 en el estado de Oaxaca, cuadros 6 y 7:

Cuadro 7. Resumen del proceso de aplicación del FAPRACC en el caso de estudio de Inundación Significativa

Descripción	Días de duración,
Días totales entre evento y solicitud	7, a tiempo
Días totales de atraso entre solicitud y declaración	12 (7 después del tiempo límite)
Días totales de atraso entre declaración y pago	115 (85 después del tiempo límite)
Hubo beneficiarios no elegibles	SI
Cuantos del total	26 de 3 932 (> 1%)
Hay evidencia que el Gobierno Estatal aportó su 30%	SI
El Gobierno del Estado publicó la declaración en un diario de mayor circulación	No
El Gobierno del Estado publicó el padrón de beneficiarios en un diario de mayor circulación	No
El CRYSF entregó sus reportes mensuales	SI: 2 de 2 posibles
¿Entregó el libro blanco?	NA

EVALUACIÓN DE LA APTITUD DEL MAÍZ

Se encontró que la superficie que es apta para el maíz se encuentra en un 6.4% de la superficie del área estudiada, 25.1% es para condiciones moderadamente aptas y un 31.6% de la superficie presenta condiciones de marginación para el cultivo. En un 36.9% de la superficie estudiada no existen las condiciones climáticas y ambientales para que el cultivo de maíz se desarrolle, es decir, no presentan aptitud. En la figura 5 y 6 se presenta el mapa base y el comparativo con los escenarios de cambio climático.

ESCENARIOS DE APTITUD DEL MAÍZ CON CAMBIO CLIMÁTICO

De manera general, se encontró que el modelo ECHAM es el que presenta las condiciones más adversas para el cultivo, ya que para el escenario base se encontró que en un 67% de la superficie se presenta algún grado de aptitud para el cultivo y el modelo sugiere que disminuirá la superficie a un 62% y 64% del total estudiado, de acuerdo a los escenarios A2 y B2, respectivamente, hacia el año 2050. El modelo HADLEY por su parte, sugiere condiciones muy similares a las actuales, al

encontrarse que en un 67.3% y 68% de la superficie nacional se presentarán condiciones propias para el cultivo. El modelo GFDL es el que sugiere que las condiciones mejorarán, ya que las superficies con algún grado de aptitud para el cultivo alcanzarán 72.4% de la superficie bajo los dos escenarios A2 y B2 aplicados.

El comportamiento antes descrito obedece a las razones de cambio sugeridas por cada modelo aplicado, así, el modelo GFDL es el que sugiere que aumentará la temperatura pero también señala que la precipitación se verá incrementada en la mayor parte del año, lo que aumentará la tasa potencial evapotranspirativa pero podrá ser cubierta con las mayores precipitaciones sugeridas por el modelo. Caso contrario es lo que sugieren los modelos ECHAM y HADLEY, quienes señalan que la temperatura aumentará en todo el país mientras que la precipitación aumentará en algunos lugares y disminuirá considerablemente en otros, además de proponer que en la mayoría de los meses también disminuirá la cantidad de agua. Lo anterior también aumentará la tasa potencial evapotranspirativa y se espera un incremento en el periodo seco, por lo que se prevé una disminución en la aptitud potencial bajo las simulaciones de los modelos de cambio climático.

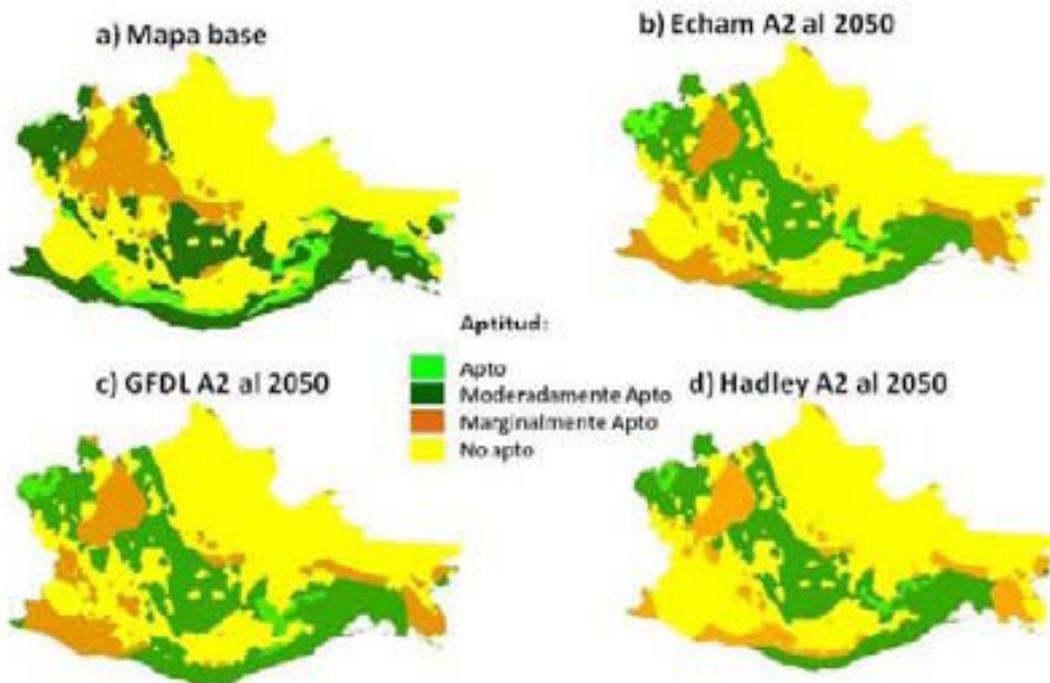


Figura 5. Mapa base de aptitud para el cultivo de maíz en la región de estudio y bajo escenarios de cambio climático, escenarios A2 al año 2050.

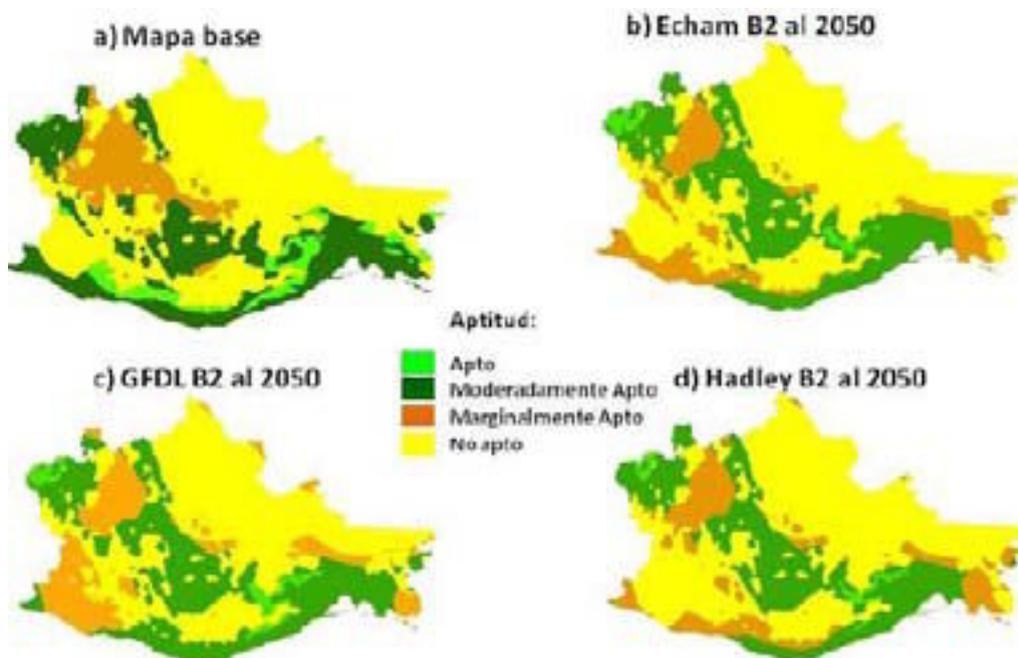


Figura 6. Mapa base de aptitud para el cultivo de maíz en la región de estudio y bajo escenarios de cambio climático, escenarios B2 al año 2050.

Escenarios A2 para el 2050. Los cambios en los niveles de aptitud encontrados para este grupo de escenarios señalan condiciones más restrictivas que los del grupo B2. Este comportamiento obedece a los principales argumentos del grupo de escenarios A2, ya que considera un crecimiento continuo de la población, supone un desarrollo económico regionalmente orientado y considera un nivel medio-alto de emisiones. Lo anterior se ve reflejado en las salidas de los modelos para este grupo de escenarios, sugiriendo mayores incrementos de temperatura para todo el país, siendo estos aumentos en temperatura menores en el escenario B2 y mayores en A2.

Escenarios B2 al 2050. El grupo de escenarios supone cambios menos restrictivos en comparación al grupo anterior, debido a que se consideran niveles de emisiones medio-bajos derivados de soluciones locales respecto a la economía, sustentabilidad, ámbito social y ambiental; además, se considera el crecimiento poblacional pero a menor tasa que el grupo A2. El resultado de lo anterior y en particular en las salidas de los modelos para este grupo de escenarios sugiere menores incrementos de temperatura en el país en comparación con los escenarios A2.

Es importante señalar que el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés, 2007) considera que durante el siglo XX es probable que a nivel global se hayan presentado con mayor frecuencia los fenómenos de aumento en las temperaturas extremas, más eventos de lluvias torrenciales y de condiciones de disminuciones en la precipitación asociadas a sequías. Para el siglo XXI, el Panel considera que es mayor la probabilidad que dichos eventos se agudicen. En el caso de México, diversos estudios como el presente apuntan a una mayor vulnerabilidad de México ante un posible cambio climático, particularmente en los sectores agrícolas, de recursos hídricos y forestales, y, en general, en los asentamientos humanos.

A partir de lo anterior, es posible afirmar que el país presenta una tendencia al calentamiento, por lo que es probable que en las próximas décadas los valores promedio de la temperatura mínima tiendan a aumentar, alejando de manera general el riesgo agrícola asociado a las heladas, pero aumentando el de los fenómenos extremos, como el caso de las inundaciones.

CONCLUSIONES

El uso de tecnología satelital apunta a mejorar la calidad de la información y la operatividad de los centros para la prevención, supervisión, y mitigación de catástrofes naturales, por lo que los datos deben ser adquiridos de manera fácil y oportuna. Sería deseable la existencia de un equipo de trabajo que habilitara la adquisición de datos de teledetección en cualquier situación y la transmisión de éstos al centro

de procesamiento tan rápido como fuera posible. Los datos deben ser adquiribles bajo cualquier condición temporal, es decir, deben garantizar la operatividad que se necesita, combinando datos ópticos con datos de radar. En el caso de cubrimientos de nubes, la combinación de sistemas de SAR existentes puede proporcionar la información requerida en lo que se refiere a la frecuencia de adquisición de datos.

Las áreas agropecuarias están particularmente expuestas a los riesgos climáticos extremos que enfrenta el ámbito rural con afectaciones periódicas a escala regional o incluso nacional, asociados a las características geográficas y sociodemográficas propias de esta actividad. Estos elementos inherentes al riesgo agrícola y la falta de estudios específicos para identificar regiones y cultivos potencialmente susceptibles, hace necesaria la evaluación de estos fenómenos. La magnitud de la contingencia depende fuertemente de las condiciones socioeconómicas de los productores afectados, no sólo de la magnitud del evento.

Además, sin un banco de datos climáticos accesible, actualizado y confiable, difícilmente podrán realizarse estudios de las posibles contingencias climáticas actuales y futuras en el país. El riesgo de contingencias puede reducirse si se fortalece la comunicación y el uso de tecnologías satelitales modernas en los pronósticos y en la toma de decisiones de las actividades agrícolas.

Dado que no existe una tendencia clara que indique que sólo aumentarán los eventos de la sequía o sólo los de lluvias torrenciales, se debe considerar a futuro las tecnologías que permitan su pronta detección, como lo es la información satelital a través de identificación y monitoreo de objetos.

RECOMENDACIONES

Respecto al FAPRACC y como resultado de las entrevistas a varios miembros del Comité Técnico Estatal que representan a las instituciones y que conforman el Comité Estatal de Evaluación de Daños (CEED) y la Comisión de Regulación y Seguimiento (CRYS) se constató lo siguiente:

La instancia encargada de operar el Programa es la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Forestal (SEDAF) con la participación de la SAGARPA en la elaboración del padrón de afectados. Instancias como la Comisión Nacional del Agua (CNA) aporta los informes de las estaciones meteorológicas para que en las oficinas centrales de la dependencia en la Ciudad de México, se determine si se considera o no contingencia climatológica. Instancias como FIRCO e INIFAP dan soporte técnico a las propuestas para restablecer la actividad productiva de los agricultores. Los órganos de Control Interno de la SAGARPA y de la Contraloría Estatal asesoran al Comité Técnico Estatal en la interpretación y aplicación de las normas del FAPRAC y supervisan la distribución de los apoyos a los productores. De los comentarios recabados en las entrevistas resaltan los siguientes como los más importantes:

1. La solicitud de apoyo viene de parte de los productores afectados y la primera instancia que le da seguimiento es la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Forestal (SEDAF) que es la agencia estatal responsable de realizar este trabajo.

2. En algunas situaciones se mencionó por parte de la SAGARPA que su contraparte estatal (SEDAF) hizo manejo político en algunas comunidades o grupos de productores para la solicitud de declaratoria de contingencia en zonas que no hubo contingencias y mandaron a los grupos campesinos a presionar a la instancia federal (SAGARPA) para que aprueben la solicitud de contingencia.

3. Bajo el esquema que se reporta el siniestro pueden quedar un número considerable de comunidades sin apoyo dado que sólo los mejor organizados o con líderes bien informados hacen llegar la solicitud al Gobierno del Estado de que fueron afectados por alguna contingencia climatológica. Para resolver este problema se sugiere por parte de la SAGARPA que se aumente el tiempo entre la ocurrencia del siniestro o contingencia y la solicitud de declaratoria de contingencia por parte del gobierno estatal, aunado a que conjuntamente SEDAF y SAGARPA puedan hacer la evaluación preliminar de las áreas afectadas y se incluyan todas las comunidades.

4. Un comentario general es que deben reducirse los tiempos de atención a la solicitud del Gobernador y la declaratoria en el Diario Oficial de la afectación.

5. Debe reforzarse el control de supervisión de entrega de apoyos, ya que varios encuestados mencionaron que no recibieron el recurso.

6. La SEDAF debe manejar un esquema más práctico en la entrega de apoyos debido a que a través de cheque bancario y por lo reducido del apoyo los productores de áreas lejanas a los centros importantes de población gastaron ese recurso solo en pasajes.

7. Deben buscarse alternativas a productores en regiones de alta incidencia de contingencias climatológicas como es el caso de sequías recurrentes. Un comentario de los funcionarios entrevistados es que se deben canalizar recursos para garantizarles al menos los ingresos de su práctica de agricultura de subsistencia, aplicando programas de producción en agricultura protegida (pequeños invernaderos), pequeños proyectos de riego, etc.

8. Otro comentario es que se busque asegurar las áreas de mayor incidencia de siniestros por la cantidad que otorgaría el FAPRACC, debiendo buscarse que aseguradoras participarían y estableciendo el monto de la prima, que debe ser baja dado que la cantidad a pagar es baja cuando se presenten pérdidas por alguna contingencia

climatológica.

9. Una observación general fue lo reducido de los apoyos para cultivos básicos y la necesidad de reclasificar a cultivos como el hule, debido al bajo monto que se destina a productores de cultivo cuando sufren pérdidas asociados a eventos climáticos.

Respecto a la evaluación de la aptitud del maíz frente a escenarios de cambio climático se encontró que:

1. Los modelos de cambio climático aplicados arrojan resultados diversos, derivado de las razones de cambio que cada uno sugiere y su posible impacto sobre la distribución potencial del maíz. Los posibles impactos sobre el cultivo del maíz no son constantes entre sí, pero en general el modelo Alemán (ECHAM) es el que establece las condiciones menos favorables para el cultivo, seguido del modelo Inglés (HADLEY) y los impactos menores se establecen bajo el modelo Norteamericano (GFDL). De los escenarios considerados, el más restrictivo en los niveles de aptitud favorables fue el A2.

2. Se observó que el cultivo de maíz se verá afectado para el horizonte de tiempo 2050 y en los escenarios A2 y B2, como consecuencia del incremento en la temperatura en todo el territorio nacional y la disminución de la precipitación en algunos o en casi todos los meses del año, dependiendo del modelo que se aplique.

Lo anterior aumenta la tasa potencial evapotranspirativa y se espera un incremento en el periodo seco, lo que propiciará una disminución en la aptitud potencial bajo las simulaciones de los tres modelos de cambio climático (ECHAM, GFDL y HADGEM).

3. El nivel de aptitud denominado "apto" es el que observa cambios negativos en superficie más notorios por lo que será el más vulnerable, siendo de un 4.3% menos respecto al escenario base y para el modelo ECHAM, 4.2% y 3.7% para los modelos GFDL y HADLEY, respectivamente. Por su parte, la superficie "no apta" para el cultivo se verá incrementada hasta en un 5% de acuerdo al modelo HADLEY pero disminuirá hasta en un 8% de acuerdo al modelo GFDL, esto para el grupo de escenarios A2.

4. De acuerdo con los escenarios B2 los impactos sobre el nivel de aptitud denominado "apto" presentará los cambios en superficie más notorios, pero menores que los escenarios A2, siendo de un 3.7% menor respecto al escenario base para el modelo ECHAM, 3.9% y 3.4% para los modelos GFDL y HADLEY, respectivamente. Además, la superficie "no apta" para el cultivo de maíz podrá disminuir su superficie en un 2.3% de acuerdo al modelo ECHAM, menos de un punto porcentual según el modelo HADLEY y prácticamente similar a la superficie actual de acuerdo con el modelo GFDL.

REFERENCIAS

Azpra Romero Enrique, Delgado Marcial Orlando, Gómez Díaz Jesús David, Hernández Cerda María Engracia, López García José, Martínez Gutiérrez Genaro, Medina Barrios María de la Paz, Monterroso Rivas Alejandro Ismael, Prado Molina Jorge, Venegas Cardoso Francisco Raúl y Villicaña Cruz Francisco Javier. 2009. Tipología de los Desastres en México. Publicación 2 de México ante el CYTED. Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. En Internet: <http://uteeda.isch.edu.cu/Publicaciones-UTEEDA-CYTED/mexico%202.html> visitado el 10 Agosto de 2009.

Conde, C., R. M. Ferrer, S. Orozco. 2006. Climate Change and Climate Variability Impacts on Rainfed Agricultural Activities and Possible Adaptation Measures. *A Mexican Case Study Atmosfera* 19(3) 181-194.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2003. Reglas de Operación del Programa del Fondo para Atender a la Población Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC) publicadas el 27 de mayo de 2003 y sus modificaciones y adiciones del 23 de abril de 2004, del 30 de marzo de 2005 y del 22 de febrero de 2006, respectivamente. SAGARPA. México DF. 19pp.

ESRI. 2006. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, CA. 92373. USA.

FAO. 1981. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy.

FAPRACC (Fondo para atender a la población rural afectada por contingencias climatológicas). 2004. Padrón de beneficiarios. Consultado en Internet el 15 de Septiembre de 2004. url: http://200.57.76.141/padrones_list.asp

Florescano, E., S. Swan, 1995: Breve Historia de la Sequía en México. Biblioteca Universidad Veracruzana. 246 p.

Gay, C., C. Conde, M. Vinocur, H. Eakin, M. Wehbe, R. Seiler, F. Estrada. 2006a. Reporte final proyecto AIACC LA-29 (disponible en www.aiaccproject.org).

Gay, C., F., Estrada, C. Conde, H. Eakin, L. Villers. 2006b. Potential impacts of climate change on agriculture: A case of study of coffee production in Veracruz, Mexico. *Climatic Change* (accepted).

Geocover. 2000. Orthorectified Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM+) Compressed Mosaics. Geocover-Circa. NASA Headquarters Washington, DC. En Internet: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>

Gómez Díaz Jesús David, López García José, Medina Barrios María de la Paz, Monterroso Rivas Alejandro y Venegas Cardoso Raúl. 2009. La agricultura en México con una orientación a la gestión eficiente de los desastres. Publicación 1 de México ante el CYTED. Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. En Internet: <http://uteeda.isch.edu.cu/Publicaciones-UTEEDA-CYTED/mexico%201.html> visitado el 10 Agosto de 2009.

Gómez Rojas J.C., y Esquivel Mota M. 2002. Agroclimatología del maíz de México. *Revista Geográfica* No.132 de Jul-Dic. Pág. 127.

IMTA. 2000. Extractor Rápido de Información Climatológica ERIC en CD. Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Cuernavaca, Morelos, México.

INEGI. 1998. Suelos dominantes en la República Mexicana escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. 122 cartas.

INEGI. 2000. Modelos Digitales de Elevación escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. 122 cartas.

Magaña, V. (editor), 1999. Los Impactos de El Niño en México. UNAM, IAI, SG., 228 p.

Martínez, B., C. Conde, O. Sánchez, F. Estrada, A. Fernandez, J. Zavala, C. Gay. 2008. Escenarios de Cambio Climático (2030 y 2050) para México y Centro América. Temperatura y Precipitación. [Documento en línea]. Disponible desde internet en: <http://www.atmosfera.unam.mx/>

gcclimatico/index.php?option=com_content&view=article&id=61&Itemid=74>

Nadal, A., 2000: El Maíz en México: Algunas Implicaciones Ambientales del Tratado de Libre Comercio en América del Norte. Secretariado de la Comisión de Cooperación Ambiental. 182 pp.

Ortiz-Solóriz C.A. 1987. Elementos de agrometeorología cuantitativa con aplicaciones para la República Mexicana. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. 327 p.

Reyes Castañeda, P. 1990. El maíz y su cultivo. Ed. Agt. Editor, S.A. México.

RGI. 2003. Resources GIS and Imaging Ltd. Suite 1850, 1188 W. Georgia St., Vancouver B.C. Canada. En Internet: www.rgi.ca

Sys, C, Van Ranst E, Debayete J. 1991. Land Evaluation Part I. Principles in land evaluation and crop production calculations. General administration for development cooperation. Brussels, Belgium.

Prevención y evaluación de desastres naturales en el sud oeste bonaerense utilizando geotecnologías

Uboldi, J. A.^a; Michalijos, P.^a; Barragán, F.^a y Mancino, M.^a

^a Dpto. de Geografía y Turismo – Universidad Nacional del Sur

RESUMEN

El trabajo presenta los lineamientos y métodos empleados en la evaluación de riesgos naturales que afectan la actividad agrícola ganadera en el sudoeste bonaerense, a través de la aplicación de procedimientos geomáticos, se analizan tres casos específicos: el riesgo de erosión eólica y su dinámica, el riesgo de erosión hídrica y el riesgo de incendios de pasturas y forestales.

El primero de ellos se ubica en el valle inferior del Río Colorado, un área particularmente sensible a los procesos de desertificación por conformar un sector de transición entre las fértiles praderas bonaerenses y las áridas mesetas patagónicas, en su análisis se utilizan imágenes satelitales, cartografía temática realizada y controles de campo.

Los procesos de erosión hídrica se analizan en proximidades de la ciudad de Bahía Blanca, en donde las diferencias de nivel en el relieve originadas por la cercana presencia de las Sierras de la Ventana da lugar a la formación de procesos de erosión retrocederte, afectando notablemente la actividad agropecuaria que en el sitio se desarrolla.

Finalmente, se elabora una cartografía de riesgo de incendio en un sector de Sierra de la Ventana, relacionando la información obtenida del análisis de imágenes satelitales con cartografía elaborada en un entorno digital, documentos que demostraron su utilidad en recientes eventos ocurridos en el área serrana.

El método se basa en la integración sistemática de dos o más componentes ambientales diferentes mediante la superposición de mapas analíticos, mapas derivados y finalmente mapas sintéticos. La integración supone la superposición y análisis de datos correspondientes a elementos de diferente naturaleza ambiental.

En la práctica, ello se realiza mediante el empleo de Sistemas de Información Geográfica, lo cual permite combinar con precisión mapas representativos de variables de distinta índole de origen principalmente ambientales y sociales, así como también basados en fuentes cartográficas variadas y en imágenes obtenidas a partir de técnicas de percepción remota.

Los casos tratados permiten conocer la realidad espacial, su dimensión y futuras consecuencias para la actividad agrícola ganadera, y establecer procesos

correctivos que permitan evitar o por lo menos limitar sus efectos en la degradación de los recursos naturales.

Palabras clave: Teledetección – Sistema de Información Geográfica – Cartografía Temática

ABSTRACT

The work presents the lineaments and methods used in the evaluation of natural risks that affect the agricultural activity in the southwest province of Buenos Aires, through the application of geomatics procedures, analyze three specific cases: the risk of aeolian erosion and its dynamics, the risk of hydric erosion and the fire risk of forest and pastures. The first of the work is located in the last section of the Río Colorado (Argentina), a particularly sensible area to the processes of degradation, a sector of transition between the fertile Buenos Aires prairies and the barren patagonics plateaus, in its analysis are used satellite images, thematic cartography realized and controls of field. In the second work, the processes of hydric erosion are analyzed in proximities of the city of Bahía Blanca, where the differences of level in the relief originated by the near presence of the Mountain ranges called Sierra de la Ventana, give rise to the formation of erosion processes, affecting the farming activity remarkably that in the site it is developed, the cartography elaborated describe the water erosion risk. The basic information is compiled of the topographic maps and satellite images, besides the field controls, and integrated in a GIS.

In the last example presented, a cartography of fire risk is elaborated in a sector of Sierra de la Ventana mountains ranges, the method is based on relating the obtained data of the satellite image analysis to cartography elaborated in digital surroundings, documents that demonstrated their utility in recent events happened in the mountain area, finally the basic variables are integrated in a SIG. Integration supposes the superposition and data analyses corresponding to elements of different environmental nature.

Keywords: Remote sensing – Geographical Information System – Thematic cartography

INTRODUCCIÓN

La cartografía geocientífica o geoambiental (García-Abad, 2002) constituye un método conveniente al estudio del medio ambiente, resultando particularmente aplicable al análisis de las problemáticas que se generan en el mismo con miras al ordenamiento y planificación del territorio.

Las imágenes satelitales utilizadas son una fuente más de información, la que en general se refiere al inventario del uso y cobertura actual y a la obtención de algún producto especial, como lo son los índices de vegetación.

