



---

# Herramientas para la evaluación y gestión del riesgo climático en el sector agropecuario

ARGENTINA

---

---

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación  
Herramientas para la evaluación y gestión del riesgo climático en el sector agropecuario. Argentina; coordinado por Sandra E. Occhiuzzi ; Pablo Mercuri ; Carla Pascale. - 1a ed. - Buenos Aires : Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 2011.  
130 p. ; 21x30 cm.

ISBN 978-987-27062-3-4

1. Agronomía. 2. Climatología. I. Occhiuzzi, Sandra E., coord. II. Mercuri, Pablo, coord. III. Pascale, Carla, coord.

CDD 630

Fecha de catalogación: 24/08/2011

Este libro se terminó de imprimir en agosto del 2011  
en ErreGé & Asoc.  
erregeyasoc@aol.com

**Diagramación:** Giuliani - Aubete - pampasur@yahoo.es

---

# Autoridades

## Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación

Sr. Julián Domínguez  
Ministro de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación

Ing. Agr. Lorenzo Basso  
Secretario de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación

Ing. Agr. Oscar Solís  
Subsecretario de Agricultura de la Nación

Ing. Agr. Lucrecia Santinoni  
Directora Nacional de Producción Agrícola y Forestal

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Ing. Agr. Carlos Casamiquela  
Presidente

Ing. Agr. Luis Bastera  
Vicepresidente

Ing. Agr. Néstor Oliveri  
Director Nacional

## Coordinación técnica

Ing. Agr. Sandra E. Occhiuzzi  
*Coordinadora Oficina de Riesgo Agropecuario  
del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.*

Ph.D. Pablo Mércuri  
*Director Instituto de Clima y Agua del Instituto Nacional  
de Tecnología Agropecuaria.  
Coordinador Proyecto GeoINTA.*

Ing. Agr. Carla Pascale  
*Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca  
del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.*

## Equipo de redacción y edición

Ing. Agr. Sandra E. Occhiuzzi  
Ph.D. Pablo Mércuri  
Lic. Adriana Basualdo  
Cart. Arq. Oscar E. Martínez

Lic. Silvana Boragno  
Geóg. Mat. María José Pizarro  
Ing. Agr. Emiliano Arduini

## Contribuyeron con datos e información

Ing. Daniel Ligier (INTA)  
Ing. Gustavo Cruzate (INTA)  
Ing. Pablo Spalletti (INA)  
Lic. Roberto De Ruyver (INTA)  
Lic. Romina Mezher (INTA)  
Ing. Hidr. Eduardo Flamenco (INTA)  
Ing. María Inés Puente (INTA)  
Ing. Guillermo Peralta (MAGyP)  
Ing. Marcos Angelini (INTA)  
Ing. Roberto Casas (INTA)  
Dr. Miguel Taboada (INTA)  
Lic. Stella Carballo (INTA)

Lic. Tomas Hartmann (INTA)  
Ing. Carlos Irurtia (INTA)  
Lic. Germán M. Heinzenknecht  
Lic. José Pérez  
Lic. Ana María Aufranc  
Lic. Daniel Míguez (ORA)  
Lic. Alma Isoldi (ORA)  
Federico Claus (ORA)  
Pablo Carbajo (ORA)  
M.Sc. Geogr. Antje Siebert (CIEFAP)  
Ing. Ftal. Diego Mohr Bell (CIEFAP)  
Ing. Ftal. Mariano F. Gómez (CIEFAP)

## Agradecimientos

Al Servicio Meteorológico Nacional (SMN), al personal del área de agro-meteorología del Instituto de Clima y Agua de INTA, al Meteorólogo Jorge Rodríguez de INTA Pergamino y a la Administración Provincial del