El análisis realizado sobre las imágenes se potencia al combinar los resultados obtenidos con otra información relevante, proveniente de documentos tales como la carta topográfica, mapas catastrales y controles de campo.

Desde el punto de vista teórico, la evaluación de riesgos ambientales se apoya sobre la teoría del riesgo, la cual vincula el análisis de la dinámica espacial desde una doble visión: amenaza y vulnerabilidad. En consecuencia, todo riesgo puede expresarse en función de la magnitud de la amenaza de su ocurrencia y de las condiciones de vulnerabilidad de elementos que están expuestos a él (Wilches – Chau, 1993)

A partir de lo expuesto, los ejemplos presentados tienen como objetivo plantear la utilidad del método de la cartografía geocientífica o geoambiental empleado en el estudio de riesgos naturales en el suroeste bonaerense. Como ejemplo de su aplicación práctica, veremos tres casos que involucran la evaluación del riesgo de erosión eólica, hídrica y de incendio forestal, de pasturas y de interfase en el área de Villa Ventana, provincia de Buenos Aires, (Uboldi, J. 2004, Uboldi et al, 2005; Uboldi et al, 2005; Uboldi et al, 2006)

Estos análisis se realizan mediante la combinación y superposición de cartografía temática vinculada a la fragilidad ambiental y particularmente en este caso, se tiene en cuenta el comportamiento del fuego frente a ésta. Para ello es necesario que toda la documentación empleada se encuentre georre-

ferenciada, normalmente se utilizan coordenadas planas Gauss-Krüger, cuando se emplean imágenes satelitarias las correcciones geométricas se realizan con una precisión de medio píxel.

Las variables consideradas corresponden entonces a componentes del medio físico y biológico analizadas según el criterio de su contribución al estado de riesgo de incendio por un lado y su fragilidad ante la ocurrencia de incendios por el otro.

El mapa de riesgo final, resulta de la combinación sistemática de todos los mapas anteriores. Se trata en consecuencia de un mapa aplicado que refleja los distintos estados de riesgo de incendio para el área considerada, según la relación entre el grado de amenaza y vulnerabilidad que presentan los diferentes componentes ambientales. Su principal aporte consiste en la caracterización y clasificación de áreas según grado de exposición al riesgo, como base del establecimiento de medidas futuras de planificación y ordenamiento territorial.

ESTUDIO DE CASOS ESPECÍFICOS

A) RIESGO DE EROSIÓN EÓLICA Y SU DINÁMICA ÁREA DE ESTUDIO Y OBJETIVO

Consiste en elaborar herramientas y crear una metodología de trabajo que faciliten el hacer al desarrollo local, especialmente agrícola ganaderas, buscando la generación de una documentación precisa que facilite la transferencia de tecnología a los actores de la región (técnicos y agricultores), de manera que éstos puedan obtener el máximo beneficio de las actividades emprendidas.

El área seleccionada para el estudio (333.201 has.) es una zona de transición climática y regional, en donde discurre el cauce inferior del río Colorado, a través de un paisaje uniforme y llano, con suaves ondulaciones debidas en la mayoría de los casos a las formaciones medanosas, cuyas cadenas, orientadas en general de W-NW a E-SE, se encuentran habitualmente cubiertas con vegetación autóctona (Fig. 1)



Fig. 1: El área de estudio

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron ocho cartas topográficas 1:50.000, dos mapas catastrales 1:100.000, veinte y siete fotomosaicos pancromáticos a escala 1:20.000 de fecha 13 de Febrero de 1979, dos imágenes satelitales SPOT en formato digital (694-429 y 694-430) de fecha 18 de Diciembre de 1993, además de un mapa a escala 1:500.000 y dos orto-imágenes satelitales a escala 1:100.000 del sensor Thematic Mapper (227-087 y 226-087) de fechas 7 de Diciembre y 16 de Diciembre de 1993. Para el análisis multitemporal se utilizaron dos imágenes obtenidas por el sensor TM a bordo del Landsat V (087-226 y 087-227). Una correspondiente al 7 de Diciembre de 1993 y la otra al 3 de Diciembre de 2000. Con la realización del presente proyecto se pretende

implementar una metodología de trabajo interdisciplinario, aplicado a un relevamiento regional integrado, en donde la información proveniente de diversa documentación (en su mayoría analógica en origen) es concentrada, relacionada y analizada en un entorno digital.

La figura 2 muestra el esquema metodológico seguido, las cartas topográficas, el mapa catastral y las imágenes satelitales, fueron útiles para la digitalización del parcelario, cada parcela posee un identificador diferente, detalle que permite relacionar el control de campo y las encuestas a las parcelas en donde fueron realizadas, siendo posible la realización de un análisis socio económico (Fig 3), posteriormente el mapa de parcelas se clasifica de acuerdo al tamaño de las mismas en 3 categorías: Menos de 500 has, de 500 a 1000 y mas de 1000 has. (Fig 4)

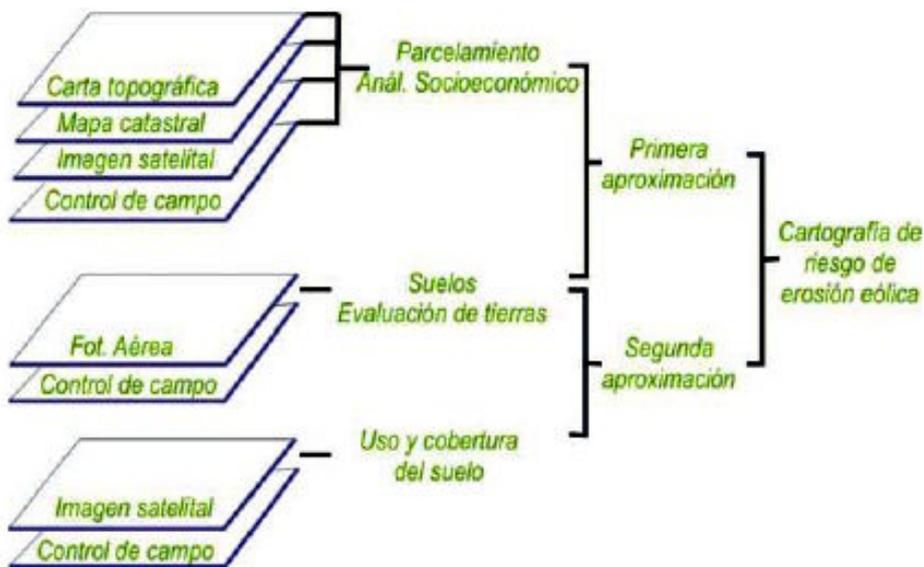


Fig. 2: El esquema metodológico planteado para la elaboración de una cartografía de riesgo de erosión eólica

Con respecto a las unidades de suelos digitalizadas, se consideró como referencia el trabajo de Cappaninni et al, (1966) además de los relevamientos realizados por el INTA. (1994) (Fig. 5)

En el proceso de evaluación de tierras se adoptó el esquema seguido por la FAO. y se consideró también el índice de aridez de Bouyoucos. (Fig.6)

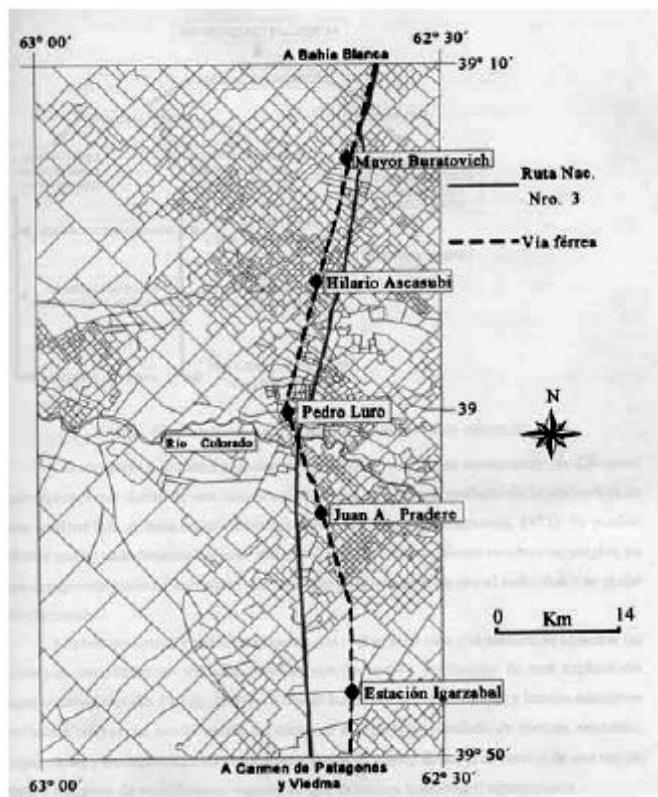


Fig. 3: Digitalización del parcelamiento

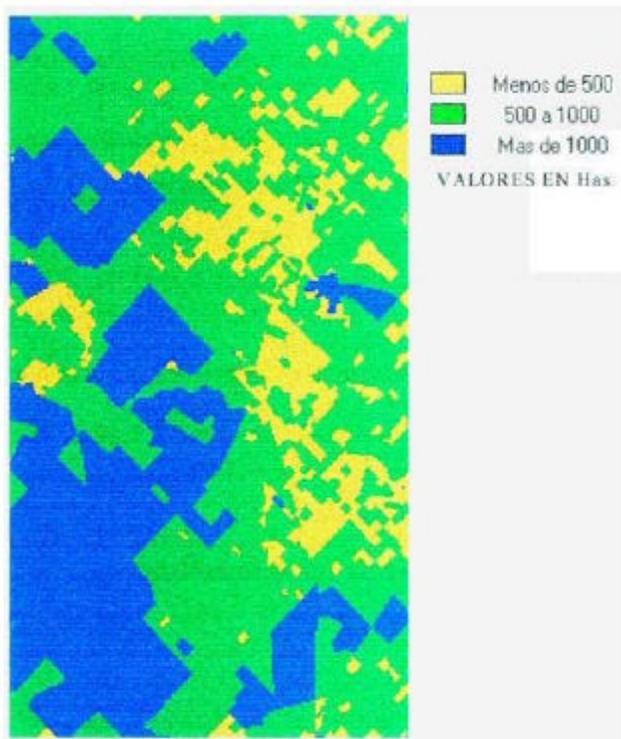


Fig. 4: Clasificación del parcelamiento

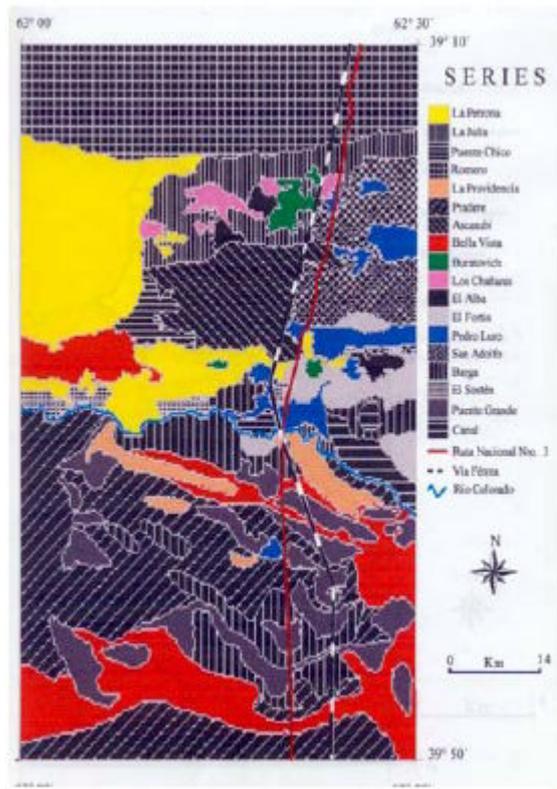


Fig. 5: El mapa de suelos

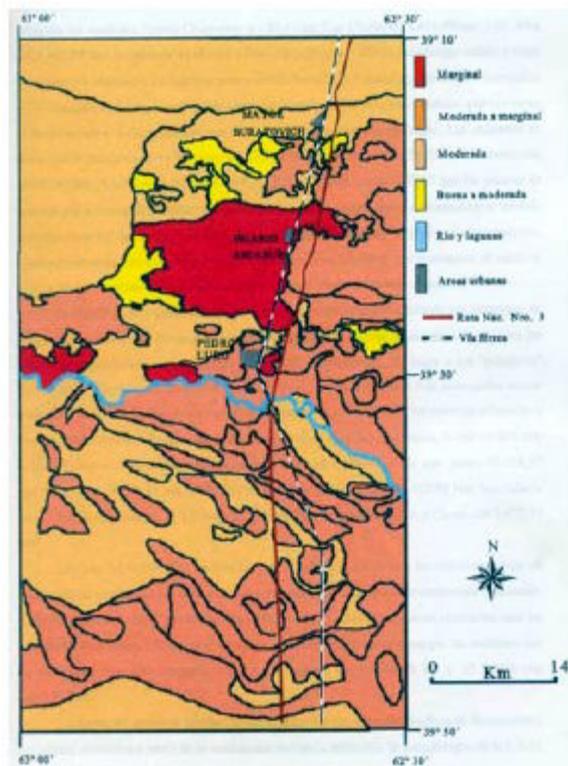


Fig. 6: La evaluación de tierras

Con respecto a la utilización de las dos imágenes satelitales, fue necesario realizar su corrección geométrica y radiométrica, se delimitaron dos ventanas de trabajo (una en cada imagen) y con ellas se confeccionó un mosaico digital (Fig 7). Sobre este

mosaico se realizó una clasificación supervisada, definiendo 8 clases: seco; cultivos intensivos bajo riego; forrajeros; cultivos intensivos bajo riego; hortalizas; monte poco denso; monte denso; Suelo al descubierto; suelo salinizado y agua (Fig. 8)

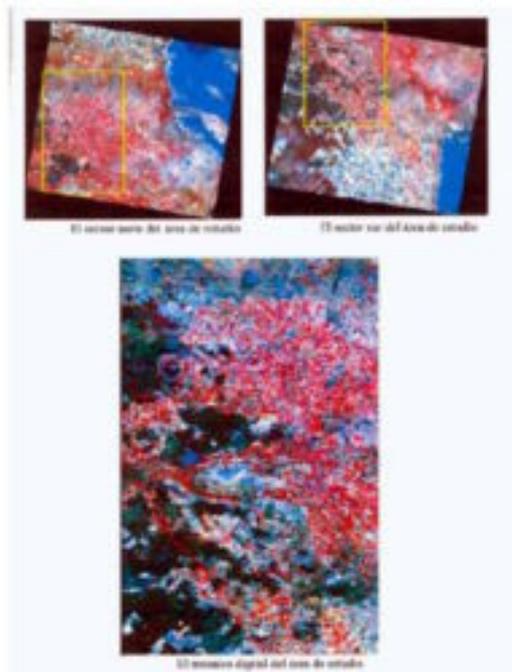


Fig. 7: Las imágenes Spot utilizadas y el mosaico digital

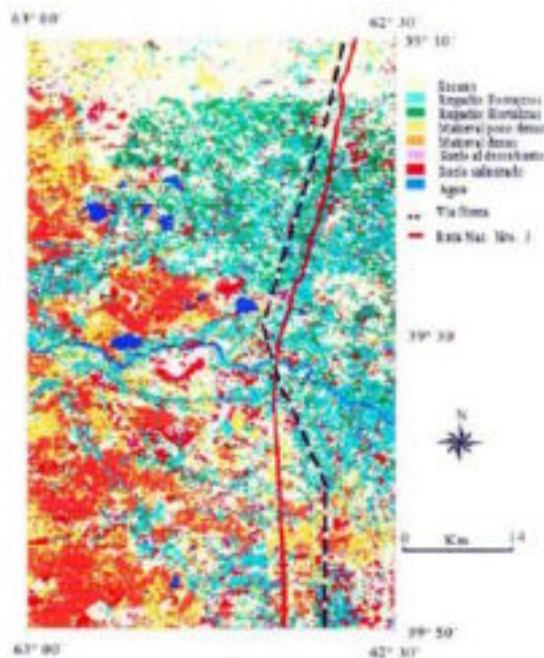


Fig. 8: La clasificación digital

RESULTADOS

En esta etapa se realiza la integración de la información, en principio interesaba conocer las relaciones existentes entre los dos archivos (parcelamiento y aptitud de tierras), ya que se busca una primera aproximación al conocimiento de riesgo de degradación, se desea saber si puede estar dada, por un lado, por la dimensión de las parcelas (considerando a la variable tamaño como indicativa de un uso mas o menos intensivo) y por el otro lado la aptitud de las tierras, el cruce entre los archivos mencionados da lugar a un mapa con características cualitativas y una tabla con información cuantitativa (Figs. 9 y 10)

Los valores obtenidos en la tabla que muestra la figura 10, son realmente importantes, nos indican la relación entre el tamaño y la aptitud dominante de las parcelas, asignando en el análisis mas peso a esta última variable, las mejores categorías se ubican hacia el sector superior izquierdo e la tabla, correspondiendo a las parcelas que poseen un tamaño mayor a las 1.000 has y poseen tierras con calidades de buenas a moderadas, en este sector el riesgo de degradación es mínimo.

En sentido opuesto, las peores categorías se ubican hacia el sector inferior derecho de la tabla, coincidente con las parcelas de menor tamaño (cultivos intensivos) y las tierras de peor calidad.

Esta metodología de análisis se mantiene y aplica en los sucesivos pasos realizados al combinar la

información, es así que podemos hablar de una segunda aproximación al combinar la información que contiene el mapa de evaluación de tierras con las categorías temáticas correspondiente al uso y cobertura que contiene la clasificación digital, dado que es un paso intermedio en la búsqueda del resultado final, la cartografía obtenida no se muestra en el presente informe.

Buscando una mayor precisión y riqueza de información interviniente en el análisis, éste se realiza ahora con la combinación de tres variables (aptitud de tierras, parcelamiento y uso del suelo), dada la gran cantidad de clases que surgen tras la combinación de estas variables (siempre consideradas de dos en dos), se procede al agrupamiento de categorías, reclasificando en base al criterio de asignar un mayor peso a la variable "evaluación de tierras".

Es así que se llega a una tercera aproximación, la que contiene la combinación de las tres variables y cuyo producto final se muestra en las figuras 11 y 12 a y b, en la cartografía correspondiente (Fig. 11), se aprecia que hacia el Oeste se ubican los sectores que ofrecen menos posibilidades de degradación, esto es debido a que se encuentran ocupados por vegetación natural (monte), por poseer un parcelamiento de mayor dimensión y por la existencia de tierras cuyas características corresponden predominantemente a aptitudes moderadas y en menor grado moderadas a marginales.

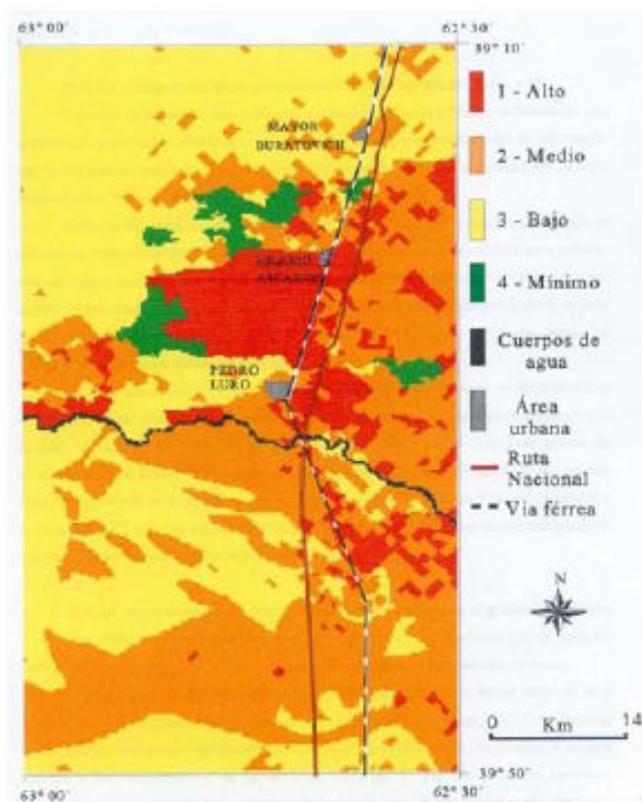


Fig. 9: (Izquierda) Primera aproximación, resultado de la combinación de la cartografía correspondiente a las parcelas clasificadas por tamaño y la evaluación de tierras

	>1000 has.	500 a 1000 has.	< 500 has.	Totales
Buena a moderada	4	6	58	68
Moderada	34	44	660	738
Moderada a marginal	20	35	742	797
Marginal	5	3	190	198
Totales	63	88	1650	1801

Fig. 10: Tabla conteniendo la cantidad de parcelas por categoría combinada, correspondiente a la primera aproximación

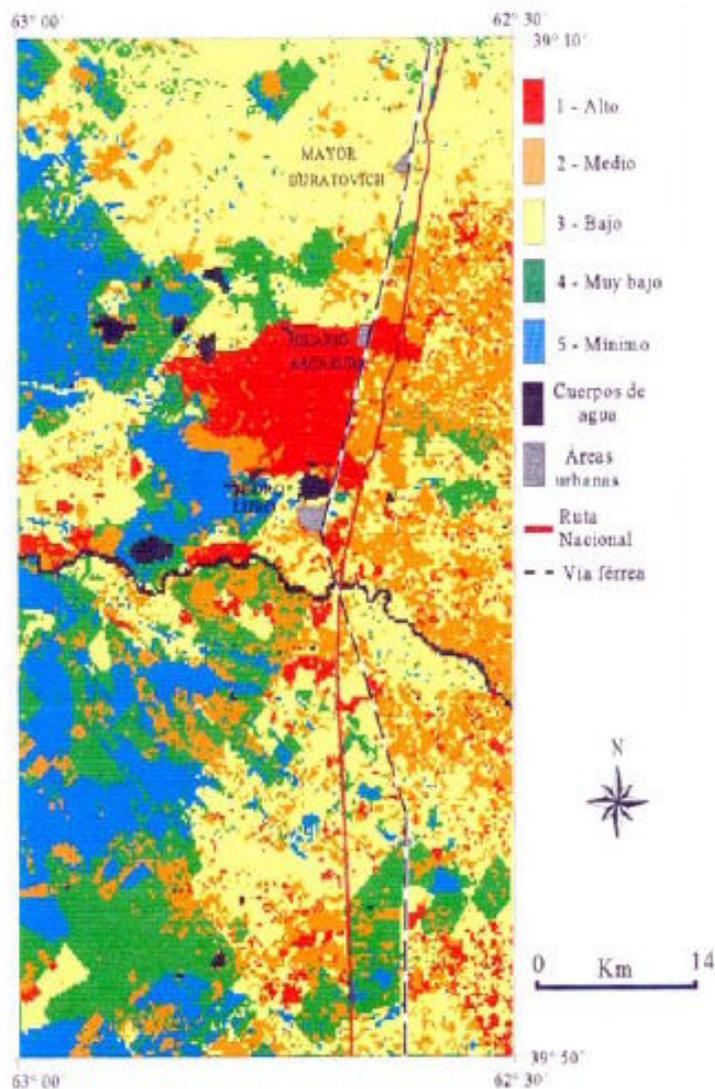


Fig. 11: La tercera aproximación, en donde se sintetiza la representación visual de las tres variables consideradas

	Mínimo	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Agua	Total
>1.000	0,15	0,68	7,11	3,97	2,42	0,25	30,86
500 a 1.000	2,62	3,90	30,15	11,07	5,72	1,06	54,54
<500	6,24	4,92	13,92	3,90	1,67	0,58	14,60
Total	9,01	9,50	51,19	18,54	9,81	1,92	100,00

Fig. 12a: Tabla que surge de la combinación de la segunda aproximación con el parcelamiento, los valores se expresan en porcentaje

	Mínimo	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
>1.000	5	4	3	2	1
500 a 1.000	5	4	3	2	1
<500	4	4	2	1	1

Fig. 12b: Reclasificación de la tabla mostrada en la figura 12a, asignando mayor peso a la segunda aproximación (columnas) ya que ésta contiene la evaluación de tierras, el valor 1 corresponde al mayor riesgo y el valor 5 al menor

Existen sitios puntuales cuya morfología responde al diseño parcelario, en donde se registra un riesgo alto y medio de degradación, estos aspectos deben ser tenidos en cuenta a la hora de promover o desarrollar estos sectores que han evidenciado diferentes grados de limitación.

Finalmente y como complemento al análisis realizado se considera la dinámica de la desertificación, tomando como referencia un sector ubicado al norte del estudiado anteriormente, el área en donde se realiza el análisis abarca 320.000 has, al norte del Partido de Villarino, se analiza a través de un estudio multitemporal utilizando dos imágenes satelitales (087-227 del 7 de Diciembre de 1993 y 087-226 del 3 de Diciembre del año 2000), ambas obtenidas por el sensor TM del Landsat V.

El objetivo principal de este análisis es determinar los cambios ocurridos en la cobertura correspondiente al suelo que no posee vegetación, utilizando diferentes técnicas de procesamiento digital de imágenes.

En primer lugar se busca una combinación de bandas y colores que resalte y diferencie de manera notable, la cobertura suelo al descubierto de otras coberturas y usos, se selecciona la combinación RGB 754, en donde es posible apreciar una diferencia en la respuesta espectral de la cobertura mencionada, hecho que se corrobora al realizar el análisis lineal de muestras espectrales, no existiendo superposición de la curva espectral del suelo al descubierto con curvas de otras coberturas, lo que asegura una buena separabilidad.

En el análisis digital se realiza una clasificación supervisada, creando una máscara de modo que el sistema considere solamente la categoría suelo al descubierto, el resultado obtenido es de 3.871,62 has para el año 1993, representando el 1,21% del área de estudio, la clasificación se realizó con una precisión del 82,50% (Fig. 13). Para el año 2000, el resultado de la clasificación es de 4.677,12 has, equivalente al 1,46%, en este caso

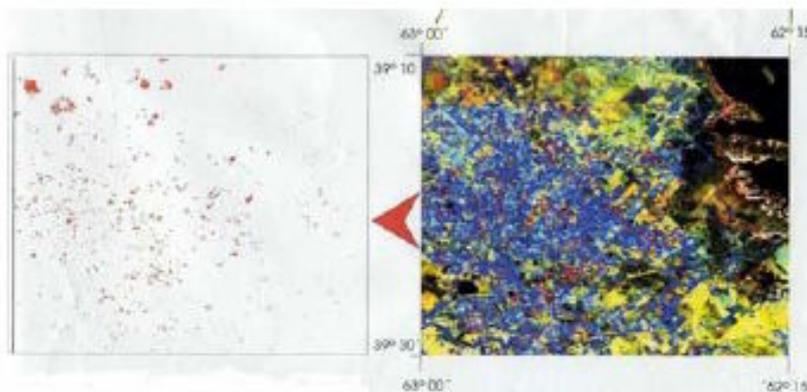


Fig. 13: Ventana de trabajo con la combinación RGB 754 (derecha) del año 1993 y el resultado de la clasificación supervisada (izquierda)

Se analizó también el desplazamiento de los cuerpos de arena, el que se realiza en el sentido de los vientos dominantes W-NW a E-SE, se selecciona una sub ventana sobre cuerpos medianosos para cada una de las fechas, se realiza la clasificación supervisada de suelo al descubierto y finalmente se superponen ambas clasificaciones (Fig. 14)

En el análisis realizado que se muestra en la figura 15, se detecta que en siete años, los cuerpos medianosos se han desplazado 60 metros en promedio y en la dirección de los vientos predominantes.

**B) RIESGO DE EROSIÓN HÍDRICA
ÁREA DE ESTUDIO Y OBJETIVO**

En este caso el objetivo principal consiste en analizar la relación espacial entre los rasgos existentes producidos por procesos de erosión hídrica, las condiciones del paisaje (geología, geomorfología, pendiente) y la distribución de las actividades

antrópicas.

Los objetivos específicos consisten en detectar sectores que presenten signos de erosión hídrica, determinar el grado de erosión hídrica, relacionar los patrones de erosión hídrica con el uso del suelo y finalmente, recomendar medidas de control aplicables en la zona de estudio, con el objetivo de limitar el avance de la erosión hídrica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica 15 km al norte de la ciudad de Bahía Blanca, cercana al paraje denominado Estación La Vitícola, la localización geográfica está dada por las coordenadas 38° 30' a 38° 26' de Latitud Sur y 62° 15' a 62° 30' de Longitud Oeste (Fig. 16), la zona se ubica al pie del Sistema de Ventania, de donde parten pequeños arroyos que desembocan en el litoral cercano a Bahía Blanca y que generan la problemática planteada.

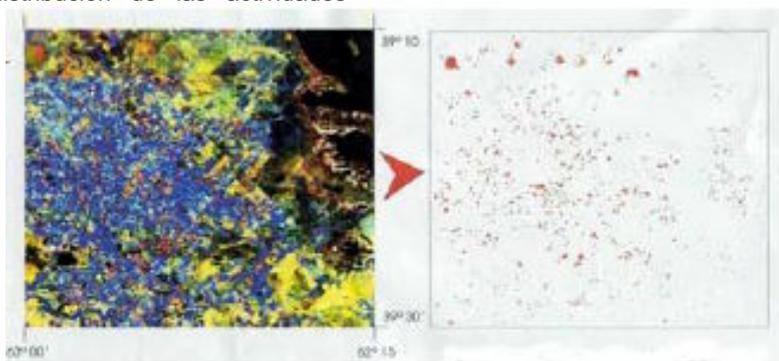


Fig. 14: Ventana de trabajo con la combinación RGB 754 (izquierda) del año 2000 y el resultado de la clasificación supervisada (derecha)

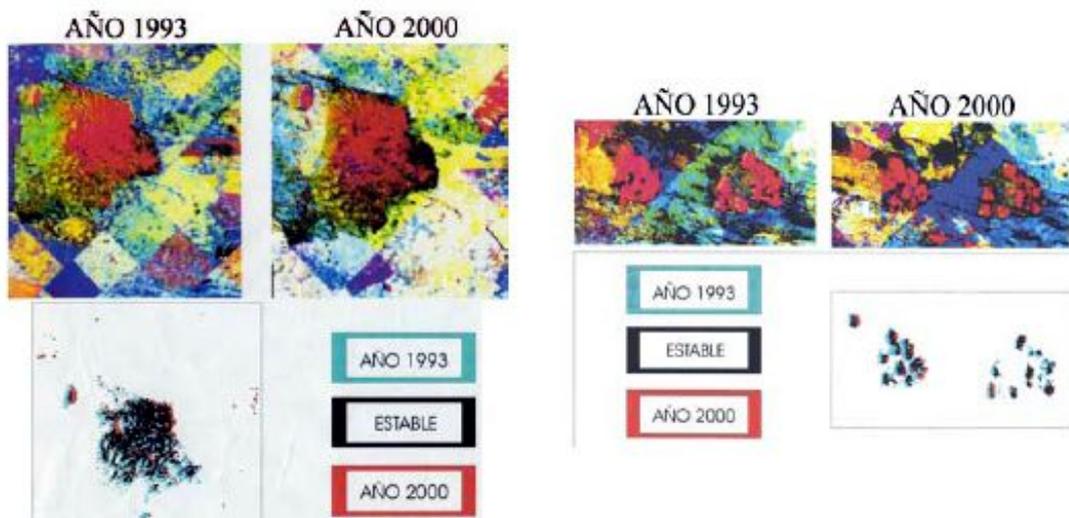


Fig. 15: Los cuerpos medianosos registrados con la combinación RGB 754 y el estudio multitemporal por clasificación de la cobertura sin vegetación y posterior superposición de los años 1993 y 2000

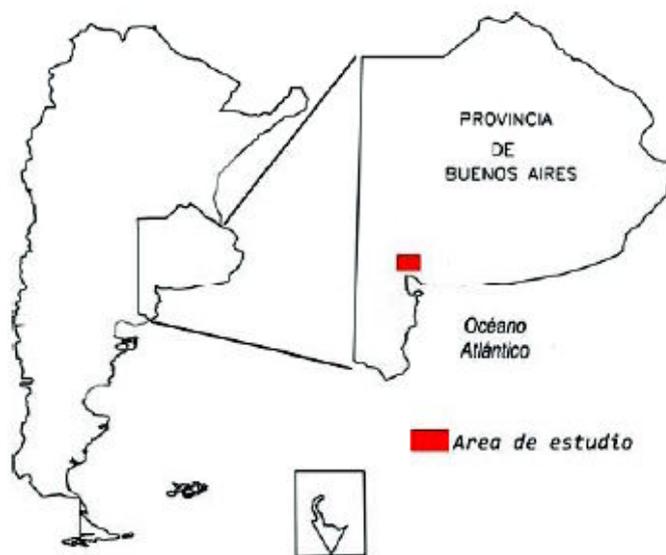


Fig. 16: Localización del sector sometido al análisis de riesgo de erosión hídrica

Teniendo en cuenta las hipótesis y objetivos planteados, se trabajó sobre un sector de la carta topográfica "Estación La Vitícola", 1:50.000, hoja 3963-11-3. El área comprende el interfluvio de la cuenca superior de los arroyos Saladillo de García y Saladillo Dulce y abarca 28.475 has.

La carta topográfica 1:50000 sirvió de base cartográfica para referenciar nuestro de análisis, es así que nuestra área de estudio tiene como puntos extremos: Nor oeste: 38° 30' y 62° 60', Noe este: 38° 30' y 62° 15', Sud oeste: 38° 07' y 62° 30', Sud este 38° 07' y 62° 15'.

La imagen satelital (cedida por la CONAE) fue obtenida por el sensor Thematic Mapper, el 23 de noviembre de 1999 y sus coordenadas son 226-087, correspondientes al Sistema Mundial de Referencia.

Coincidiendo con las coordenadas cartográficas se procede a delimitar sobre la imagen satélite una "ventana de trabajo" que posee unas dimensiones de 724 columnas x 437 líneas, y que coincide con el área digitalizada sobre la carta, georreferenciando de esta manera dicho documento, esto hará posible relacionarlo con los demás mapas construidos posteriormente, como en el caso anterior se realizaron sobre la imagen dos tipos de correcciones: geométricas y radiométricas.

Se procede a la digitalización de la planimetría, la altimetría (curvas de nivel) y el parcelario, utilizando para registrar esta última capa de información tres documentos como referencia, la carta topográfica, el mapa rural y la imagen satelital, las capas de información consideradas y su combinación se ilustran en la figura 17.



Fig. 17: Esquema metodológico para construir una cartografía de riesgo de erosión hídrica

Analizando la imagen satelital (Fig. 18), es posible realizar la clasificación supervisada del uso y cobertura, determinando cuatro categorías:

Vegetación herbácea densa, Vegetación herbácea dispersa, Barbecho y Suelo al descubierto (Fig. 19)



Fig. 18: Ventana de la imagen satelital utilizada



Fig. 19: La clasificación supervisada realizada

Categoría	Identificador	Pixeles	Porcentaje	Hectáreas
Veg. herbácea densa	1	24447	7.73	2200
Veg. herbácea dispersa	2	32483	10.27	2923
Barbecho	3	48669	15.38	4380
Suelo al descubierto	4	56795	17.95	5111
Pasturas degradadas	5	46430	14.68	4178
Sin clasificar	6	107584	34.00	9680
Total		316388	100.00	28475

Fig. 20: Valores obtenidos a partir de la clasificación digital

Los valores correspondientes a cada cobertura se expresan en píxeles, porcentaje y hectáreas en la figura 20, la distribución de las coberturas se complementa con la realización del índice de vegetación normalizado (Fig. 21), ya que es posible

inferir el grado de cobertura vegetal en función del vigor de la vegetación, este aspecto nos dará idea de los diferentes grados de cobertura vegetal evidenciando la falta de vegetación en la zona y principalmente en los sectores erosionados.

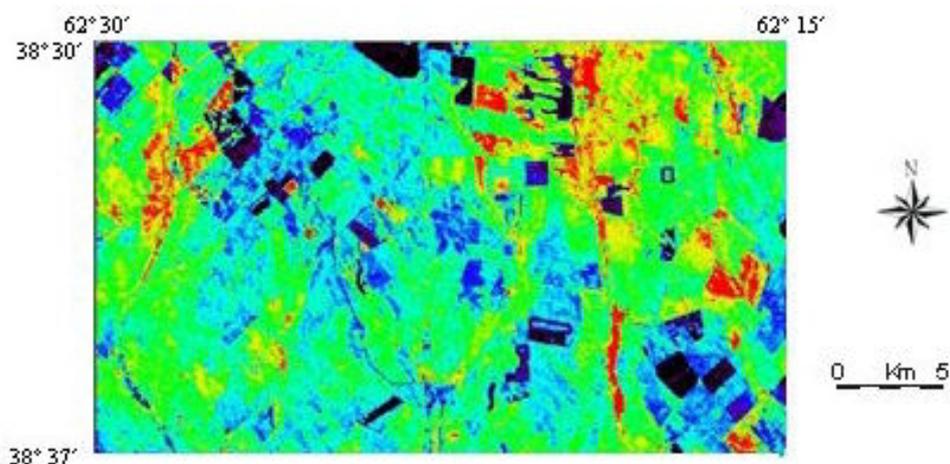


Fig. 21: Índice de vegetación normalizado

La construcción del modelo digital del terreno se realiza a partir de la digitalización de las curvas de nivel de la carta topográfica 1:50.000, el modelo así

construido tiene mayor exactitud que uno construido a partir de puntos altimétricos (Fig. 22)

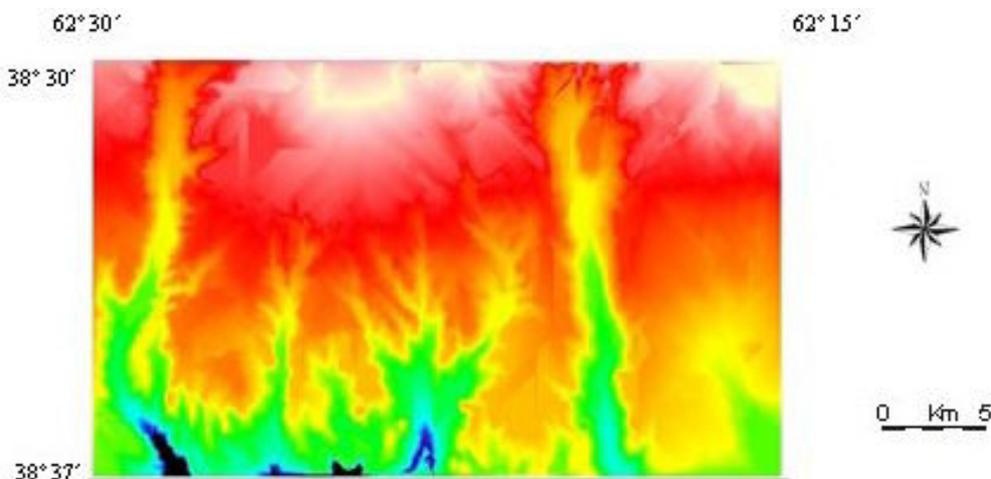


Fig.22: Modelo digital del terreno

El modelo digital es el paso previo a la construcción de un mapa de pendientes (Fig. 23), otra de las variables consideradas. Las pendientes fueron

calculadas en porcentaje, el que representa la tangente del ángulo x 100, por lo tanto 45° de ángulo igual al 100%

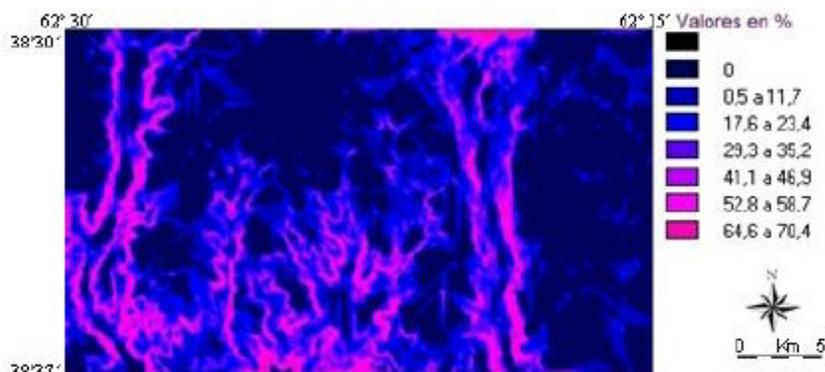


Fig. 23: Distribución de las pendientes

Tanto el modelo digital como el mapa de pendientes muestran una morfología característica de un área con serios problemas de erosión hídrica, con presencia de fenómenos de erosión retrocederte, principalmente en la cuenca alta, lo que da lugar a la presencia de cárcavas, muchas de ellas activas, en la cuenca media del área de estudio y en las riberas abarrancadas de los arroyos, llegando a valores del 70%, cercanos a una inclinación de 45°, en estos

sitios predominan procesos de erosión laminar, favorecida por la pronunciada pendiente que poseen las riberas de los arroyos.

Finalmente se procede a la digitalización del parcelario (Fig. 24) y su posterior clasificación en función del área (Fig. 25), dando lugar a cuatro categorías: 0 a 249 has, 250 a 499, 500 a 749 y 750 a 1000 has.



Fig. 24: El parcelamiento

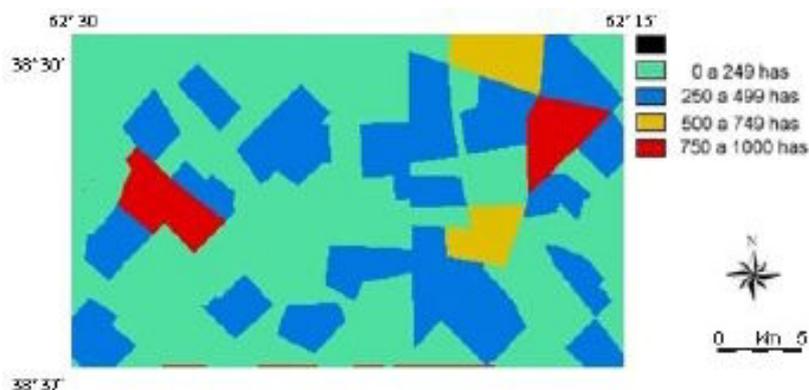


Fig. 25: Clasificación del parcelamiento

RESULTADOS

Con la utilización del Sistema de Información Geográfica Idrisi se procede a combinar las cartografías realizadas, de dos en dos, de acuerdo al

esquema de la figura 17, no se mostraran aquí los resultados parciales, analizando el último mapa que muestra el riesgo de erosión hídrica a que se encuentra sometida el área del estudio (Fig. 26).

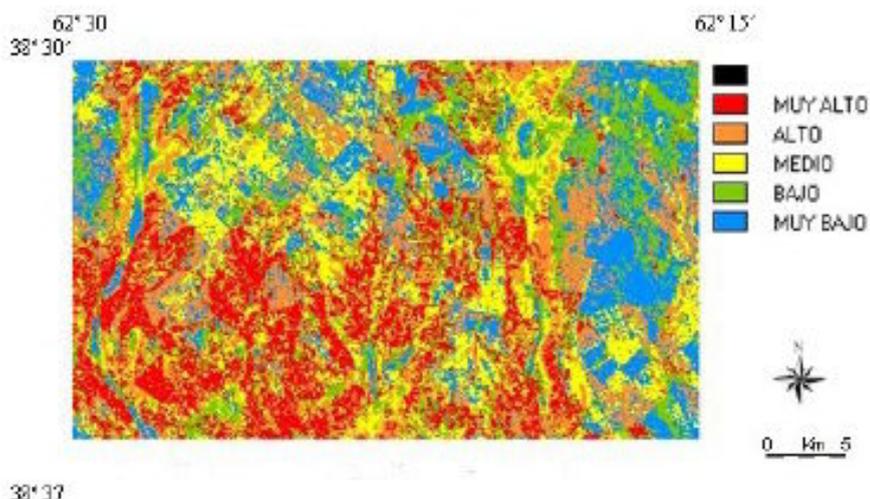


Fig. 26: La cartografía de riesgo de erosión hídrica

El mapa final de riesgo de erosión hídrica surge de un análisis de las tablas construidas por el programa al realizar el cruce de variables, asignado mayor peso a la variable que consideramos mas importante en el desarrollo del fenómeno, en el ante último cruce realizado (parcelamiento con la cobertura obtenida de la imagen satelital) se le asignó mayor peso a esta última, teniendo en cuenta que una superficie con suelo al descubierto o con escasa vegetación tiene una alta probabilidad a sufrir erosión, teniendo en cuenta que nuestra área de estudio se encuentra dentro de la llanura subventánica da lugar a pendientes muy variadas que difieren desde leves a severas, como se aprecia en la figura 23, prácticamente no existen zonas planas.

En el último cruce, que da lugar al mapa de la figura 26, persiste el criterio anterior, otorgar mas peso al mapa surgido de la combinación de la imagen satelital

(que contiene la cobertura) con el parcelario ubicándose este en las líneas con categorías que van de 0 a 5, frente al mapa de pendientes, cuyas categorías se ubican en las columnas, este cruce da lugar a la tabla de la figura 27, en donde los valores se encuentran expresados en píxeles.

Cabe recordar que todos los productos obtenidos a través de esta metodología se encuentran georreferenciados, digitalmente es posible observar en la pantalla del ordenador, cuando se recorre con el cursor el producto cartográfico, la ubicación espacial de cada uno de los píxeles en coordenadas geográficas, traduciéndose en la exacta posición del fenómeno buscado (se trabaja con una precisión de medio píxel, equivalente aproximadamente a 15 metros), en caso de ser necesario, es muy sencillo ubicar en el campo el sitio con ayuda de un sistema de posicionamiento global.

	0	1.5 a 11.7	23.4 a 35.3	35.3 a 47.2	47.2 a 59.1	59.1 a 71.0	71.0 a 82.9	Total
0	31549	18943	14276	9976	7326	4203	1291	107564
1	10484	4503	3660	2552	1643	1091	534	24447
2	14253	5487	4400	3618	2704	1600	421	32483
3	27830	8813	5674	3493	1713	343	299	48669
4	20634	9613	9472	7392	5586	3250	848	56795
5	22746	7654	60001	4448	2949	1974	658	46430
Total	147476	55013	43483	31481	21923	12961	4051	316388

Fig. 27: Tabla resultante del cruce de la segunda aproximación con el mapa de pendientes

		Pendientes reclasificadas						
%	0	0,5 a 11,7	23,4 a 17,1	29,3 a 35,2	41,1 a 46,9	52,8 a 58,7	64,6 a 70,4	
0	5	4	4	3	3	2	2	
1	5	4	3	3	2	2	2	
2	4	4	3	2	2	2	1	
3	3	3	2	2	1	1	1	
4	2	1	1	1	1	1	1	
5	2	1	1	1	1	1	1	

Fig. 28: Análisis y reasignación de categorías

C) UBICACIÓN DE SITIOS SENSIBLES A SUFRIR INCENDIOS DE PASTURAS Y FORESTALES, UTILIZANDO GEOTECNOLOGÍAS

ÁREA DE ESTUDIO Y OBJETIVO

El área de estudio comprende el Parque Provincial Ernesto Tornquist de 6000 has aproximadamente, se ubica en el partido del mismo nombre, sobre la ruta provincial N° 76 (km 225), e integra el Sistema de Áreas Protegidas de la Provincia de Buenos Aires (Fig. 29 y 30), su creación tuvo como objetivo la conservación del pastizal pampeano Geográficamente se halla comprendido dentro de las Sierras Australes de dicha provincia La zona elegida y su entorno sufre periódicamente incendios forestales y de pasturas, el origen de las conflagraciones es diverso, debiéndose en parte a hechos naturales,

pero en mayor medida son causa de la acción humana.

El área reúne características que la hacen particularmente valiosa como unidad de conservación, es considerada una isla de biodiversidad. Alberga diecisiete endemismos estrictos y veinte de mayor distribución.

La vegetación predominante son los pastizales con escasos arbustos y plantas exóticas como Pinus sp, Cupressus sp y Quercus sp.

El objetivo principal del trabajo es crear una cartografía de incendio, considerando la amenaza junto a la vulnerabilidad de parámetros que ejercen una clara influencia ya sea en el inicio y propagación de un incendio, como las condiciones bio-físicas del área (relieve, clima, vegetación), y antrópicas (presencia de rutas y sitios de atracción turística).



Fig. 29: Ubicación del área de estudio en el sector de las Sierras Australes

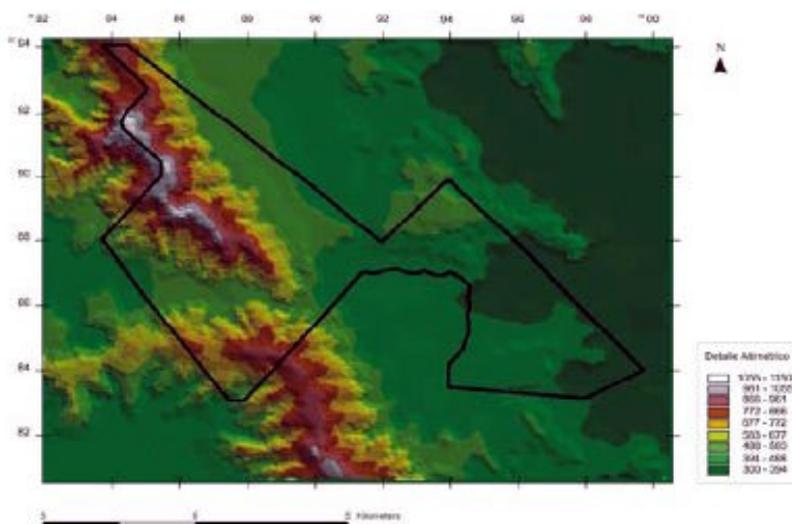


Fig. 30: El modelo digital del terreno sobre el que se han trazado los límites del Parque Provincial Ernesto Tornquist

MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr el objetivo propuesto en este trabajo, consideramos a la vulnerabilidad en función de la inclinación y orientación de la pendiente, la distribución, densidad y tipo de vegetación, además

de la disponibilidad hídrica, son todas variables que se complementan entre si, potenciando esta vulnerabilidad. La amenaza está dada por la presencia de la ruta y la actividad turística desarrollada en el sector (Fig. 31).

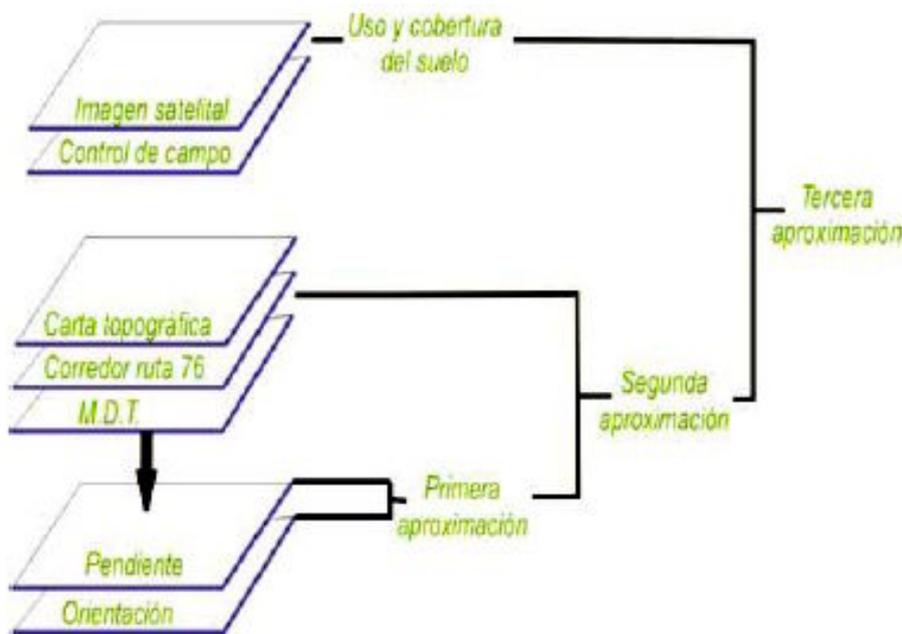


Fig. 31: El esquema metodológico seguido en la investigación

En un primer paso se digitalizaron, dentro de un Sistema de Información Geográfica, las curvas de nivel contenidas en las cartas topográficas IGM Sierra de la Ventana y Tornquist 1:50.000 (Fig. 32), para luego poder realizar el modelo digital de elevación, el que forma parte de la cartografía base sobre la cual se confeccionan los mapas de pendientes y orientación, dos variables sencillas de calcular y que dan los primeros indicios sobre la vulnerabilidad del sector,

estas son dos variables importantes en la propagación del fuego, ya que ante una pendiente pronunciada éste se extenderá más rápidamente hacia la parte superior de la ladera, dificultando su extinción. Con respecto a la orientación de los faldeos serranos, aquellos que se orientan hacia el sur, sur oeste son más vulnerables, ya que es de ese sector de donde provienen los vientos predominantes en la región (Fig. 33)

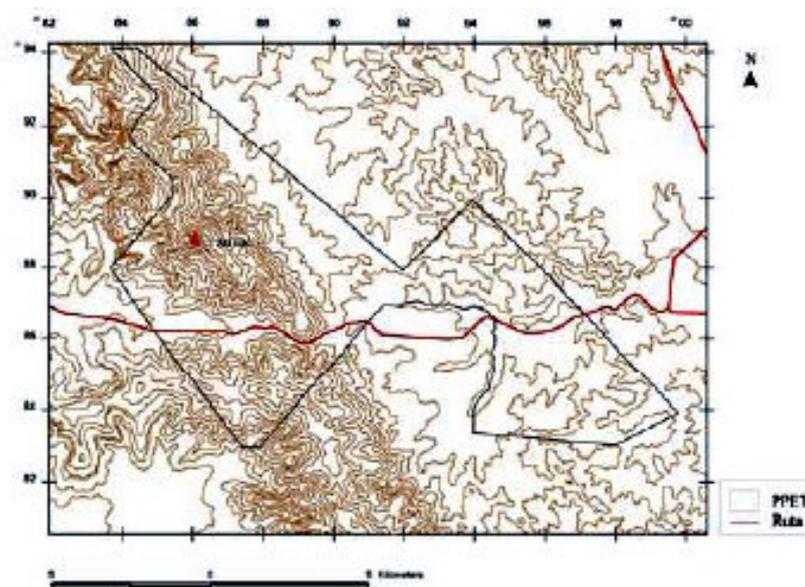


Fig. 32: Las curvas de nivel y los límites del Parque

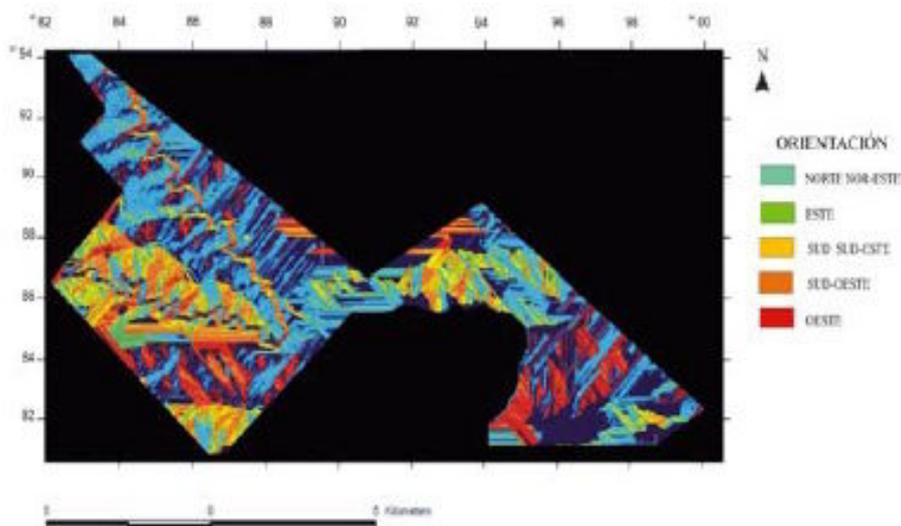


Fig. 33: Cartografía que hace referencia a la orientación de las pendientes

Se utilizó una imagen del satélite Landsat, sensor Thematic Mapper del 12 de septiembre de 2005 (Fig. 34), 226-087 (cedida por la CONAE), sobre la cual se realizó la corrección geométrica, en base a las coordenadas planas Gauss Krüger y correcciones radiométricas con el objetivo de mejorar los valores de radiancia espectral, en la visualización de la imagen se utilizó la combinación RGB-432, la que facilita la discriminación de las diferentes cubiertas vegetales. Luego de seleccionar sobre la imagen una ventana de trabajo que cubre el área del estudio se realizó una clasificación supervisada de la vegetación

(Fig. 35), detectando siete categorías, la discriminación de las diferentes coberturas del pastizal fue posible concretarla debido a las diferentes densidades en su cobertura, originando respuestas espectrales en las cuales se combinan en mayor o menor grado las radiancias del suelo y de la vegetación, tal es el caso d la categoría “cordón serrano”, en donde predomina el suelo al descubierto con escasa vegetal por presencia de roca aflorante. En la categoría “suelo al descubierto” la cobertura vegetal es mínima, mientras que los diferentes grados de cobertura (tres categorías), están dados por cultivos y presencia del pastizal natural.

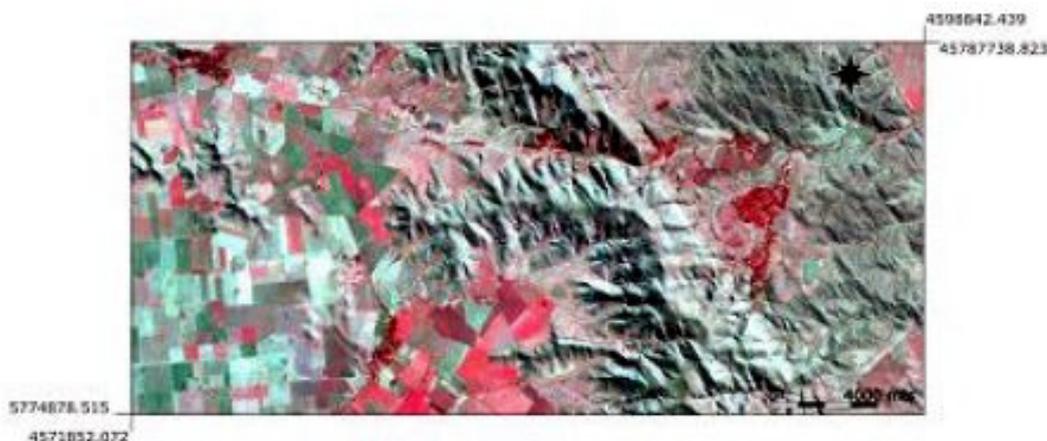


Fig. 34: Ventana delimitada sobre la imagen satelital

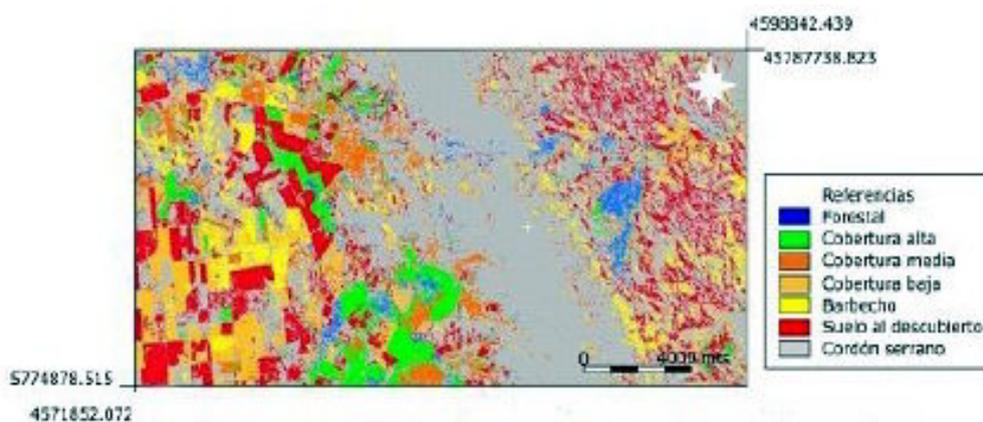


Fig. 35: La clasificación supervisada

RESULTADOS

Del cruzamiento de las variables pendiente y

orientación, es posible obtener un primer mapa síntesis, en donde se indica el riesgo de incendio en función de estas dos variables (Fig. 36).

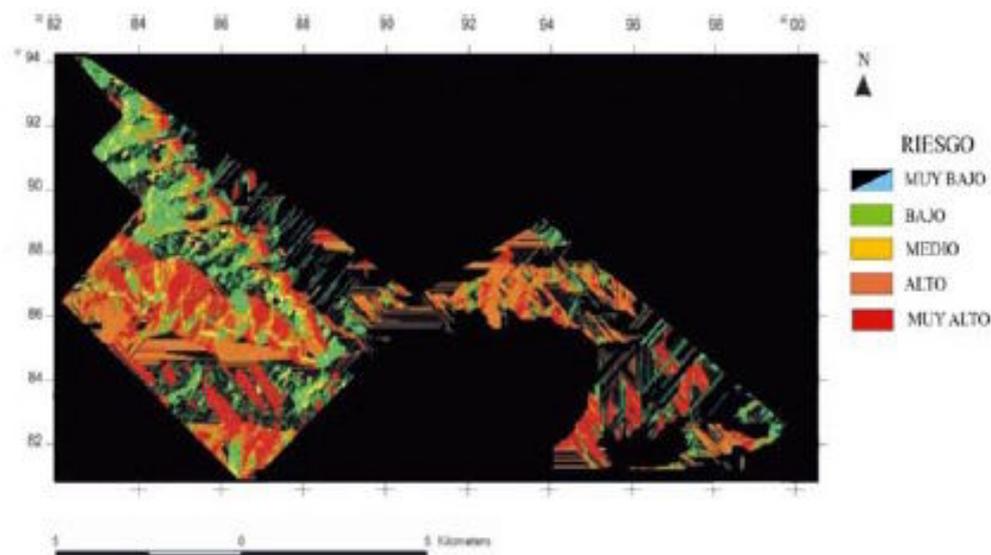


Fig. 36: Cartografía resultante de la combinación de los mapas de pendiente y orientación de las laderas

Obsérvese que el mayor riesgo, representado por los colores cálidos, se ubica en los sectores que poseen orientación W-SE, los que coinciden con los sectores que poseen mayor densidad de vegetación y mayor pendiente. Con el objeto de considerar la amenaza, sobre la 76,

que cruza el Parque, se trazó un corredor de 500 mt. a cada lado de esta, su combinación con la cartografía ya obtenida da lugar a un nuevo mapa de riesgo (Fig. 37). Los valores obtenidos en las sucesivas combinaciones se muestran en la tabla de la figura 38.

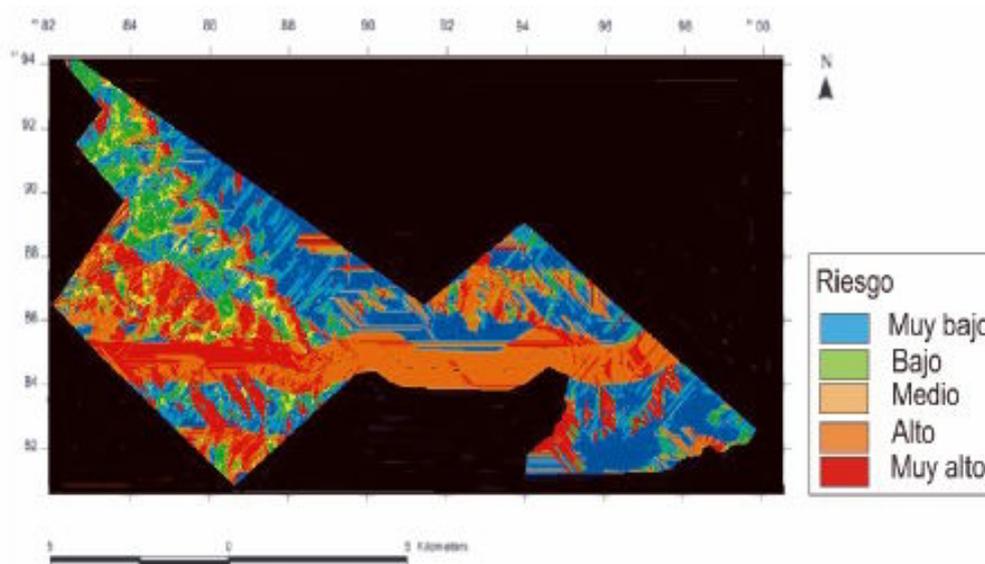


Fig. 37: Cartografía de riesgo de incendio combinando tres variables: pendiente, orientación y presencia de la ruta

CATEGORIAS	PIXELES	HECTÁREAS
MUY BAJO	2314498	8328
BAJO	402517	1446
MEDIO	90337	324
ALTO	631743	2280
MUY ALTO	345065	1242

Fig. 38: Valores correspondientes a las categorías del mapa de riesgo de incendio

En ella podemos observar que si bien tenemos 8328 hectáreas que figuran con riesgo muy bajo, las mismas corresponden a sectores que en su mayor parte se encuentran fuera del Parque, mientras que las categorías de riesgo bajo, medio, alto y muy alto se encuentran en su totalidad dentro del parque, sumando un total de 5.292 hectáreas (casi la totalidad de la superficie del Parque Provincial).

CONCLUSIONES GENERALES

Normalmente el análisis ambiental comprende la interacción de múltiples variables, desde los aspectos socioeconómicos a los netamente ambientales, utilizando sistemas de información geográfica y aplicando el método presentado, es posible la integración de las mismas de una manera precisa, ya que toda la información se encuentra georreferenciada.

Todos los resultados obtenidos fueron corroborados a través de los controles de campo, en el primer caso presentado, referido al riesgo de erosión eólica, las situaciones planteadas incrementaron su condición

debido a la sequía existente en el sud oeste bonaerense desde hace dos años, creando situaciones críticas en aquellos sitios que presentan el mayor riesgo.

Para el caso de riesgo de erosión hídrica, dada la ausencia de lluvias, existe una menor cobertura de vegetación, lo que implica que ante una lluvia repentina y torrencial, aumenten los procesos de erosión en los sitios con riesgo elevado.

Finalmente, en el caso de riesgo de incendio, la problemática planteada ha sido corroborada con el incendio ocurrido durante la última semana del mes de Enero de 2008, su ocurrencia se originó a orillas de la ruta 76, sitio cartografiado como de riesgo muy alto, afectando mayoritariamente a vegetación de pastizal, la que posee una muy alta combustibilidad.

La consideración de variables y su combinación en un medio informatizado, facilita el establecimiento de las relaciones entre los elementos considerados, brindando una valiosa herramienta a los actores de la región que tienen protagonismo ante una emergencia o ante la preservación del medio ambiente (Técnicos, Agrónomos, Defensa Civil, Bomberos).

REFERENCIAS

CAPPANINNI, D.A.; LORES, R.R., 1966: Los suelos del Valle Inferior del Río Colorado, INTA., Colección Suelos Nro. 1. Secr. de Estado de Agric. y Ganad. De la Nación. 127 pg.

GARCÍA-ABAD ALONSO, J.: 2002: "Cartografía Ambiental. Desarrollo y propuestas de sistematización", Observatorio medioambiental, Vol. 5, pp. 47-78.

INTA., 1994: Los suelos del Valle Inferior del Río Colorado. Centro de Investigación de Recursos Naturales. Instituto de Suelos. Castelar. Rep. Argentina. 175 pgs.

UBOLDI, J.A. 2004: "Riesgo de desertificación y su dinámica" Segundo Congreso de la Ciencia Cartográfica - IX Semana Nacional de Cartografía, Buenos Aires - (Argentina). Segundo Congreso de la Ciencia Cartográfica - IX Semana Nacional de Cartografía.

UBOLDI, J.A.; MICHALIJOS, P. 2005: "Aplicabilidad de las técnicas de percepción remota y SIG para la detección de áreas con problemas de erosión eólica en San Román". III jornadas interdisciplinarias del sudoeste bonaerense, 2004, Bahía Blanca (Buenos Aires). Producción, recursos y medioambiente en el Sudoeste Bonaerense. EdiUNS - ISBN: 987-1171-15-3, v. I, p. 293-300.

UBOLDI, J.A.; CASADO, A. L.; PALERMO, L., 2006: La cartografía geocientífica empleada en la evaluación de riesgos naturales". I Conferencia Internacional elagrimensor.net. Córdoba (Argentina). 20, 21 y 22 de Septiembre de 2006.

WILCHES - CHAUX, G., 1993: "La vulnerabilidad global", en Maskrey, A., Los desastres no son naturales, Editorial La RED, Bogotá, pp. 9 a 50.

Teledetección del engorde intensivo de ganado bovino a corral

Zirulnikoff, Néstor^a y Barraza, Efraín

^a Dirección General De Higiene Y Seguridad Alimentaria, GCBA

RESUMEN

Los establecimientos agropecuarios para el engorde intensivo de ganado bovino, que aplican la modalidad de feed-lot o lote de alimentación, se expanden en la República Argentina con algunos efectos nocivos para la población, los recursos naturales y el ambiente. El factor humano agrava algunos fenómenos por ignorancia, imprevisión o ausencia de planificación. Los impactos naturales previsible e inevitables, y aquellos originados por actividades y omisiones humanas, requieren acciones de mitigación para disminuir la vulnerabilidad de las personas preservando sus bienes, la actividad económica, la infraestructura de servicios y el hábitat urbano o rural. Para resolver el problema resulta imperioso identificar e inventariar los establecimientos de engorde intensivo a corral. Un abordaje expeditivo consiste en acceder a la IG (Información Geográfica) con modalidades innovadoras, explotando la disponibilidad tecnológica y mejorando el manejo operativo de la situación. Clasificar el particular uso del suelo con los recursos de la teledetección y sus productos, representar el territorio con sus atributos de escala, relieve y posición, establecer la relaciones espaciales que vinculan a los corrales con los cuerpos de agua superficiales y las urbanizaciones, son algunos de los aportes para una gestión que profundice y desarrolle la detección temprana de los eventuales riesgos o peligros de la modalidad de explotación agropecuaria analizada. El empleo de los sensores remotos para abordar ese análisis, con un catálogo de materiales, métodos y resultados preliminares, se exponen a su consideración como utilitarios de una gestión proactiva.

Palabras Clave: Población, Ambiente, Mitigación, Vulnerabilidad, Proactiva.

ABSTRACT

Cattle fast fattening facilities using feed lot technique, are a growing activity in Argentina. Negative impacts on people, natural resources and environment have

been detected along this practice. Human factor get worse some of these impacts due to ignorance, lack of foresight or lack of strategic planning. The impact of foreseeable but unavoidable nature phenomena causing disasters, along with man made disasters, require mitigation tasks to reduce vulnerability of people, preserving their goods, economic activity, infrastructure and environment. To solve the problem it is necessary to identify and to make the inventory of feed lot farms. An approach to do it is to use geographical information with innovative characteristics, exploring technological availability and improving the operative management. Classify the use of land by means of remote sensing images, to represent territory along its topography and geographic positioning and to establish spatial relationships linking feed lots with surface waters and urban areas are some of the contributions to a management that develop and go further the early warning of hazards linked to feed lots. Use of remote sensing images, along a catalog of materials, methods and preliminary results, are addressed and exposed to your consideration as utilities to be employed in proactive management.

Keywords: People, Environment, Mitigation, Vulnerability, Proactive.

INTRODUCCIÓN

Acordando el uso de sistemas espaciales y sus servicios para la gestión de tareas de desarrollo sostenible, la Oficina de las Naciones Unidas Para Asuntos Espaciales (OOSA) y la Asociación Cartográfica Internacional (ACI) afirmaban el 3 de Marzo de 2005 "Facilitar la investigación de equipo en aplicaciones de cartografía en Internet, sobre cartografía ubicua, con objeto de proveer mecanismos de alerta precoz, difundirla y apoyar la gestión de catástrofes así como el control y la gestión de los recursos naturales".

Entre los impactos naturales que afectan a la Provincia de Buenos Aires, y los más frecuentes, están los fenómenos hidrometeorológicos severos con sus secuelas, daños e inconvenientes sociales y

económicos. La excedencia o déficit de lluvias, las granizadas y las cíclicas inundaciones o sequías se destacan por su magnitud y recurrencia. Accidentes viales, incendios, siniestros industriales, colapsos energéticos, daños ambientales y otros incidentes son causados por las actividades y omisiones humanas, definiendo al riesgo antrópico. Los riesgos sanitarios incluyen a la producción agropecuaria, componente principal del sustento económico provincial. La modalidad ganadera bovina de engorde intensivo a corral aúna la exposición a riesgos naturales y antropogénicos con la probabilidad de adquirir la magnitud de emergencias y desastres. Residuos y efluentes generados por el rubro señalado, contaminan la biosfera y el subsuelo si la disposición final de sólidos y fluidos carecen del tratamiento para un desarrollo sostenible. Su efecto en la naturaleza es análogo al de las urbes.

Aunque la aglomeración de individuos pertenezca a otra especie animal, ciudades y corrales afectan significativamente al ecosistema y ello impone una gestión que reduzca, mitigue y remedie sus efectos negativos. La contaminación potencial no se limita a olores fétidos o la proliferación de insectos y alimañas, también puede infiltrarse en el subsuelo afectando a los acuíferos. El desarrollo sostenible y la gestión de riesgos también imponen la actualización doctrinaria del concepto de mitigación que ha estado ligado, en los esquemas reactivos tradicionales, a socorrer a los afectados.

Las emergencias y los desastres combinan a los agentes productores con las poblaciones vulnerables.

El análisis de riesgos es la reunión y procesamiento de la información suficiente y necesaria para caracterizar tanto al agente productor como a la población, al hábitat y a la infraestructura vulnerable. Con él se determina la naturaleza y magnitud del riesgo, proponiendo métodos para superar las contingencias y reducir al mínimo eventuales impactos. En su manejo se diseña la respuesta de control, reducción o eliminación de los riesgos explotando la información producida en el análisis para evaluar los recursos técnicos considerando los valores sociales, económicos y políticos. El análisis de riesgos, su gestión y la influencia de las omisiones o actividades humanas cuando afectan al ambiente, se abordan a continuación para proponer acciones de mitigación ante los impactos originados por la modalidad intensiva de explotación agropecuaria, limitando el alcance a tres instalaciones críticas ubicadas en la Provincia de Buenos Aires. El empleo de la teledetección con sus productos y recursos distingue al método de abordaje.

DESARROLLO

Definir al análisis como la distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos también impone establecer sus alcances considerando que es cualitativo cuando se propone descubrir y aislar los componentes de un

fenómeno complejo y solo es cuantitativo al determinar el aporte al producto final de cada factor o variable. Aunque existen múltiples facetas del análisis de riesgos, y aplicaciones que auditan procedimientos y métodos de administración y gestión, este texto limita su alcance a la intervención humana en el hábitat, sus actividades y omisiones. Analizar riesgos y obtener resultados válidos exige un procedimiento cualitativo que asigne valores relativos a la exposición ante los peligros ¿Qué es más frente a qué es menos significativo? y además, si es cuantitativo, ambiciona precisar cuánto más y cuánto menos. El abordaje proactivo identifica los riesgos y evalúa su probable ocurrencia. Los sensores remotos detectan información crucial sobre las actividades humanas y la gestión territorial. Sus recursos visuales y los procesos analíticos facilitan la representación terrena para la factura de cartografía temática. La oferta de productos digitales, imágenes y BBDD (bases de datos), se incrementa con el desarrollo informático y la expansión de Internet, promoviendo la accesibilidad a IG para conseguir, como prestación mínima, ubicar y visualizar el lugar elegido. Para transformar datos capturados por los sensores remotos en información válida se procesan y calibran imágenes crudas. Metódicamente se selecciona el espectro radiométrico de las cubiertas del suelo, identificando y clasificando minuciosamente los elementos, complementando el procesamiento con la georreferenciación de los productos obtenidos.

La localización geográfica es un atributo común entre las personas, sus bienes, la infraestructura, el hábitat y los fenómenos que pueden afectarlos. Las coordenadas de un ínfimo punto son únicas pero los sucesos, efectos, relaciones y funciones de los datos que allí concurren son infinitos. El espacio geográfico es el dominio y la posición precisa en él un indicador común y unívoco, con valor agregado cuando esa posición única en el mundo real coincide con su representación cartográfica convencional.

La proliferación de corrales de engorde intensivo de ganado bovino en Buenos Aires se origina por factores naturales y económicos. La magnitud de la primera sequía del Siglo XXI tiene una incidencia ocasional.

Entre los factores económicos se destacan la necesidad de tierras para la agricultura, que incluye la explotación sojera, y la baja relativa en la rentabilidad de la producción ganadera, con aumento del costo. La carne vacuna argentina sobresalía por su sabor y calidad, distintivas del engorde pastoril y extensivo.

Los patrones de consumo europeos, destacado destino de exportaciones cárnicas, demandan exigencias crecientes al tiempo que el consumo local conserva su módulo de más de sesenta kilogramos anuales por habitante, especializando la producción que satisfaga la demanda sostenida reduciendo el período de engorde, aunque las normas de trazabilidad alimentaria en Europa excluyen al ganado engordado a corral.

Por esta razón el consumo local se abastece con un

significativo aporte de producción ganadera intensiva.

La sostenibilidad sanitaria y ambiental de tal modalidad productiva merece consideraciones adicionales.

La República Argentina encabeza las estadísticas mundiales del SUH (Síndrome Urémico Hemolítico), una ETA (Enfermedad de Transmisión Alimentaria) con efectos letales o secuelas permanentes para las personas, especialmente hasta los diez años de edad. En la mayoría de los casos la origina la Cepa O157:H7 de la bacteria *Escherichia Coli* que prolifera en los excrementos bovinos, es inocua para ellos, y se propaga a la carne durante la faena si se carece de buenas prácticas en la manipulación de alimentos. Los deficientes hábitos argentinos en el consumo de carnes, especialmente la cocción incompleta, también contribuyen a la devastación del virulento vector. Un pormenorizado informe de la Dirección Provincial de Medicina Preventiva de Buenos Aires proporciona estadísticas sobre la patología aludida reseñando que los alimentos mayoritariamente detectados como fuente de contagio, en los casos de SUH en el año 2009, fueron la carne vacuna (36.96%), los lácteos (17.39%) y los chacinados (17.39%). Aunque se especifican otras fuentes de intoxicación alimentaria, el producto bovino es la fuente principal. El que proviene de los corrales de engorde intensivo posee un mayor riesgo de exposición al vector, por el permanente contacto de sus extremidades y vientre con los excrementos. Cuando escasea la higiene anterior a la faena se incrementa el riesgo de propagación de la bacteria a la carne con sus consecuentes efectos negativos.

El efecto ambiental adverso que atañe al engorde intensivo a corral se manifiesta en la carencia de buenas prácticas y también de normativas específicas o su laxitud, exceptuando a la Provincia de Santa Fe.

En el caso de Buenos Aires solo se han expedido sobre la cuestión los Diputados Provinciales y escasos municipios, entre ellos Brandsen y Saladillo, detallando efectos perjudiciales del engorde intensivo a corral.

Ateniéndose a las previsiones internacionales para calificar al impacto ambiental, el territorio bonaerense no es apto para la modalidad ganadera por su precipitación media anual equivalente al máximo admisible. Además son críticos los índices aceptables de la composición del suelo natural y el nivel del manto freático. Otros parámetros de evaluación de riesgos lo constituyen la distancia con las urbanizaciones y la red hídrica superficial. También escasea el tratamiento de los residuos orgánicos sólidos, líquidos y gaseosos.

La sostenibilidad ambiental del engorde intensivo de ganado bovino a corral es inviable con el modelo de gestión vigente, que reduce sus costos productivos vulnerando los recursos naturales. Para demostrarlo se analizarán los riesgos de tres instalaciones

ubicadas en los partidos de San Pedro, Brandsen y Tordillo.

MATERIALES

El desarrollo exponencial de recursos informáticos en el último lustro resulta crucial para coleccionar datos críticos, promoviendo alternativas proactivas para la mitigación de los riesgos o peligros.

El programa propietario Global Mapper permite desplegar, superponer y explotar IG disponible en Internet.

El SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) es un ajustado modelo digital de la superficie terrestre, de reducida incertidumbre en áreas rurales y algo impreciso en las tramas urbanas. Las imágenes Landsat son aplicadas desde hace décadas para la gestión y monitoreo de los recursos naturales. Al generalizarse el uso de los SIG (Sistemas de Información Geográfica), como utilitarios de la gestión pública y privada, la disponibilidad de IG se potencia con las IDEs (Infraestructuras de Datos Espaciales), IDERA en Argentina. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos desarrolla y actualiza programas informáticos para el manejo de incidentes con químicos peligrosos, ALOHA es su programa simulador de dispersiones gaseosas en atmósfera.

Global Mapper provee la interoperabilidad para el catálogo reseñado, la edición vectorial de la topografía del área de interés y la exportación de los resultados al utilitario gratuito más difundido y accesible para visualizarlos, Google Earth, que provee una excelente resolución espacial.

METODOLOGÍA

Con independencia del soporte físico, un mapa es solo la imagen de los datos con los que se lo editó.

Distinguiendo las zonas de interés con Google Earth se visualizan los corrales de engorde intensivo, determinando las distancias con la trama urbana, sus elementos destacados, la red hídrica superficial y la infraestructura vial, relevando además las coordenadas geográficas del área analizada. Activando Global Mapper se despliega el menú de productos disponibles, se seleccionan el SRTM, las opciones de Landsat y la conectividad a IDERA. Del primero se extraen las curvas de nivel y se las exporta con el formato adecuado.

IDERA provee información sobre las redes hídricas y viales. Las imágenes restantes indican el potencial para generalizar el método de análisis territorial, inventariando los corrales de engorde intensivo y clasificando los usos del suelo con las modalidades para el procesamiento digital de las capturas de los sensores remotos y sus utilitarios, para identificarlos y gestionar los eventuales riesgos.

RESULTADOS

Las ciudades de Doyle y Santa Lucía, en el Partido de San Pedro, distan seis kilómetros entre sí. Una milla al Oeste de la primera y a tres de la segunda se emplaza un establecimiento cuyos desagües escurren hacia un cauce fluvial que es afluente de un arroyo local. Las urbanizaciones y los corrales comparten la altimetría y la red vial. En las inmediaciones hay además explotaciones agrícolas. La cercanía entre los corrales y las urbanizaciones no cumple con las recomendaciones internacionales, sus desagües tampoco.

Los corrales de Brandsen cumplen con el mínimo admisible de separación con el casco urbano excepto en dos complejos edilicios, el Hospital local y el predio ferial, la Ruta 29 los vincula con la urbe y los corrales.

Los olores nauseabundos predominan en los complejos, y con viento Sur llegan a la Ciudad de Brandsen. La pluma contaminante emulada con ALOHA indica el impacto vital y sanitario de las emisiones gaseosas de amoníaco obtenidas con una solución y carga másica que minimizan las condiciones reales imperantes.

El caso en el Partido de Tordillo se distingue de los otros dos, no hay urbanizaciones vecinas. Los corrales se emplazaron en una zona anegadiza cuya cota altimétrica oscila entre el nivel del mar, o menor a él, y los cuatro metros. Se los elevó artificialmente pero el suelo local anegable integra la cuenca influente y efluente del manto freático y esta surcada por una intrincada red hídrica superficial que

descarga en el mar.

El presente trabajo es solo preliminar mientras no se pueda generalizar la clasificación del uso del suelo para la modalidad del engorde intensivo a corral de ganado bovino, pero la disponibilidad tecnológica es útil, funcional y efectiva para el análisis y gestión de sus riesgos. Para procurar el ordenamiento territorial hay otros productos de teledetección explotables. Entre ellos se destaca el sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), a bordo de las plataformas AQUA y TERRA. Esta también porta al sensor ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) que con sus quince bandas térmicas augura resultados significativos en la teledetección especializada propuesta.

Desde hace un trimestre se publican en Internet las emisiones de amoníaco obtenidas con sensores remotos, representando el impacto ambiental de explotaciones agrícolas y ganaderas en todo el Planeta.

Ese producto y los obtenidos con la metodología preliminar desarrollada se exponen a continuación.

AGRADECIMIENTOS

EL Personal Profesional y Técnico de la Dirección General de Higiene y Seguridad Alimentaria del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, como sus pares de la Dirección Provincial de Medicina Preventiva de la Provincia de Buenos Aires, aportaron información indispensable para el análisis sanitario.

BIBLIOGRAFÍA

Boletines NO 37 y 43 del Centro Argentino de Cartografía.

Elsa C. Mercado, Revista Argentina de Microbiología (2007) 39: 191-192

Internet:

Estrucplan on line <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IDEntrega=2527>

INTA: Gestión Ambiental en el Feedlot <http://www.inta.gov.ar/anguil/info/otras/feedlot.htm>

Irurzun – Zirulnikoff http://www.selper.org/trabajos/resumenes_spt_2006/Irurzun_riesgos%20naturales.pdf

M.V. Susana B. Gil <http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=685>

Mapa de Emisiones de Amoníaco <http://www.insu.cnrs.fr/image3338,cartographie-emissions>

Zirulnikoff – Irurzun http://www.igm.gov.ar/descargas/sig/dia_del_sig/geomatica.pdf

Zirulnikoff – Moscardini <http://www.hidro.gov.ar/Noticias/TRdownload.asp>

Zirulnikoff – Moscardini http://www.tiaftbuenosaires.org/fotos/posters/dia1/pages/i%20002_jpg.htm

Zirulnikoff http://estatico.buenosaires.gov.ar/areas/salud/ceh/archivos/programa%2021_08_08.pdf

http://www.igm.gov.ar/descargas/sig/publicaciones_pdf/listado/01.pdf

Manuales de Cursos del Centro de Capacitación en Ciencias Geográficas del Instituto Geográfico Militar.

Normativa:

Ley reguladora del engorde intensivo a corral sancionada en Santa Fe el 28 de Mayo del año 2009.

Ordenanza No 1333 del Partido de Brandsen.

Ordenanza del Partido de Saladillo del 16 de Diciembre del año 2008.

Proyecto de Ley del Diputado Provincial Carlos Bonicatto con media sanción desde el año 2005.

Seguimiento de eventos de inundación utilizando distintas plataformas satelitales

Posse, Gabriela ^a; Corin, Jorgelina ^{ab}; Lewkzuk, Nuria ^a y Cristiano, Piedad ^{ab}.

^a Instituto de Clima y Agua, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
^b CONICET

RESUMEN

Hoy en día es indiscutible la utilidad de incorporar la información remota en los estudios que involucran la detección y el seguimiento de inundaciones. Existen diferentes plataformas satelitales que resultan útiles para estos propósitos. La diferencia en la respuesta espectral del agua y la tierra seca en la región del infrarrojo y del térmico hacen esto posible. La plataforma satelital a utilizar dependerá de la escala de detalle requerida, el área total y la frecuencia requerida en el monitoreo. Muchas veces se recurre a la integración de imágenes provenientes de diferentes sensores. Es fundamental incorporar datos de tierra (usos del suelo, actividades económicas, densidad de población, curvas de nivel, tipos de suelo) para integrarlos en un sistema de información geográfica. Un punto a destacar es la necesidad de sistematizar la información. El mapeo de una inundación luego de ocurrido el hecho, es inútil para evaluar daño si se desconoce lo que había por debajo de la superficie ocupada por el agua. Al mismo tiempo, contar con mapas en situaciones normales, en las que estén mapeados fielmente los cursos de agua, resultan imprescindibles para conocer con exactitud el área afectada.

Palabras clave: Integración de datos, Sistema de información geográfica, Sistematización, Prevención, Archivo histórico.

ABSTRACT

Today is unquestionable utility of incorporating remote information in the studies involving the detection and monitoring of floods. There are several satellite platforms that are useful for these purposes. The difference in the spectral response of water and dry land in the region of infrared and thermal make this possible. The satellite platform to use depends on the level of detail required, the total area and the required monitoring frequency. It is often used the integration of images from different sensors, using radar data also. It is essential to incorporate data from land (land use, economic activities, population density, topographical

data, and soil types) to be integrated into a geographic information system. A point to note is the need to systematize the information. The mapping of flood happened after the fact; it is useless to assess damage if not known what was underneath the area occupied by water. At the same time having maps in normal situations are critical to know precisely the affected area.

Keywords: Data integration, Geographical information system, Organization, Prevention, Historical documentation

El mapeo de las áreas afectadas por las inundaciones es una importante herramienta que ayuda a determinar los alcances de la situación de emergencia y permite cuantificar la superficie afectada (Sanyal y Lu 2004). El monitoreo de la inundación puede ayudar a disminuir las pérdidas de vida, y puede brindar información muy valiosa para que las autoridades ajusten su plan de acción. Los sensores remotos son una herramienta valiosísima ya que nos permiten tener una visión global del problema (Di Bella et al. 2008). Al brindar información espacialmente explícita y abarcar generalmente un área extensa, permiten el acceso a información del área de interés rápidamente. Es mucho mayor el tiempo necesario para realizar un trabajo de campo, aunque este último tipo de relevamiento es necesario para validar la información remota.

La información que nos brindan los sensores pasivos, llamados así a los sensores que utilizan la energía solar como fuente de energía, es el porcentaje de la energía solar reflejada por la superficie terrestre. La proporción de la energía incidente que es reflejada hacia el sensor varía según las características de la superficie y de la longitud de onda que estemos observando. El conocimiento de los patrones típicos de las distintas coberturas es lo que nos permite interpretar las imágenes satelitales (Figura 1). La vegetación presenta un comportamiento reflectivo completamente diferente a del agua. La vegetación sana tiene una baja reflectividad en el visible, ya que los pigmentos fotosintéticos utilizan la luz visible para

realizar el proceso de fotosíntesis. Por el contrario, la reflectividad es muy alta en el infrarrojo cercano debido a que la estructura celular del mesófilo de las hojas refleja la radiación en esa longitud de onda. (Baret 1990, Guyot et al. 1992). Se observa también que la reflectividad de una planta depende de su contenido de agua. La absorción del agua en la vegetación es máxima alrededor de los 1.4, 1.9 y 2.6 micrómetros. Estas longitudes de onda nos permiten detectar estrés hídrico sufrido por la vegetación.

La presencia de agua pura se puede detectar con imágenes que contengan información de la porción del espectro visible, pero se obtendrán resultados más objetivos si se utilizan regiones del espectro no visible para el ojo humano. El agua tiene un pequeño pico de reflectancia en la región del verde y luego va

disminuyendo hacia el infrarrojo. Esta falta de reflectividad en el infrarrojo va a ser clave para distinguir entre áreas de tierra y agua tanto en como la interfase entre las costa de lagos como en ríos. El carácter tridimensional de las superficies de agua hace que en su respuesta espectral aparezca como un componente debido a la superficie, otro a la columna de agua y un tercero al fondo. Por lo tanto, variaciones en la columna de agua como en los materiales del fondo van a alterar su respuesta: un fondo de arena clara proporciona mayor reflectancia que otro compuesto por materia orgánica en descomposición (Chuvieco 2002). Al incrementarse la profundidad del agua la reflectancia en cualquier longitud de onda desciende.

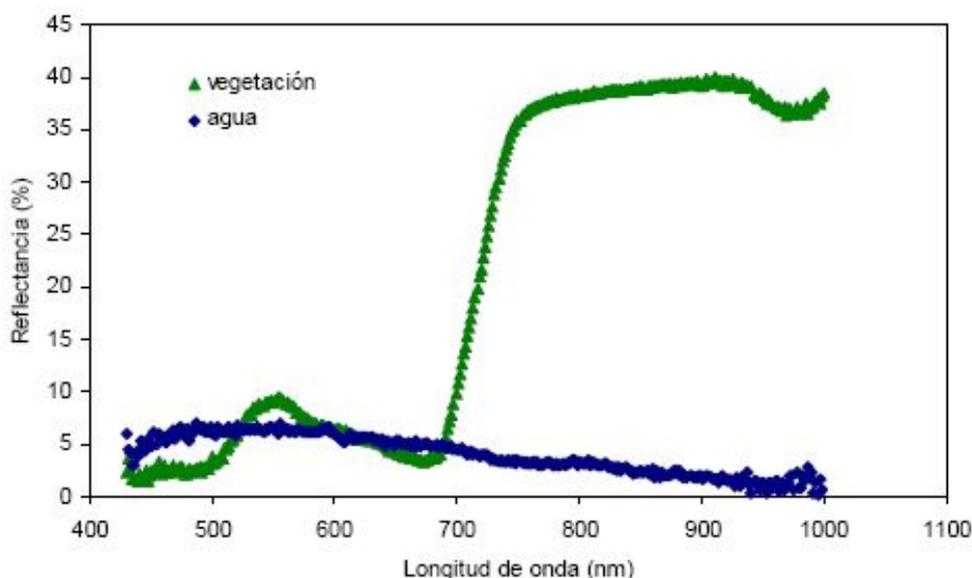


Figura 1: Respuesta espectral característica de la vegetación sana y del agua pura.

Otra posibilidad es utilizar imágenes térmicas. Según la ley de Planck, todo cuerpo que se encuentre por encima de los 0°K emite energía. En función de la temperatura que tenga el cuerpo, la ley de desplazamiento de Wien nos permite calcular la región del espectro donde la emitancia es máxima. La tierra, con una temperatura media de aproximadamente 300 K tiene su máxima emitancia en la región del infrarrojo térmico, entre los 8 y 14 μm . En esta región, la información que recibe el sensor no es el resultado de la reflexión de la energía solar, sino que es la radiación emitida por la superficie terrestre. El agua, debido a su alta capacidad e inercia térmica, tiene la capacidad de almacenar más calor que la vegetación y los suelos y es capaz de conservarlo por más tiempo. Esto hace que presente valores de temperatura menores durante el día y mayores durante la noche, comparándolas con áreas secas. Es por esta razón que muchas veces se utilizan imágenes con información del infrarrojo térmico de la

madrugada, cuando las temperaturas de la superficie terrestre son mínimas, para detectar cuerpos de agua, ya que éstas se encuentran a mayor temperatura.

Podemos sintetizar los objetivos que se pueden alcanzar trabajando con sensores remotos en dos objetivos particulares: Mapeo y cuantificación del área afectada y el seguimiento temporal del evento.

1) Mapeo y cuantificación: Generalmente el primer problema que se necesita resolver es la delimitación del área afectada. El resultado más simple será entonces un mapa en el que figuren dos clases: áreas inundadas y no inundadas. Según la extensión del área de estudio, la disponibilidad de imágenes, las características de las clases que se necesitan cuantificar y la precisión requerida, el mapeo se realizará en base a imágenes de baja o alta resolución. El sensor AVHRR montado sobre el satélite meteorológico NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration),

resulta muy útil para monitorear eventos a escala regional, debido a su alta frecuencia de pasaje y a su moderada resolución espacial. Este satélite provee información crucial para monitorear áreas inundadas, siempre y cuando el siniestro sea de una magnitud perceptible a la resolución espacial de estos satélites (1km² por píxel) (Figuras 2, 3 y 4). El sensor MODIS, montado sobre los satélites AQUA y TERRA, también brinda información valiosa con una alta frecuencia de imágenes disponibles por día: hasta 6 veces por día. La resolución es similar al de NOAA en la mayoría de las bandas espectrales, aunque las bandas del rojo y del infrarrojo alcanzan los 250 m de resolución espacial. Si lo que se requiere es estudiar los efectos de una inundación sobre un área urbana o realizar cálculos más precisos de las pérdidas económicas, necesitaremos trabajar con imágenes de mayor resolución espacial. El satélite Landsat brinda

información a mayor resolución espacial, ya que el tamaño del píxel es de 30 x 30 m. Esto permite generar mapeos mucho más detallados, muy útiles para detectar daños en zonas urbanas, como por ejemplo barrios afectados, caminos cortados, rutas en peligro. Se pueden detectar efectos sobre el escurrimiento del agua producto de canales clandestinos, obras nuevas, rutas y vías de ferrocarril, etc. Si se agrega información de curvas de nivel, es posible prever problemas de drenaje, estimar rutas posibles de escurrimiento, etc. Si contamos con datos de usos actuales del suelo, se puede estimar pérdidas de producción (actuales y potenciales). La desventaja que tiene respecto a las imágenes NOAA es que requiere mayor tiempo de procesamiento y el tiempo de revisita a un sitio en particular es de 16 días.

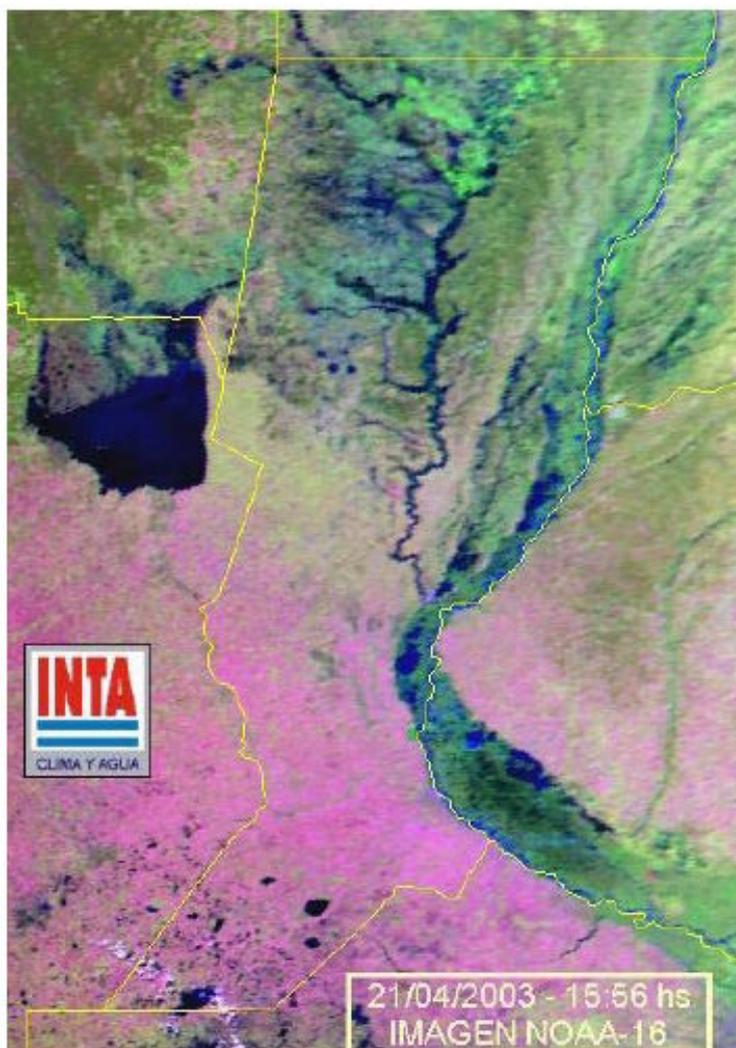


Figura 2: Imagen provista por el satélite NOAA 16, bandas 3 2 y 1. En color azul oscuro se detectan la presencia de agua.

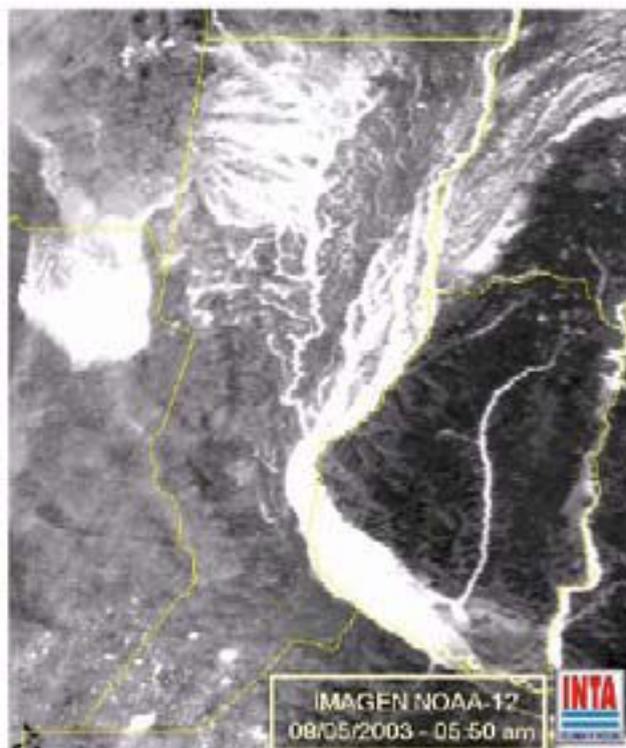


Figura 3: Imagen provista por el satélite NOAA 12 de la madrugada, banda 5, infrarrojo térmico. Las áreas cubiertas por el agua presentan colores más claros, ya que tienen mayores valores de temperatura en superficie que la tierra seca.

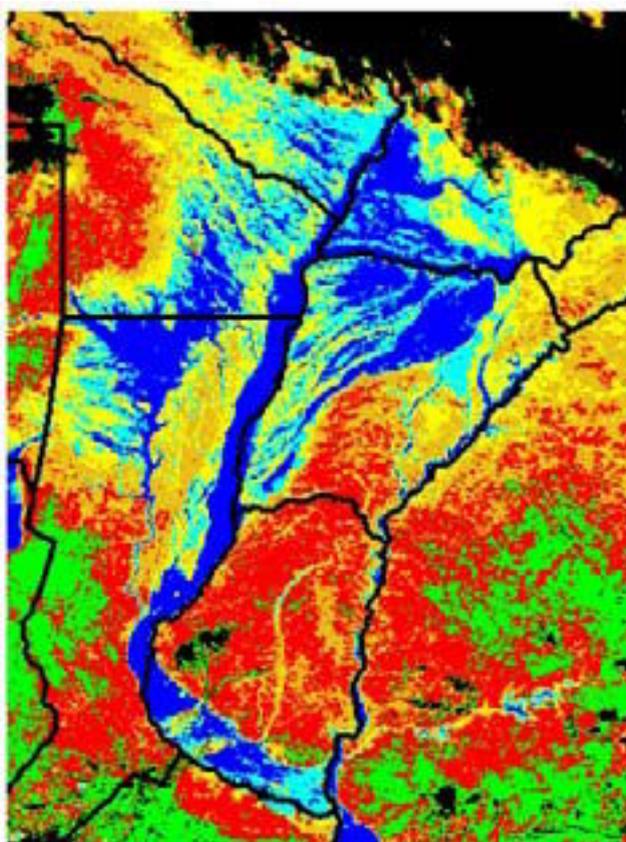


Figura 4: Clasificación sobre una imagen NOAA, donde se han mapeado las áreas con agua en colores azul y celeste.

2) Seguimiento temporal del evento: El análisis de una serie temporal de imágenes permite monitorear la duración de una inundación y estudiar su evolución (Figura 5). Resulta muy útil analizar la evolución de la inundación, colaborando en la predicción de la recuperación de las áreas afectadas. Al igual que en el punto anterior, esto se puede analizar a diferentes escalas, según los requerimientos particulares del

caso. Trabajando con imágenes de alta resolución se puede realizar mapas de riesgo, delimitando zonas inundables según distintos escenarios. Para esto se debe llevar un registro de las diferentes zonas que resultan afectadas por inundaciones de distinta intensidad.

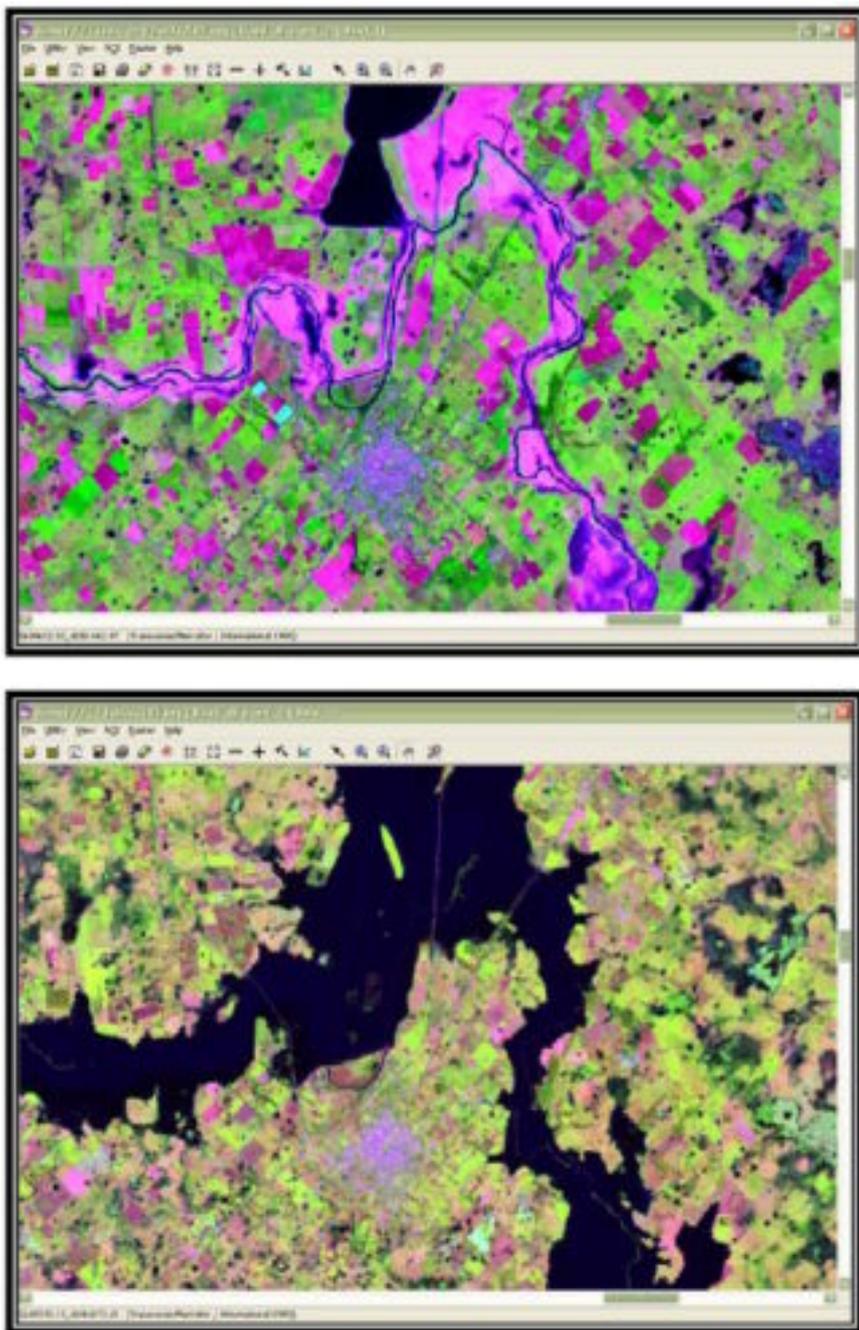


Figura 5: Diferencias en la superficie cubierta por agua en dos momentos diferentes sobre una imagen Landsat (bandas 5, 4, 3).

En ambos casos, lo más común es utilizar alguna banda que mida la reflectancia en la zona del infrarrojo, ya que la reflexión del agua en esa zona es mínima. Dependiendo del sensor utilizado y de las características específicas del área de estudio será necesario corroborar los límites espectrales de la señal del agua. En la tabla 1 presentamos un pequeño resumen del ancho de banda correspondiente al infrarrojo en las plataformas más comunes con las que se trabaja. Hoy en día esto resulta relativamente fácil de realizar, ya que existen numerosos trabajos publicados y mapeos realizados que nos brindan contundentes antecedentes en la materia (Sanyal y Lu 2004; Overton 2005, Buehler et al. 2006; Di Martino et al. 2007). Actualmente la disponibilidad de imágenes de sensores remotos es alta y de relativo bajo costo. Sin embargo muchas veces los trabajos realizados con sensores remotos adolecen en la práctica de mediciones en el terreno (verdades de terreno) que nos permiten conocer el porcentaje de error de las estimaciones que se

realizan a partir de esos mapeos. Generalmente contar con datos de campo es lo más caro en tiempo y dinero, y por esta razón, muchas veces en la práctica este procedimiento es ignorado. De suma importancia también y ausente en la mayoría de los países poco desarrollados es la sistematización de la información y la previsión. El mapeo de una inundación luego de ocurrido el hecho, es inútil para evaluar daño si se desconoce lo que había por debajo de la superficie hoy ocupada por el agua. Al mismo tiempo, contar con mapas en situaciones normales, en las que estén mapeados fielmente los cursos de agua, resultan imprescindibles para conocer con exactitud el área afectada. En línea con esto, a fin de conocer la vulnerabilidad de diferentes zonas susceptibles a la inundación, resulta necesario contar con un archivo de eventos pasados, sobre los cuales se analizará la frecuencia de inundaciones sufridas. El estudio y análisis de las condiciones meteorológicas de cada evento permitirá contar con ciertas previsiones ante determinadas situaciones.

Tabla 1: Algunos ejemplos de las bandas utilizadas más comúnmente para mapear presencia de agua en diferentes plataformas satelitales

PLATAFORMA	SENSOR	BANDA	ANCHO (μm)
Landsat	TM	4	0,76 - 0,90
SPOT 4	HRVIR	3	0,79 - 0,89
SPOT 5	HRG	3	0,79 - 0,89
NOAA	AVHRR	2	0,725 - 1,00
SAC-C	MMRS	4	0,795 - 0,835
MODIS	TERRA/ AQUA	2	0,841 - 0,876

Uno de los nuevos desafíos relacionados con la temática del agua es la necesidad de trabajar en sistemas donde el agua es un componente natural de la dinámica de la vegetación, como en la zona de la pampa deprimida de la Argentina. Lo mismo ocurre en zonas de delta o en los manglares. El agua muchas veces influye en el funcionamiento de los ecosistemas, donde forma parte de los mismos. El comportamiento de la fenología de los canopeos es influido diferencialmente según la posición topográfica y la historia geológica de cada sitio (Posse et al. 2005). En estas situaciones es muy útil y frecuente recurrir a la utilización conjunta de imágenes provenientes de sensores pasivos y activos (Toyra et al. 2002; Kandus et al. 2006). En ecosistemas donde el agua no cubre la superficie

completamente, pero la variación de su profundidad tiene efectos en la vegetación, resulta dificultoso el estudio de su dinámica con los métodos tradicionales. La interacción de la señal del agua con la de la vegetación se mezcla y requiere un tratamiento especial, por ejemplo, para estimar la productividad primaria en estos sistemas. Recientemente Beget et al (2007) y Beget y Di Bella (2007) han trabajado sobre las respuestas espectrales de la vegetación sumergida y sobre la inversión de un modelo de transferencia radiativa (el SAIL) proponiendo una modificación del mismo al incorporar una película de agua sobre el sistema estudiado (SAIL Flood). Este modelo se encuentra en esta experimental aún, pero los primeros resultados son promisorios.

REFERENCIAS:

- Baret, F. 1990. Factors and mechanism governing canopy spectral reflectance: application for agriculture. Technical note, INRA, Avignon.
- Beget, M.E., Baret, F., Di Bella, C. M. Hanocq, J.F. 2007. The Flooding Pampa Grasslands: a Radiative transfer model approach. XII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. 355–360, Bs. As, Argentina.
- Beget, M.E. & Di Bella, C.M. 2007. Flooding: the effect of water depth on the spectral response of grass canopies. *Journal of Hydrology* 335:285–294
- Buehler, Y.A., Kellenberger, T.W., Small, D. Itten, K.I. 2006. Rapid mapping with remote sensing data during flooding 2005 in
- Chuvieco, E. 2002. Teledetección ambiental. La observación de la Tierra vista desde el espacio. Editorial Ariel Ciencia. España.
- Di Bella, C.M., Posse, G., Beget, M.E. Fischer, M.A., Mari, N.A. & Verón, S. 2008. La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones. *Ecosistemas* 17 (3): 39–52.
- Di Martino, G., Iodice, A., Riccio, D. Ruello, G. 2007. Monitoring of flooding in urban areas. *Urban Remote Sensing Joint Event*: 1–5.
- Guyot, G., Baret, F. & Jacquemoud, S. 1992. Imaging spectroscopy for vegetation studies. En: Toselli, F. & Bodechtel, J. (eds). *Imaging Spectroscopy: Fundamentals and Prospective Applications*, pp: 145–165. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Kandus, P., Karszenbaum, H., Salvia, M., Gonzalez Trilla, G., Pratolongo, P., Grings, F.M., Zoffoli, L. & Ferrazzoli, P. 2006. Multiscale–multisensor approach in studying wetlands of the Parana river Delta Region in Argentina. *European Space Agency (Special Publication) ESASP (SP–634)*.
- Overton, I.C. 2005. Modelling floodplain inundation on a regulated river: integrating GIS, remote sensing and hydrological models. *River Research and Applications* 21:991–1001.
- Posse, G., Oosterheld, M. & Di Bella, C.M. 2005. Landscape, soil and meteorological influences on canopy dynamics. *Applied Vegetation Science* 8: 49–56.
- Sanyal, J. & Lu, X.X. 2004. Application of remote sensing in Flood Management with spectral referente to Monsoon Asia: a review. *Natural Hazards* 33: 283:301.
- Switzerland by object–based methods: A case study WIT. *Transactions on Ecology and the Environment* 89:391–400.
- Toyra, J., Pietroniro, A., Martz, L.W. & Prowse, T.D. 2002. A multi–sensor approach to wetland Flood monitoring. *Hydrological Processes* 16: 1569–1581.

Estrategias de la Red UTEEDA-CYTED para contribuir al fortalecimiento del empleo de las tecnologías espaciales de observación de la tierra en la gestión de riesgo de desastres naturales en la agricultura

Ponvert-Delises Batista, Dámaso R.

Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”/ Autopista Nacional Km. 231/2 y Carretera a Tapaste / San José de Las Lajas, AP. 32700 / Provincia La Habana / Cuba

RESUMEN

La Red “UTEEDA” (Uso de las Tecnologías Espaciales para la Evaluación, Monitoreo y Manejo de Desastres Naturales en la Agricultura) del Programa CYTED, se planteó un grupo de estrategias para enfocar su trabajo durante los cuatro años de vigencia de la acción comenzada en enero de 2006. Dos de ellas tienen como factor común el fortalecimiento de capacidades de los actores en torno al empleo de las tecnologías satelitales de observación de la tierra en la gestión de riesgo de desastres. La primera, es la Estrategia de capacitación de recursos humanos, mientras que la segunda, es la Estrategia de investigación sobre el impacto de los desastres naturales en la Agricultura. La estrategia primera comenzó a materializarse a principio del 2007, estando basada en experiencias científicas y pedagógicas de instituciones relevantes a escala internacional. En el trabajo se plantean los objetivos, contenido, fundamentos y criterios pedagógicos de estos cursos, así como los diseños de los programas realizados. La segunda, contempla acciones de investigación sobre los daños provocados por distintos fenómenos desastrosos en la agricultura, apoyándose en el empleo de la tecnología satelital de observación de la tierra. En el trabajo se hace una caracterización de sus fundamentos, contenido y alcance, y del estado de su implementación actual. Como resultado de la misma, se espera desarrollar un paquete metodológico sobre el estudio y adaptación de metodologías existentes y definir un grupo de indicadores que permitan evaluar más objetivamente el impacto de estos fenómenos en la agricultura.

Palabras clave: Educación, Investigación, Tecnologías Espaciales, Desastres, Agricultura.

ABSTRACT

The Network "UTEEDA" (Use of the Spatial Technologies for Evaluating, Monitoring and Managing Natural Disasters in the Agriculture) belonging to the CYTED Programme, adopted a

group of strategies to focus his work during the four years of the action begun in January of 2006. Two of these strategies have as common factor the invigoration of the actors' capacities about the employment of the earth observation spatial technologies on disasters risk management. The first of them is the Strategy for capacity building of human resources and the second the Strategy for researching on the impact of the natural disasters in Agriculture. The first one began to be materialized to principle of the 2007, based on the scientific and pedagogic experiences of excellent institutions to international scale. In the paper be analyze about the objectives, content, foundations and pedagogic approaches of these courses, as well as the designs of the carried out programs. The second strategy contemplates investigation actions on the damages caused by different disastrous phenomenon in the agriculture, based on the employment of the earth observation satellite technology. Along the paper a characterization of the foundations of the same one is made, of its content and reach and of the state of its current implementation. As a result of the application of this strategy, it is hoped to develop a methodological package on the base of the study and adaptation of existent methodologies, as well as to define a group of indicators to evaluate the impact of these phenomenon more objectively in the agriculture.

Keywords: Education, Research, Spatial technologies, Disasters, Agriculture.

INTRODUCCIÓN

Cada día los ciudadanos, los especialistas, los científicos, los gobernantes, sin distinción de credo, o raza, somos más conscientes de que los desastres se incrementan en magnitud y frecuencia. Los medios de información nos proporcionan noticias a diario, de la ocurrencia de desastres en cualquier región del planeta tierra. Estas informaciones hablan del poder destructivo de los desastres, de las muertes ocurridas, de los hogares destruidos, de las personas dañadas o afectadas, de la infraestructura devastada,

de los recursos naturales degradados, etc. También se alude a los ingentes esfuerzos de la comunidad de naciones, de gobiernos nacionales, de organizaciones internacionales, de ONGs, de personalidades y de muchos ciudadanos de todo el mundo, por reducir estos impactos.

La Federación Internacional de Asociaciones de la Cruz Roja y la Media Luna Roja, confirman con abundantes datos e informaciones la tendencia creciente no solo en la frecuencia e intensidad de los desastres, sino también en las pérdidas económicas (IMD, 2007). Lo cierto es que, pese a estos esfuerzos y pese a cuantiosos recursos destinados a la reducción de los desastres, aún son insuficientes, a juzgar por los resultados desastrosos resultantes. Ante esta preocupante situación, organizaciones como la Estrategia Internacional de Reducción de Desastres (EIRD), la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (UNISPACE III) y otras organismos internacionales, han destacado la importancia de la educación de la población y de los diferentes actores que intervienen en los procesos de gestión de riesgo de desastres, así como la urgencia de investigación en temas cruciales para la humanidad como el impacto de los desastres en la agricultura.

Se considera que sin educación, los ciudadanos y los trabajadores en cualesquiera de las ramas de la economía y sectores de la sociedad y concretamente en el sector de la agricultura, así como los actores que intervienen en este proceso (productores, empresarios, especialistas, directivos a todos los niveles), no podrían enfrentar las tareas de reducción del riesgo de desastres de manera efectiva. Debido a estas carencias educativas, dichos actores, no estarían en condiciones de contribuir a minimizar los factores que conducen a condiciones de vulnerabilidad y por supuesto a situaciones de riesgo, al no están pertrechados de los conocimientos elementales que les permitan jugar este papel. De ahí la importancia y necesidad de establecer políticas educativas que tiendan a revertir este proceso de construcción inconsciente de vulnerabilidades, desde todas las trincheras posibles. Cuando la sociedad toda, entienda este proceso como una necesidad global, se estarán dando pasos verdaderos hacia la creación de una cultura de reducción de riesgos, desde la escuela primaria, hasta las universidades, pasando por las actividades independientes de las organizaciones gubernamentales o no gubernamentales, las organizaciones científicas y sociales, etc., en fin, todas.

De manera similar, muchos procesos sustantivos en el tema de la gestión de riesgo de desastres, requieren de investigaciones más sistemáticas. Entre ellas destacan, por solo citar algunas, los procesos para el mapeo rápido de las regiones afectadas por desastres con datos satelitales (Buehler y Kelleberger, 2007); la evaluación de los daños o impactos provocados por fenómenos naturales desastrosos con el empleo de imágenes satelitales

(Borgia, et. al, 2008); el escenario agrario como objeto del impacto de fenómenos desastrosos, entre otros.

Esos aspectos han sido poco abordados por la comunidad científica y académica internacional, ya que durante los años precedentes, la preocupación fundamental y en consecuencia las tareas de investigación se centraron en estudiar y estimar las pérdidas de vidas humanas y materiales en escenarios urbanos y en el medio ambiente en general, pero sin hacer énfasis en el escenario agrario.

Algunas organizaciones, plataformas mecanismos internacionales del sistema ONU, tales como la FAO, la EIRD y otras, como la CEPAL, han justipreciado el problema, ante la importancia del sector agropecuario para la seguridad alimentaria de los productores, familias, comunidades y naciones y dado el impacto económico tan grande sufrido por este sector ante el embate de fenómenos desastrosos intensos y recurrentes como huracanes y tormentas tropicales, los vientos y lluvias asociados a aquellos; las inundaciones, y otros tipos.

Estas organizaciones han manifestado la necesidad de abordar estas carencias científicas y tecnológicas, desde la óptica de la investigación, por la necesidad que existe de incorporar nuevos conocimientos en el procesamiento de datos provenientes de sensores remotos y en la derivación de indicadores más objetivos para evaluar el impacto de los desastres.

Precisamente, en este marco de acción, la Red UTEEDA (Uso de las Tecnologías Espaciales para la Evaluación, Monitoreo y Manejo de Desastres Naturales en la Agricultura) del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), ha elaborado y puesto en práctica "sus" estrategias de capacitación y de investigación, con el fin de aportar su granito de arena en esta inmensa tarea de crear cultura y educación, en los recursos humanos de su dominio, en materia de reducción de las condiciones de vulnerabilidad que dan origen a los riesgos de desastres y en buscar conocimiento nuevo, que permita mejorar la eficiencia y la eficacia de los procesos de evaluación rápida de los escenarios agrarios con el empleo de la tecnología satelital de observación de la tierra y otros datos geoespaciales.

ESTRATEGIA DE CAPACITACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN EL EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS ESPACIALES PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES NATURALES EN LA AGRICULTURA

Fundamentos, contenido y alcance de la estrategia

Esta estrategia abarca el diseño de los programas curriculares y la implementación de los cursos. Lógicamente los programas curriculares fueron diseñados tomando en cuenta un conjunto de fundamentos metodológicos y pedagógicos entre los cuales destacan:

Recomendaciones de UNISPACE-III

La Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (UNISPACE III), en particular por medio de su Declaración de Viena sobre el espacio y el desarrollo humano (ONU, 1999), recomendó que las actividades del Programa de las Naciones Unidas de aplicaciones de la tecnología espacial fomentaran la participación en régimen de colaboración entre los Estados Miembros en los planos regional e internacional, haciendo hincapié en promover los conocimientos y los recursos humanos en los países en desarrollo.

Recomendaciones de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD)

Dada la creciente preocupación por los efectos de los desastres, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el decenio 1990-1999 como Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN). A fin de continuar fomentando las actividades y el compromiso con la reducción de los desastres, en el año 2000 la Asamblea General de las Naciones Unidas estableció la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD) como sucesora del DIRDN. Ella ha procurado desplazar la atención desde las amenazas y sus consecuencias materiales a los procesos que involucren la incorporación de los aspectos físicos y socioeconómicos de la vulnerabilidad en la esfera más amplia del conocimiento, la evaluación y la gestión del riesgo de desastres. Esto destaca la incorporación del riesgo de desastres en el contexto más general del desarrollo sostenible y de las consideraciones ambientales conexas (Autores Varios-EIRD, 2002).

Con el apoyo de la secretaría de la EIRD, en el 2001, el Equipo de Tareas elaboró un marco de acción para poner en ejecución la estrategia, cuyos cuatro objetivos principales son los siguientes:

- aumentar los conocimientos de la población respecto del riesgo, la vulnerabilidad y la reducción de desastres;
 - fomentar el compromiso de las autoridades con todo lo relacionado a la reducción de desastres;
 - estimular la formación de asociaciones multidisciplinarias e intersectoriales, incluyendo la ampliación de las redes para la reducción del riesgo de desastres; y
 - mejorar los conocimientos científicos acerca de las causas de los desastres de origen natural, así como sobre los efectos de éstos y de los desastres tecnológicos y ambientales conexas en la sociedad.
- Tomando como base los objetivos primero y cuarto, la Red UTEEDA, ha diseñado su estrategia de capacitación, buscando fortalecer los conocimientos en cómo utilizar las tecnologías espaciales (teledetección, SIG, GPS, etc.) para hacer más efectiva la gestión de riesgo de desastres en la actividad agropecuaria

Aprovechamiento de la experiencia de instituciones internacionales relevantes.

Tomando en consideración las recomendaciones anteriores, se establecieron contactos con organizaciones líderes a nivel mundial en el uso de las tecnologías de geoinformación, para fomentar la creación de capacidades en los países integrantes de la red, a fin de gestionar mejor los casos de desastre, mitigar sus efectos y reducir la vulnerabilidad a ellos. Esta capacidad se debería crear abordando las prioridades y las preocupaciones nacionales concretas acerca de los desastres y centrando la labor en la aplicación en la vida real de la información y los conocimientos pertinentes sobre tecnología espacial.

Las organizaciones identificadas en este contexto fueron UNOSAT (Programa Operacional de Satélites de Naciones Unidas) y el ITC (Instituto Internacional de Ciencias de Geoinformación y Observación de la Tierra) de Holanda. La primera es una organización del sistema de Naciones Unidas que promueve el uso de imágenes de satélites para apoyar la gestión de desastres de todo tipo en todo el mundo sin ánimos de lucro, una vez que ha sido declarado una situación de desastre por las organizaciones competentes, procesándolas y poniéndolas a disposición de los usuarios en un tiempo relativamente corto. Por su parte en ITC es líder mundial en uso de geoinformación para la gestión de desastres y el manejo de recursos naturales. Ambas organizaciones acumulan una experiencia de primer nivel: UNOSAT en el orden científico y tecnológico; y el ITC, en el orden académico y científico, aspectos que las hacen pertinentes y relevantes a escala internacional. Estas fortalezas fueron evaluadas por la Red UTEEDA y como resultado se firmaron sendos acuerdos que tienen como eje central el aprovechamiento de sus experiencias para capacitar recursos humanos en los países objetivo. Con UNOSAT, la estrategia se basó en como usar las imágenes de satélites para la evaluación, monitoreo y manejo de desastres naturales en la agricultura y en este sentido fue elaborado por sus especialistas un programa para la capacitación (UNOSAT, 2006). Mientras que con el ITC, la estrategia consistió en elaborar una variante de programa de estudio sobre el uso de la geoinformación para la gestión de riesgo de desastres en la agricultura (ITC, 2006).

Estilo “Short Training Courses”

Los cursos diseñados se enmarcan en la filosofía de “short training courses”, lo que tiene la significación siguiente:

- Son cursos cortos de aproximadamente cuarenta horas (40 Hrs.)
- Se imparten a razón de 8 horas diarias de lunes a viernes (una semana).
- Se difunde gran contenido de información para orientar y promover el uso de las tecnologías.
- El ritmo de trabajo es intenso y orientado al educando sobre la base de salidas concretas a obtener.

- No son cursos para desarrollar la especialización en las tecnologías de geoinformación, sino para transmitir información relevante entorno al tema y prepararlos para ingresar a cursos más especializados y de mayor alcance.
- Se impregnan de un enfoque participativo.
- Trabajan varios profesores al unísono.
- Se trabaja con casos de estudio paradigmáticos.

Exigencias básicas a los cursistas

Ambos tipos de cursos están orientados a cursistas con un conocimiento precedente en geomática (Teledetección, SIG, Cartografía, GPS, etc.) aplicada a la gestión de desastres o al manejo de la agricultura (los recursos naturales y el medio ambiente). Esto es una condición básica, en la cual se sustenta la dosificación de los contenidos diseñados y el aprovechamiento del mismo.

Diseño de los programas curriculares

Sobre la base de las exigencias mencionadas, se abordó el diseño de los programas. Hasta el presente, se han diseñado tres tipos de cursos. El primero elaborado por profesores del ITC, el segundo, diseñado por especialistas de UNOSAT y el tercero, por profesores de universidades cubanas. A continuación se describen las características más sobresalientes de cada uno.

Programa del ITC

Este programa fue denominado “Geospatial Information on Disaster Risk Management for Agriculture and Natural Resource Management” (Mc.Call et. al., 2007). El mismo tuvo como presupuestos organizativos los siguientes: Curso corto de 40 horas, de lunes a viernes, en cuatro sesiones por día (dos por la mañana y dos por la tarde; cada día se destinaría un tiempo para debatir presentaciones seleccionadas relacionadas con los temas a tratar, a cargo de los participantes; la creación de grupos de discusión (técnica de trabajo en grupo); sesiones de preguntas y respuestas y experiencias al final de cada sesión. Las unidades temáticas consideradas, son las siguientes: Unidad 1: Introducción, Conceptos y Actores, que incluyen los temas: Introducción general al programa; Conceptos de Amenazas, Vulnerabilidades y Riesgos, preparación y el ciclo de riesgo de desastres; Instituciones y Agencias dedicadas a la Reducción de Riesgo de Desastres en el país específico. Unidad 2: Las Amenazas y la Geoinformación, que incluye los temas: Identificación de amenazas y su análisis en la agricultura y en manejo de los recursos naturales (MRN), Métodos de percepción remota (PR) y SIG para el análisis de amenazas en la agricultura y en el MRN y Ejercicios sobre las necesidades de información para el análisis de amenazas y sobre el uso de PR y SIG; Unidad 3: la Vulnerabilidad y la información espacial, que incluye los temas: La vulnerabilidad y el riesgo y las estrategias de actuación en la agricultura y el MRN; los métodos participativos y herramientas en el manejo de

desastres comunitarios; y ejercicios sobre colecta de información y análisis participativo (SIG participativo). Unidad 4: Riesgos y estimación de riesgos. Se incluyen los temas:

Evaluación del riesgo y estimación de pérdidas en la agricultura y el MRN; Definición de necesidades de información para el análisis de riesgo; Ejercicio de apoyo a decisiones (por ejemplo, evaluación espacial multicriterio para la evaluación del riesgo) y Visita de campo a una región agrícola o institución relacionada con el manejo de amenazas y riesgos en la agricultura o el MRN de nivel nacional o local. Unidad 5: Reducción del riesgo – Instituciones y Políticas. Se incluyen los temas: Niveles de decisión en la Reducción de Riesgo de Desastres (RRD), instituciones y marcos de trabajo en la agricultura y el MRN (haciendo hincapié en el país donde se desarrolla el curso), Definición de las necesidades de información para la RRD, expertos y autoridades la sociedad civil y la comunidad; Ejercicio de grupo: prioridades en investigación y desarrollo en RRD.

Los cursos desarrollados bajo este programa, incluyen la participación de profesores locales (del país), los que tienen como misión principal, el aportar los datos geoespaciales de las áreas pilotos donde se realizarán las prácticas, así como dirigir algunas actividades prácticas y participativas en determinadas unidades temáticas.

Programa del UNOSAT

Fue denominado como “Jornadas sobre Tecnologías Espaciales para la Gestión de Riesgo de Desastres Naturales en la Agricultura” (UNOSAT, 2007). El programa comprende cinco bloques temáticos, que son: I) Introducción al uso de imágenes satelitales en situaciones de desastres, abordándose los temas: la Carta Internacional del espacio y las Grandes Catástrofes; El Mercado de Observación de la Tierra y Las imágenes de satélites y sus dominios de uso; II) Los desastres y la agricultura, en el que se abordan temas del dominio de los desastres, su ciclo, tipología, características, su manejo, etc., y de su impacto en la agricultura; III) Uso de imágenes de satélites en el manejo de desastres en la agricultura, en los que se tocan temas como la estimación y mapeo de daños de desastres usando imágenes de satélites de distintos tipos: ASTER, MODIS, SAR, SPOT. También se trabaja el tema de cómo usar imágenes de satélites en el manejo de varias situaciones de desastres: sequía agrícola con datos de satélites de observación de la tierra y meteorológicos; inundaciones con datos similares, etc.; IV) Los SIG y la Teledetección en el manejo de desastres, abarcando temas relacionados con: Cartografía y SIG y el aporte de los SIG y la teledetección en el proyecto de cooperación descentralizada de Matagalpa–Nicaragua; y V) La información como apoyo a la gestión de desastres, en el cual se abordan los temas sobre el Acceso a la información como apoyo a la mitigación de desastres y las herramientas para compartir la información en

situaciones de crisis. Un rasgo importante en el diseño de este curso es la realización de seminarios orientados a discutir y analizar los métodos y experiencias de casos de estudios paradigmáticos.

Programa diseñado por profesores de universidades de Cuba

El programa desarrollado por profesores de universidades de Cuba, ha sido denominado "Geoinformación para la gestión de riesgo de desastres en la agricultura" (Ponvert et. al, 2007). El mismo intenta sintetizar las experiencias más relevantes de los programas precedentes diseñados por UNOSAT y el ITC. Para lograr esta síntesis, se toman las experiencias positivas de UNOSAT tales como: enfoque metodológico en el uso y tratamiento de imágenes de satélites para la gestión de situaciones de desastres en diferentes ámbitos; el tratamiento del tema sobre "El mercado de observación de la tierra". En cuanto a las experiencias positivas del ITC que fueron incluidas, destacan: el enfoque de trabajo en grupo, la inclusión de profesores locales en el apoyo a las clases prácticas y ejercicios en grupo; la experiencia en la utilización práctica (con ejercicios concretos) de geoinformación aplicada a la GRD, la utilización del software "ILWIS" por su característica de software libre y alta profesionalidad y funcionalidad; así como el enfoque para determinar las necesidades de geoinformación en los estudios de GRD.

Por otra parte, el programa, pretende superar aspectos deficientes señalados por los propios cursistas de los programas precedentes, entre las cuales destacan: la insuficiente orientación y aplicaciones al sector de la agricultura, el excesivo volumen de información que se maneja, entre otros.

Considerando las demandas anteriores, los temas fundamentales que se incluyen en este programa son los siguientes. Tema 1: Introducción a la teoría de gestión de riesgo, en el cual se brinda una panorámica de esta teoría mediante las conferencias: Desastres y Agricultura (para ubicar e introducir al cursista en los conceptos claves de estas dos áreas temáticas; la Amenaza, la Vulnerabilidad y la Capacidad, como elementos del riesgo; el Riesgo y la Gestión de Riesgo de Desastres (GRD); los Elementos en riesgo en el sector de la agricultura; y la Geoinformación para la gestión de riesgo de desastres. Tema 2: Uso de la Teledetección en la gestión de riesgo de desastres en la agricultura, el cual incluye los siguientes contenidos: el Mercado de Observación de la tierra, para poner de relieve los actores principales encargados de la obtención, distribución y utilización de los datos geoespaciales; los Software de procesamiento digital de imágenes (PDI), para tratar su características principales y los criterios de su selección y empleo en trabajos de GRD; los Criterios de la selección de imágenes para la Gestión de Riesgo de Desastres. Ambos temas incluyen ejercitación sobre: Visita a sitios Web con bases de datos sobre desastres y sobre agencias distribuidoras de datos geoespaciales para el apoyo a

la GRD; sobre identificación de amenazas, vulnerabilidades y riesgos en el país objetivo; sobre la determinación de elementos en riesgo en el sector de la agricultura; y sobre la identificación de requerimientos espaciales y fuentes de datos requeridos para la valoración de amenazas, vulnerabilidades y riesgos y sobre el uso del software ILWIS en la evaluación de territorios afectados por inundaciones. En el Tema 3: Uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la gestión de riesgo de desastres en la agricultura, se incluyen los contenidos siguientes: Los SIG en la evaluación de amenazas naturales; SIG participativo en la GRD; Software y aplicaciones SIG en la Web para la GRD, y los SIG en el análisis del riesgo de desastres en la agricultura. Además se incluye un grupo de ejercicios relacionados con: Familiarización con sitios Web relacionados con SIG y gestión de desastres; y finalmente el empleo del software ILWIS en el análisis de amenazas, vulnerabilidades y riesgos y otras aplicaciones en el manejo de desastres.

Implementación de los cursos. Experiencias

Hasta el presente han sido desarrollados nueve cursos cortos. Uno por la variante de UNOSAT, cuatro por la variante del ITC y cuatro por la variante de Cuba.

La variante de UNOSAT se convocó mediante el mecanismo de Jornadas Iberoamericanas del Programa CYTED y se efectuó en septiembre de 2007 en el Centro de Formación de la AECl en Cartagena de Indias, Colombia. El mismo tuvo una matrícula de cerca de 40 cursistas provenientes de numerosos países de América Latina y las experiencias más notables resultaron:

Como aspecto positivo se señala la participación como profesores invitados, de un grupo de profesionales de seis países de la Red los cuales llevaron casos de estudio desarrollados en sus países usando las tecnologías espaciales para presentarlos en los talleres y seminarios. Lo anterior propicio un intercambio de experiencias rico y una amplia discusión de los participantes quienes aprovecharon la ocasión para opinar sobre las metodologías empleadas por los seminaristas y para presentar casos similares desarrollados en sus respectivos países.

Como insuficiencias principales a superar destacan: el contenido voluminoso de algunas secciones del curso, lo que exige una dosificación más acertada; la no contemplación de clases prácticas para el trabajo con la Internet; y la necesidad de perfilar mejor algunos contenidos que, si bien resultan novedosos requieren de una mejor conceptualización.

Los cursos del ITC se impartieron en cuatro países por profesores de esa institución: La Habana, Cuba; México D.F., México; Santiago de Chile, Chile y Buenos Aires, Argentina. En total se matricularon un total de 130 alumnos provenientes de los sectores académicos, centros de investigación, empresas y ONGs, que trabajan los temas afines a la aplicación de las tecnologías espaciales aplicadas a la gestión

de desastres naturales en la agricultura y el medio ambiente.

En general el nivel de los cursos a juzgar por encuestas realizadas al culminar los mismos fue muy alto, destacándose la calidad de las conferencias impartidas por los profesores provenientes de esa institución; la actualidad y novedad de los contenidos, el enfoque participativo en las clases teóricas y las prácticas de SIG participativo en campo.

Como insuficiencias, destacadas por la misma vía, caben señalarse: el enfoque insuficiente hacia las aplicaciones en agricultura, así como el poco tiempo destinado al análisis multicriterio con apoyo de SIG.

Por último, los cursos por la variante cubana, han tratado de sintetizar las experiencias positivas de los diseños precedentes. Hasta el presente se han dictado cuatro cursos, el primero en marzo de 2008 en Perú, el segundo en Septiembre del propio año en España, el tercero en Noviembre en Nicaragua y el cuarto nuevamente en Perú en el 2009. En total se han capacitado unos 120 actores de estos países. Cabe destacar como aspectos positivos, el tener una mejor dosificación de los contenidos, el énfasis en el trabajo de grupo y en la teoría de gestión de riesgo de desastres, y la vinculación de las temáticas de gestión de riesgo con la agricultura. Sin embargo, aún se precisa superar algunas deficiencias, como la necesidad de preparar casos de estudio con datos geoespaciales de los territorios de los países donde se vayan a desarrollar los mismos, así como una mejor vinculación con los profesores ayudantes de dichos lugares.

ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN SOBRE LOS DAÑOS CAUSADOS POR FENÓMENOS DESASTROSOS A LA AGRICULTURA CON EL EMPLEO DE IMÁGENES DE SATÉLITES.

Fundamentos de la estrategia

La necesidad de implementar una estrategia de investigación en este particular, radica en el hecho de que existen muy pocos estudios y metodologías enfocadas a la evaluación del impacto de los desastres en la agricultura con el empleo de las tecnologías espaciales de observación de la tierra.

Esto obedece a que durante mucho tiempo la comunidad científica y académica dedicó sus esfuerzos sobre todo a priorizar el estudio del impacto de los desastres en los asentamientos humanos como consecuencia de las numerosas pérdidas en vidas humanas y por la destrucción masiva de edificaciones e instalaciones de producción y servicios, que como era lógico, provocaba la

disrupción de las sociedades y un considerable impacto socioeconómico adverso. También se dedicó muchos esfuerzos a estudiar el impacto al medioambiente en general por las grandes afectaciones sufridas por éste, que a la larga, provocaban impactos indirectos considerables a las sociedades. Sin embargo, la agricultura en particular, no ha sido objeto de estudios sistemáticos en esta dirección, por lo que ha quedado un tanto relegado como objeto de investigación.

Entre las metodologías más relevantes orientadas al estudio del impacto de los desastres en la agricultura, destaca la metodología elaborada por especialistas de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (Banco Mundial), publicada en el Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres (CEPAL, 2003), la cual sentó las bases para los estudios de impacto en varios sectores de las sociedades, entre ellas el sector agropecuario. Esta metodología se centra fundamentalmente en la evaluación de los efectos económicos, sociales y ambientales de los desastres, que se clasifican en daños directos e indirectos, y en efectos macroeconómicos y globales, y además, no aborda el empleo de la tecnología espacial de observación de la tierra, como herramienta clave para el estudio de los impactos provocados desde una perspectiva espacial.

No es hasta hace muy poco tiempo, en que aparece el primer intento serio de estudiar el impacto de fenómenos naturales en la agricultura, cuando expertos de la FAO, publican la metodología RADAR (Radar Assessment Disasters Agricultura Routine) (Borgia, et. al., 2008), la cual constituye un referente metodológico para realizar evaluaciones rápidas en el sector agrario sobre una base conceptual susceptible de aplicar a disímiles tipos de fenómenos desastrosos. No obstante, aunque se reconoce la factibilidad y utilidad del empleo de imágenes satelitales para fortalecer la evaluación del impacto, aún no hay –como es lógico por demás–, una demostración evidente de sus potencialidades para estos estudios, aunque a nuestro entender, si quedan enunciados las condiciones y momentos en que las mismas pudieran ser empleadas.

De ahí que como una iniciativa, la Red UTEEDA–CYTED, se propuso abordar con interés el empleo de la tecnología satelital de observación de la tierra para la evaluación del impacto de disímiles fenómenos naturales desastrosos en el escenario agrario en particular, mediante la presente estrategia.

Contenido y alcance de la estrategia

La estrategia comprende las acciones siguientes:

- a) Definición de los tipos de desastres naturales a considerar y formación de los grupos de investigación.
- b) Recopilación de los estudios y metodologías relevantes existentes a escala internacional; y estudio y discusión de las mismas.
- c) Desarrollo de las líneas de investigación en cada grupo de trabajo.

Como resultado de la primera acción, se definieron nueve líneas de investigación, cada una abarcando un tipo de fenómeno natural específico, las que serían atendidas y desarrolladas por grupos de investigadores de una o varias instituciones con fortalezas en la temática. De esta manera, se definieron las líneas siguientes:

- a.1 Línea de investigación para la evaluación del impacto de la sequía agrícola en la agricultura con información geoespacial.
- a.2 Línea de investigación para la evaluación del impacto los incendios en la vegetación y los bosques con imágenes satelitales;
- a.3 Línea de investigación para la evaluación del impacto de las inundaciones costeras en la agricultura con imágenes satelitales;
- a.4 Línea de investigación para la evaluación del impacto de la desertificación en la agricultura, con el empleo de herramientas de teledetección y SIG.
- a.5 Línea de investigación para la evaluación del impacto de las inundaciones terrestres en la agricultura con información geoespacial;
- a.6 Línea de investigación para la evaluación del impacto de la salinización del suelo en la agricultura con imágenes satelitales;
- a.7 Línea de investigación para la evaluación del impacto de la erosión hídrica en la agricultura con información geoespacial;
- a.8 Línea de investigación para la evaluación del impacto de los vientos y la lluvia asociados a eventos hidrometeorológicos extremos en la agricultura con imágenes satelitales;
- a.9 Línea de investigación para la evaluación del impacto de la intrusión salina en acuíferos a la agricultura con información geoespacial

Entre la literatura relevante recopilada destaca, la metodología RADAR – FAO, (Borgia, et. al., 2008), informes de proyectos y estudios realizados por expertos FAO sobre el tema (Tema 6 Programa Provisional, 2001), la Metodología de la CEPAL (CEPAL, 2003), Informes de Proyectos realizados por expertos en Geoinformación del ITC – Holanda (Proyecto UNESCO–RAPCA; UNU–ITC School for Disaster Geo–Information Management (DGIM); El impacto económico de los desastres (La RED, 2001), y otros materiales sobre el empleo de la percepción remota en la gestión de riesgo de desastres (Li, et. al., 2007; Chuvieco, 2006; Pérez y Muñoz, 2006; Towers y Martín, 2002).

Se organizaron una serie de talleres de discusión científica con la participación de los investigadores de

los grupos de trabajo, a los cuales fueron invitados expertos externos, en los cuales se discutió y analizó los aspectos conceptuales relevantes de las metodologías acopiadas con el fin de homogeneizar los aspectos metodológicos y adoptar un enfoque común.

De esta manera, a partir de julio de 2008 se crearon las condiciones mínimas para que cada grupo comenzara su accionar, basado en dos tareas fundamentales:

- 1) Trabajar en una propuesta metodológica para la evaluación de los daños a la agricultura por tipo de fenómeno natural específico con el empleo de información satelital y/o geoespacial; y
- 2) Derivar un grupo de indicadores para facilitar la evaluación del impacto, a la agricultura de cada línea de investigación.

Implementación de la estrategia y estado actual

En los momentos actuales, la mayoría de los grupos trabajan en el diseño de metodologías apropiadas que tengan como base conceptual fundamental los criterios y propuestas por la metodología RADAR–FAO, complementándolas con elementos conceptuales propios de la Geoinformación y experiencias extraídas de la práctica cotidiana del empleo de las tecnologías geoespaciales (Teledetección, SIG, GPS,) en el manejo de desastres naturales y de los recursos naturales.

Un aspecto de singular importancia ha sido el análisis y adecuación del modelo de análisis planteado por la metodología RADAR por lo cual los grupos de investigación emprendieron la personalización de las fases o etapas que conforman el diagrama de flujo para la evaluación de un desastre propuesto por dicha metodología y representado en la Figura 1.

Este proceso deberá conducir a definir en qué medida el modelo conceptual es aplicable a cada tipo de fenómeno natural estudiado. Esto es importante, porque la filosofía RADAR puede ser más aplicable a algunos eventos que a otros, partiendo de sus características particulares, a saber, su duración, su desarrollo, sus parámetros, etc., siendo necesario definir en qué medida las etapas del modelo son aplicables a cada tipo de fenómeno natural y en que manera es posible el empleo de la información satelital.

De esta manera los grupos han analizado el modelo físico que es factible utilizar para estimar la magnitud del evento y además, cómo y cuando utilizar las imágenes satelitales para tal determinación.

Igualmente, han definido la forma en que se puede evaluar la intensidad del evento (expresada por el grado de degradación del ambiente) y cómo convertir los valores de magnitud a intensidad a partir de una escala de conversión apropiada.

Por ejemplo un evento de salinización del suelo, no es un evento abrupto y de rápido desenlace como pudiera ser un huracán. Se trata de un evento lento y progresivo, en el cual no es fácil establecer el momento de inicio y conclusión. Esto apuntó a

introducir variantes en el análisis del modelo. Igualmente, la magnitud de un evento de esta naturaleza, exige de un determinado modelo físico para la medición de la conductividad eléctrica en determinados puntos de coordenadas geográficas conocidas con precisión en el área de interés, que

sería la base para la correlación con los valores de reflectancia en la imagen satelital con vista a la representación cartográfica de la extensión de la magnitud.

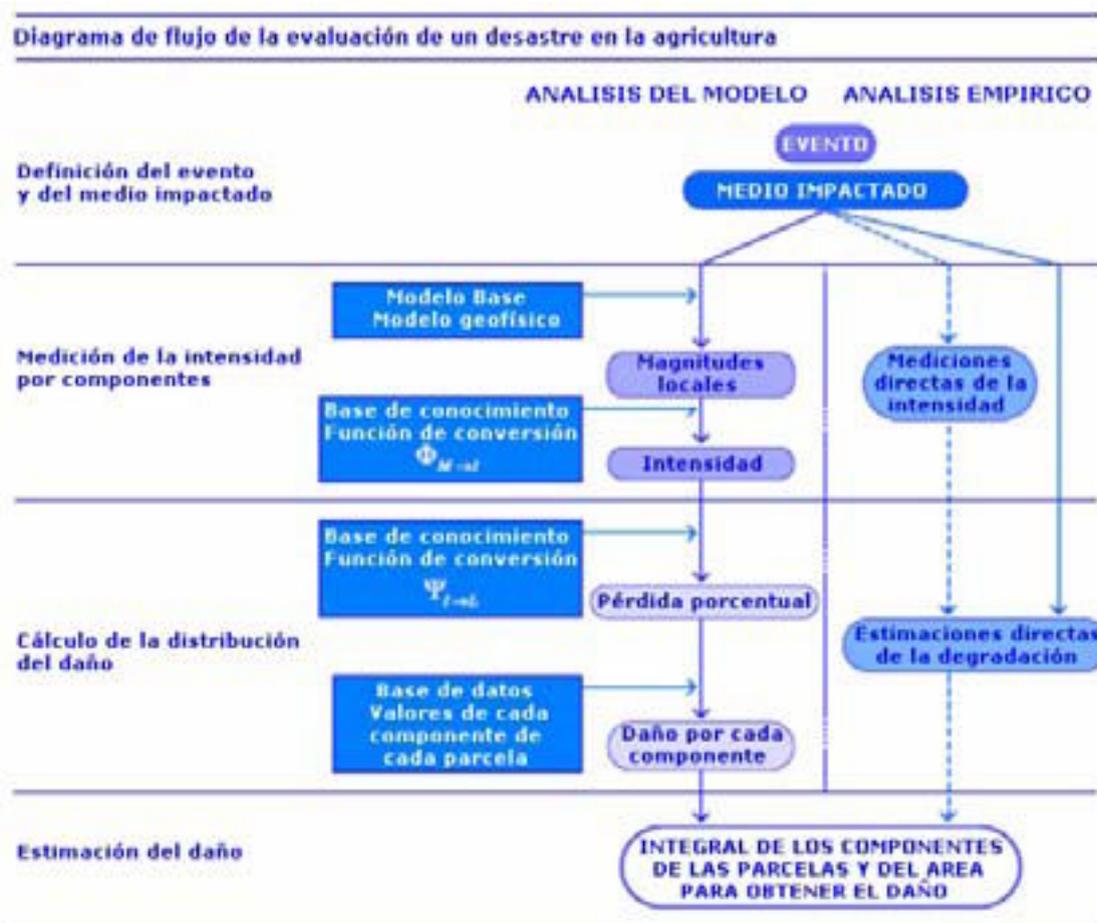


Figura 1: Diagrama de flujo para la evaluación de un desastre en la agricultura según la metodología RADARFAO (Adaptado de Borgia, et. al., 2008)

Actualmente, la mayoría de los grupos se encuentra en vías de proceder al cálculo de la distribución del daño a escala de parcela. Para ello es necesario disponer de la cartografía de los elementos bajo riesgo del área de estudio a la escala requerida. Normalmente para estos estudios, se requiere de una cartografía detallada como la que puede ofrecer un mapa catastral.

Resultados esperados

Los resultados que se esperan al concluir esta investigación se resumen en los siguientes.

a) Un paquete metodológico para la evaluación del daño provocado por distintos tipos de fenómenos

naturales a la agricultura, con la utilización de información satelital de observación de la tierra y/o geoespacial; y

b) Un sistema de indicadores para evaluar el daño de manera más objetiva, apoyada en la utilización de imágenes satelitales.

Si embargo, consideramos que aún son incipientes los resultados alcanzados y que será necesario potenciar estas investigaciones mediante estrategias de colaboración e integración de experiencias y conocimientos sobre el tema por parte de las instituciones y organizaciones con intereses en el tema.

CONCLUSIONES

1. Como resultado de la aplicación de la estrategia de capacitación por la Red UTEEDA-CYTED, se han capacitado unos 350 actores de diferentes países de Iberoamérica, fortaleciéndose sus capacidades para la gestión de riesgo de desastres en la agricultura con el empleo de información satelital.

2. A pesar del resultado anterior, deberían incrementarse los esfuerzos entre instituciones académicas y de investigación y mecanismos internacionales y plataformas del sistema ONU para desarrollar a un nivel más alto acciones de capacitación mediante cursos cortos utilizando la masa crítica de expertos y profesores que han acumulado experiencia en este sentido.

3. Es necesario continuar las investigaciones para perfeccionar el procedimiento para la cartografía rápida de áreas agrícolas impactadas por disímiles

tipos de desastres naturales con información satelital.

4. Se considera que es necesario continuar trabajando e investigando arduamente en torno a la evaluación de los daños de desastres en la agricultura. Lo que estamos haciendo hoy es solo el inicio de un proceso que requiere profundizar en la evaluación de la intensidad del daño y su extrapolación a escalas de degradación factibles de representación cartográfica con imágenes de satélites y Sistemas de Información Geográfica.

5. Sería conveniente la adopción de estrategias de colaboración con instituciones como FAO y UN-SPIDER para desarrollar proyectos pilotos conjuntos que permitan integrar experiencias y conocimientos en torno al tema y faciliten la generalización de los resultados a otros ámbitos científicos y académicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Autores Varios-EIRD, 2002, Vivir con el riesgo: Informe Mundial sobre Iniciativas para la reducción del Riesgo de Desastres, Cap. 1. Vivir con el riesgo: Énfasis en la reducción del riesgo de desastres, ONU.
- Borgia, A., R. Gomme, M. Bernardi, H. Kanamuru, 2008, Rapid Agricultural Disaster Assessment Routine (RADAR), Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 84 pp.
- Cardona, O. y Equipo de colaboradores, 2001, El impacto económico de los Desastres: Esfuerzos de medición existentes y propuesta alternativa, La RED, Santo Domingo. 37 pp.
- Informe sobre el Tema 6 Programa Provisional FAO, 2001, reducción de la vulnerabilidad agrícola a las catástrofes relacionadas con las tormentas, 16 Período de Sesiones, Roma, Italia.
- Informe 05-11-36 CEPAL, 2005, El impacto de los desastres naturales en el desarrollo: Documento metodológico base para estudios nacionales de caso, CEPAL, México. 56 pp.
- IMD, 2007, Informe Mundial sobre Desastres: abordar la discriminación en casos de desastres, Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna Roja, XX/07.
- ITC, 2006, Estrategia de capacitación/Formación entre el ITC y la Red UTEEDA-CYTED, Documento único (inédito) elaborado en el marco de la colaboración inter-institucional, Enschede, Holanda.
- Li, J., S. Zlatanova, and A. Fabbri, 2007, Geomatics Solutions for Disaster Management. Lecture notes in Geoinformation and Cartography (LNG&C); Springer, Berlin. 443 pp.
- Manual CEPAL, 2003, Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres, Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe y el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento.
- Mc Call, M. D. Ponvert, C. van Western, 2007, Draft Proposal for Short Course (40 hrs.) on: Geospatial Information in Disaster Risk Management for Agriculture and Natural Resource management. Inédito, Enschede, The Netherlands.
- ONU, 1999, Informe de la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, (publicación de las Naciones Unidas, N° de venta S.00.I.3), cap. I, resolución 1, Viena, Austria.

ONU, 2003, Informe sobre el Curso Práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre aplicaciones de la teleobservación y educación A/AC.105/809, Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, Damascus, Siria.

ONU, 2003, Informe del Curso Práctico Naciones Unidas/Federación Astronáutica Internacional sobre fomento de la capacidad en materia de tecnología espacial, en beneficio de los países en desarrollo, con especial hincapié en la gestión de desastres naturales A/AC.105/834, Vancouver, Canadá.

ONU, 2004, Informe sobre el 14º Curso Internacional de las Naciones Unidas y Suecia sobre Capacitación de Educadores para la Enseñanza de la Teleobservación, A/AC.105/830, Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, Estocolmo y Kiruna, Suecia.

ONU, 2004, Curso práctico regional Naciones Unidas/Pakistán sobre la vigilancia y la protección del medio ambiente natural: necesidades en materia de educación y experiencias obtenidas en los cursos de capacitación Naciones Unidas/Suecia sobre formación en teleobservación para educadores, A/AC.105/831, Islamabad, Pakistán.

Pérez, C. y A. L. Muñoz, 2006, Teledetección, Nociones y Aplicaciones. Depósito Legal AV-98-06, Primera Edición, Ávila, España. 399 pp.

Ponvert-Delisle, D. R, M. Vega, W. Rodríguez, A. Lau y C. Balmaceda, 2007, Programa Analítico del curso "Geoinformación para la gestión de Riesgo de Desastres en la Agricultura. Inédito. Universidad Agraria de La Habana, Cuba.

Towers, P. y A. F. von Martini, 2002, Conceptos iniciales sobre teledetección y sus aplicaciones al Agro, Primera Edición, Buenos Aires, Argentina. 142 pp.

UNOSAT, 2006, Estrategia de capacitación/Formación entre UNOSAT y la Red UTEEDA-CYTED, Documento único (inédito) elaborado en el marco de la colaboración interinstitucional, Ginebra, Suiza.

UNOSAT, 2007, Versión 1.0, Jornadas Iberoamericanas sobre Tecnologías Espaciales en la Gestión de Riesgos de Desastres Naturales en la Agricultura, Programa de los cursos enseñados por UNOSAT, Ginebra, Suiza.

Cartografía digital aplicada a estudios geoquímicos ambientales de suelos agrícolas en la localidad de Villa Nueva, Dto. Calingasta - Provincia de San Juan - Argentina

Arroqui Langer^a, Agustín; Cardús^a, Adriana y Nozica, Graciela^b

a - Instituto de Investigaciones Mineras, Facultad de Ingeniería - UN San Juan

b - Instituto Regional de planificación y hábitat - Facultad de Arquitectura - UN San Juan

RESUMEN

En los suelos de Villa Nueva se ha detectado la presencia de elementos potencialmente tóxicos (As, Cu, Cd, etc.) con valores que exceden el límite establecido por la UGAN para suelos destinados a uso agrícola. En este trabajo, mediante la interpretación visual de imágenes satelitales de alta resolución, se realiza un mapa de las distintas unidades geomorfológicas que intervienen en el aporte de sedimentos para la formación de suelos.

Con la técnica de clasificación digital supervisada, aplicada en un área piloto, se obtiene un mapa de los usos del suelo. La cartografía obtenida es una herramienta necesaria para la planificación de nuevos muestreos e interpretación de resultados químicos.

Palabras clave: Geomorfología - Suelos - Áreas de proveniencia - Uso del suelo

ABSTRACT

In the soils, of agricultural use, of Villa Nueva, Calingasta Department, San Juan Province Argentina, was determined the presence of potentially toxic elements (As, Cu, Cd, etc.). In this paper is described a map with the different geomorphologic units responsible of the soil genesis, based in high resolution images. At the same time a land use map is carried out applying a supervised digital classification. The obtained maps are useful for the new soil sampling tasks planning and for the interpretation of the chemical results.

Keywords: Geomorphology - Soil - Environment - Land use

INTRODUCCIÓN

La localidad de Villa Nueva basa su desarrollo

económico en la actividad agrícola con el cultivo de frutales como nogales, manzanos, membrillos, entre otros y forestal con la implantación de álamos destinados a la producción maderera. En los suelos de esta localidad se han detectado valores anómalos de elementos potencialmente tóxicos como As, Cd, Ba, Cu (Arroqui Langer, 2001). Los mismos no revisten una alarma en tanto estos elementos no sean biodisponibles (capacidad de un organismo para incorporar a su estructura elementos químicos). Los suelos de Villa Nueva son de tipo esqueléticos y su génesis se encuentra relacionada principalmente a los sedimentos de origen fluvial del Río Castaño y subordinadamente a distintas unidades geomorfológicas de la Precordillera Occidental, y Cordillera Frontal. (Lámina 1)

El conocer las características químicas de los sedimentos de las distintas fuentes de aporte al área del valle de Villa Nueva, así como las zonas de influencia de estas en el valle, es de vital importancia para entender espacialmente la distribución de los elementos tóxicos potenciales. En función de esta necesidad y la de planificar nuevas tareas de muestreo estratégico en las unidades de suelo y en los sedimentos de las áreas de aporte, se lleva a cabo un análisis visual de imágenes satelitales con el objeto de realizar un mapa de las unidades geomorfológicas intervinientes. Al mismo tiempo se selecciona un área como sitio de entrenamiento o área piloto para la aplicación de la técnica de clasificación digital supervisada, como herramienta para la generación de un mapa de usos del suelo.

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende la localidad de Villa Nueva, que se localiza en las márgenes del Río Castaño, aproximadamente a 37 Km. al Norte de Villa Calingasta, Dto. Calingasta - Provincia de San Juan, a 4,5 Km. aguas abajo de las antiguas explotaciones mineras Castaño Nuevo (Au y Ag) y a 22 Km. de Castaño Viejo (Ag, Pb, Zn). (Lámina 1)

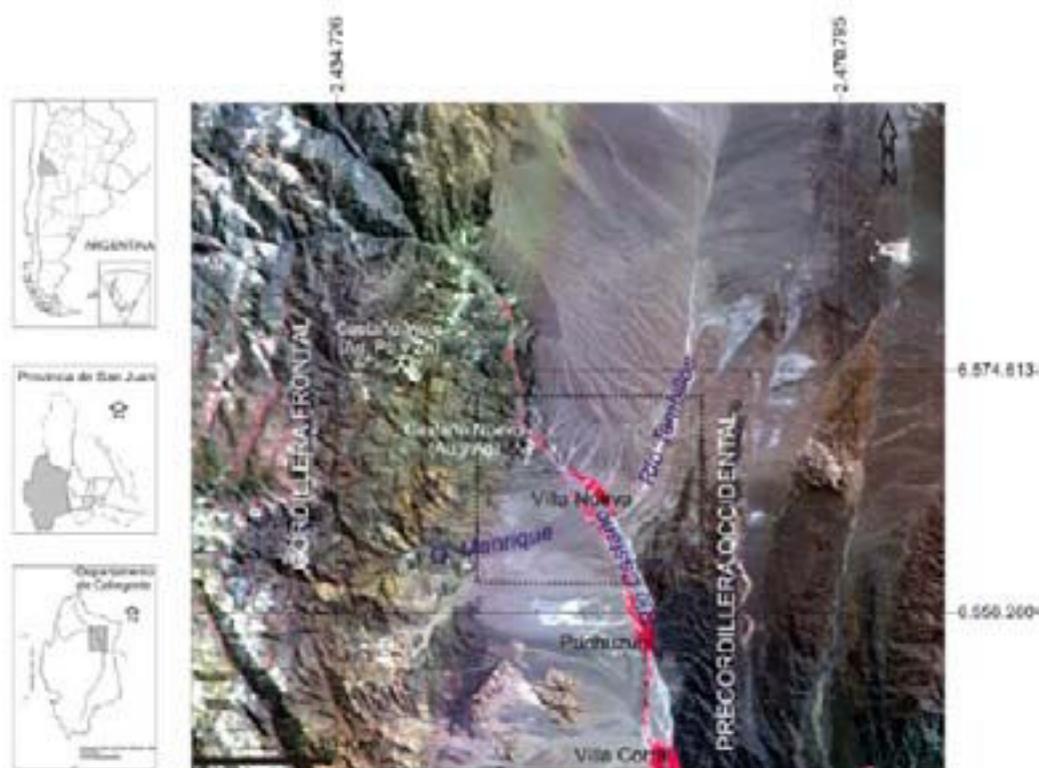


Lámina 1. Localización del área de estudio

DESARROLLO DEL TRABAJO

La cartografía presentada en este trabajo se ha realizado conforme lo siguiente:

- Mapa de unidades geomorfológicas intervinientes en la formación de suelos: El análisis visual de imágenes HRC de alta resolución (2,7 metros) del satélite CBERS-2B Chino- Brasileño e imágenes Google Earth han permitido observar los rasgos del terreno como canales de escurrimientos, lentes sedimentarios, que denotan la dirección de los flujos sedimentarios aún en sitios bajo cultivos donde rasgos relícticos pueden observarse en las imágenes de alta resolución. Mediante el análisis detallado de los distintos sectores de suelo del valle se ha podido realizar un mapa geomorfológico de las unidades intervinientes en la formación de suelos del área. Tomando en cuenta que las distintas áreas de aporte están caracterizadas por distintos tipos de rocas y minerales, es posible predecir las características químicas de los suelos formados por estos sedimentos y las áreas de dispersión de los mismos en base al mapa obtenido.

- Mapa de usos del suelo en el sitio de entrenamiento: En el análisis digital se utilizaron imágenes del satélite CBERS-2B con el sensor CCD, que posee una resolución espacial de 20 metros y brinda información en 5 bandas: las tres bandas del espectro visible, Banda 1 (0,45-0,52), Banda 2 (0,52-0,59) y Banda 3

(0,63 - 0,69 μm), una banda en el Infrarrojo cercano Banda 4 (0,77 - 0,89 μm), y por último una banda pancromática Banda 5 (0,51 - 0,73 μm).

Se utilizó una imagen compuesta, bandas 234 (Lámina 3 / Figura 4), para la digitalización de training fields.

Éstos se entienden como las zonas de las que se dispone de información a priori, en base a los relevamientos de campaña realizados, de cada uno de los usos del suelo que se definen como categorías. Cada uno de los polígonos digitalizados se compone de un conjunto de píxeles, los que se suponen representativos de las diferentes categorías que se pretende identificar. En el área piloto se identificaron 6 categorías: álamos (1), nogales y membrillos (2), frutales (3), inculto (4), piedemonte (5) y cursos de agua (6).

En una segunda etapa se generaron las firmas espectrales para cada una de las categorías identificadas y para las cinco bandas, y se utilizó la media para comparar las firmas espectrales. (Gráfico 1)

Por último, la etapa de clasificación propiamente dicha consiste en el empleo de clasificadores que comparan el valor de reflectancia de cada uno de los píxeles incógnitas de la imagen con las categorías definidas previamente, asignándolo a aquella que posea una firma espectral similar, a través de diversos procedimientos según sea el tipo de

clasificador utilizado. "La clasificación digital supervisada consiste en dividir el conjunto de píxeles que componen la imagen en clases temáticas previamente definidas". (Chuvieco, 1990) La técnica de clasificación digital supervisada se aplicó mediante tres clasificadores que corresponden al software Idrisi Kilimanjaro: Mindist, Maxlike y Fisher. El primero se basa en la mínima distancia y calcula la distancia de los valores de reflectancia de cada píxel incógnita a la firma espectral de las distintas categorías, asignando el píxel a la categoría más cercana a la media; mientras que los dos últimos trabajan con métodos estadísticos asignando a cada categoría una probabilidad. En el método de máxima probabilidad (Maxlike), cada una de las categorías se describe por una función de probabilidad y luego calcula la probabilidad de que un píxel pertenezca a una categoría, asignando el píxel a aquella que maximice la función de probabilidad.

(Chuvieco, 1990). La función discriminante de Fisher es un análisis estadístico multivariante que permite identificar aquellas variables que discriminan entre dos o más grupos definidos con anterioridad. Se parte de una muestra de N sujetos en los que se ha medido p variables cuantitativas independientes, que son las que se utilizarán para tomar la decisión en cuanto al grupo en el que se clasifica cada sujeto.

RESULTADOS

En base a la imagen satelital CBERS-2B de alta resolución se realizó una interpretación visual del área de estudio y zona de influencia para determinar las áreas de aporte de sedimentos en la formación de los suelos en la localidad de Villa Nueva.

En la Lámina 2 / Figura 1 se distinguen 7 unidades geomorfológicas, estas son: 1- Niveles antiguos y modernos de abanico aluvial originados por la Quebrada Manrique, cuyos aportes descienden de la Cordillera Frontal ubicada al oeste del área de estudio; 2- Cauce actual con agua y llanura de inundación del Río Castaño, con niveles de terrazas; 3- Cauce actual y abanico aluvial del Río Tambillos, curso de agua temporario cuyos aportes provienen de los Llanos de Tocota; 4- Niveles antiguos de abanico

aluvial ubicados al norte del área de estudio.

Las tres unidades restantes corresponden a afloramientos rocosos de 5- Cordillera Frontal y 7- Precordillera Occidental, además de un sector con drenajes de abanico aluvial antiguo que descienden desde la Precordillera, al este del área de estudio -6.

Como resultado del análisis de imagen satelital se generó un mapa de las principales unidades geomorfológicas que intervienen en la formación de los suelos. En él es posible observar que las cuatro primeras unidades forman parte del área que en la actualidad se encuentra cultivada o parcelada. (Lámina 2 / Figura 2)

La disponibilidad de imágenes de alta resolución permitió realizar un análisis de detalle, mediante la selección de algunos sectores clave para determinar el límite entre las diferentes unidades mencionadas, considerando la dirección de los drenajes que se pueden observar en las imágenes ampliadas de la (Lámina 2 / Figura 3).

En la imagen de detalle A se observa que los materiales provenientes de la Qda. Manrique formaron un extenso abanico aluvial, y aún es posible identificar en suelos cultivados la dirección del escurrimiento.

La imagen CBERS actual en detalle del sector B corresponde a un nivel de terraza fluvial que en la actualidad se encuentra cultivada (B'), por lo que se destaca la importancia de contar con imágenes de fechas anteriores, como imagen de Google Earth, la que permitió asignar ese sector al área del Río Castaño según el sentido del escurrimiento y los materiales constituyentes. El límite entre las unidades 2 y 4 es transicional, ya que el sector norte de Villa Nueva ha sido objeto de una intensa explotación agrícola lo que dificulta la identificación de los rasgos naturales del terreno.

En C es posible trazar un límite preciso entre las unidades 1 y 2, ya que en ésta última el cultivo de álamos no es muy denso y permite identificar la dirección del escurrimiento correspondiente al Río Castaño.

Las imágenes ampliadas D y D' muestran el abanico aluvial formado por el Río Tambillos en la confluencia con el Río Castaño, el cual originó una acumulación de sedimentos de gran potencia, con barrancos de

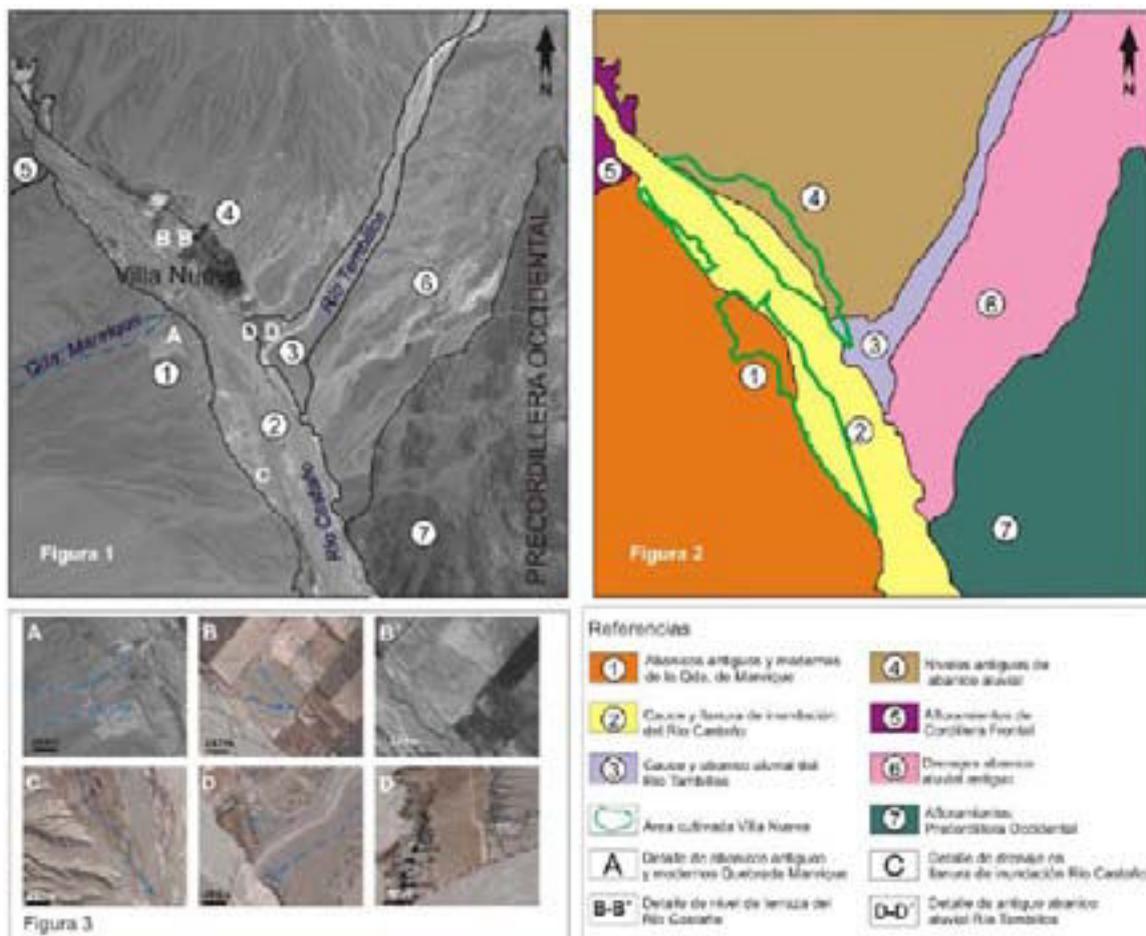


Lámina 2.: Figuras 1, 2 y 3. Zonificación de áreas de aporte en suelos agrícolas.

La técnica de clasificación digital supervisada se utilizó en este trabajo para discriminar los distintos tipos de cultivos y los suelos incultos y áreas naturales, en función de las características espectrales de cada tipo de cubierta. El producto final es un mapa digital de usos del suelo en un área piloto de Villa Nueva.

Para realizar la clasificación digital supervisada se trabajó con tres clasificadores disponibles en el soft Idrisi Kilimanjaro: Mindist (Lámina 3 / Figura 5), Maxlike (Lámina 3 / Figura 6) y Fisher (Lámina 3 / Figura 7).

Los tres clasificadores mencionados permiten realizar una zonificación de las unidades de terreno definidas a priori con buenos resultados. En general, se puede diferenciar entre las categorías que corresponden a parcelas con diferentes tipos de cultivos (álamos, frutales, nogales y membrillos), de las zonas naturales (piedemonte y cursos de agua).

Para discriminar entre las categorías 2 (nogales y

membrillos) y 3 (frutales) se observa cierta dificultad en los tres clasificadores utilizados, debido a que presentan firmas espectrales casi superpuestas (Gráfico 1), con valores de ND similares por tratarse de frutales en general. No obstante, permite delimitar en general la extensión de este tipo de cultivos.

La firma espectral de la categoría 1 (álamos) presenta la misma forma que los otros cultivos, con un pico relativo en la banda 4 (Gráfico 1), pero sus valores de ND son menores debido a que se trata de álamos de gran altura y con un grado de cobertura del suelo elevado, lo cual disminuye notablemente la incidencia de la reflectividad del suelo en los valores de ND. Esto brinda la posibilidad de realizar una discriminación con las demás categorías sin dificultad para ninguno de los clasificadores. No obstante, el clasificador Maxlike dio como resultado una discriminación en detalle de esta categoría, definiendo con exactitud las parcelas con cultivos de álamos y las cortinas de álamos que limitan parcelas con otros cultivos.

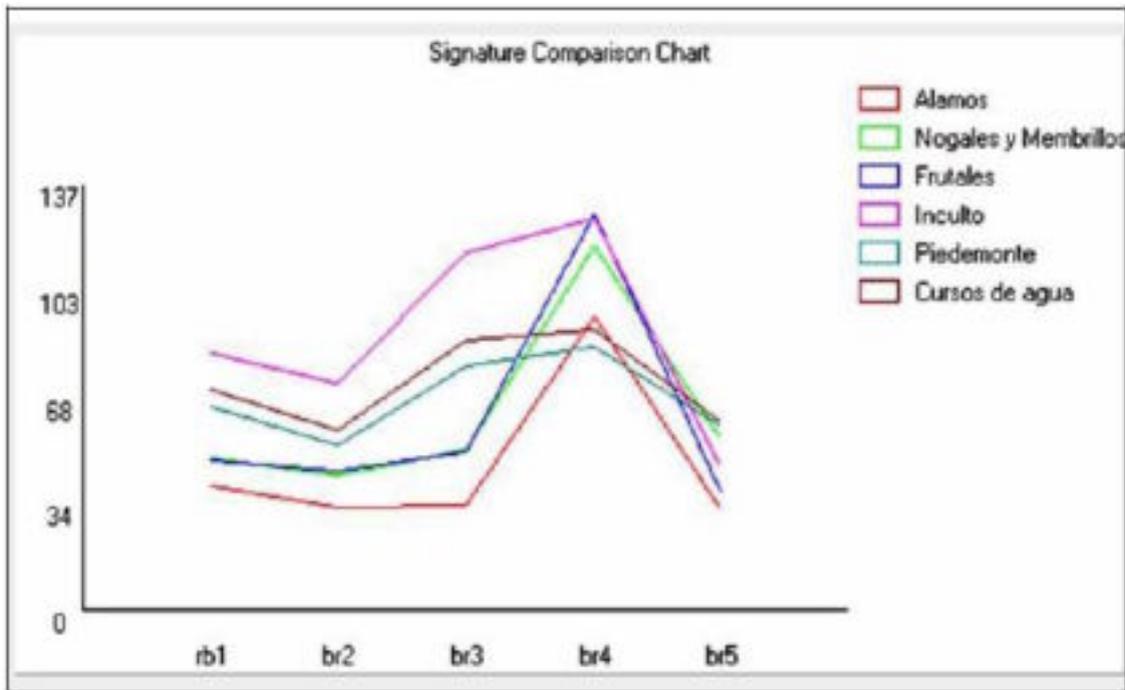


Gráfico 1. Firmas espectrales.

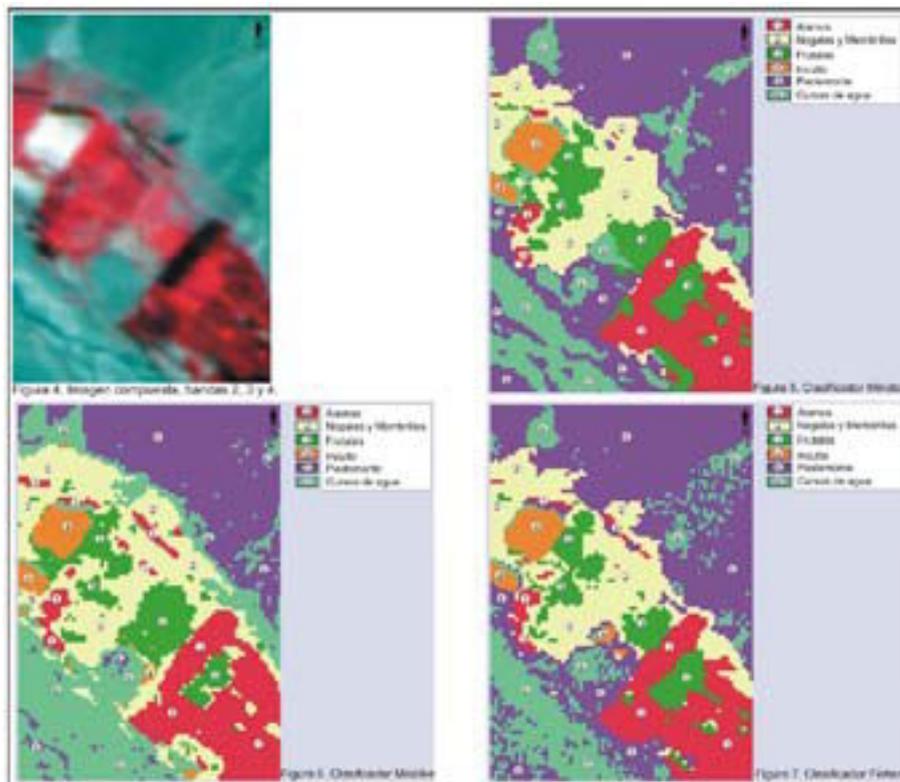


Lámina 3: Figura 4. Imagen FCC y Figuras 5, 6 y 7 Clasificaciones digitales supervisadas.

En los resultados de los clasificadores Mindist y Fisher se observa cierta dificultad en diferenciar las unidades de terreno naturales: categoría 5 (niveles de abanico aluvial en piedemonte) y categoría 6 (cursos de agua en el cauce del Río Castaño y llanura de inundación). Con Maxlike fue posible delimitar con mayor precisión ambas unidades geomorfológicas. En ninguno de los tres clasificadores hubo dificultad para identificar la categoría 4 (inculto), debido a que ésta muestra una firma espectral diferente a las otras unidades de terreno, y posee los ND más altos registrados por tratarse de suelos desprovistos de vegetación. Cuanto mayor sea el ND de un píxel, mayor será la reflectividad de la parcela de terreno a la que corresponde ese píxel. (Chuvienco, 1990)

CONCLUSIONES

Se destaca la utilidad en este estudio de las imágenes HRC (Resolución 2,7 x 2,7 m) y CCD (Resolución 20 x 20m) del satélite Chino-Brasileño CBERS- 2B disponibles en forma gratuita y actualizadas. La cartografía requerida fue lograda mediante el procesamiento visual y digital de imágenes CBERS- 2B, con los sensores HRC y CCD, respectivamente. El tratamiento digital de imágenes incluyó la realización de imágenes compuestas y técnicas de clasificación digital supervisada, con la aplicación de

los clasificadores Mindist, Maxlike y Fisher.

El clasificador Maxlike ha generado resultados de mayor precisión en el área piloto, con un excelente grado de discriminación de las distintas categorías de usos del suelo consideradas.

Los mapas elaborados permiten una interpretación de los suelos del área, las geoformas genéticamente relacionadas y los usos del suelo en un área seleccionada como área piloto.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la realización de estudios temporales con imágenes a fin de evaluar la eficiencia de los distintos clasificadores.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se enmarca en el Proyecto N° (I) 878 (Año 2007) del CICITCA – UNSJ: Estudio de los Contenidos de Cadmio y Bario en los suelos de Villa Nueva, Departamento Calingasta, Provincia de San Juan.

Un especial agradecimiento al Programa CBERS – Satélite Chino – Brasileño de Recursos Terrestres, por las imágenes HRC – CCD, con las que se continuará trabajando en el proyecto referenciado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARROQUI LANGER, (2001). "Caracterización de materiales geológicos y mineros, con potencialidad de producir impactos negativos en el medio ambiente, en el área minera del Río Castaño, Provincia de San Juan". Proyecto de Investigación POSTDOCTORAL CONICET Res. 0442/99, 1999 – 2001.

ARROQUI LANGER, AGUSTIN – PITTALUGA, ALEJANDRA – PLÜGER, WALTER* – MARTINY, ANGELIKA** (2000):

Caracterización Geoquímica Ambiental De Los Suelos De La Cuenca Del Río Castaño, Departamento Calingasta, San Juan. ISCO 2000. 11th INTERNATIONAL SOIL CONSERVATION ORGANIZATION CONFERENCE, Buenos Aires, 22–27 de Octubre 22–27. * Director: IML LGU RWTH Universidad de Aachen).

ARROQUI LANGER, AGUSTIN – DIAZ, ANDREA – PITTALUGA, ALEJANDRA, PLÜGER, WALTER (2000): Análisis de Factores de Control Geoquímico de los Contenidos de Cadmio en los Suelos de la Cuenca del Río Castaño – San Juan. Taller sobre Sedimentología y Medio Ambiente Dto. Ciencias Geológicas UBA. Buenos Aires, Agosto del 2000.

CHUVIECO, Emilio (1990). "Fundamentos de Teledetección Espacial". Ed. Rialp S. A. Madrid.

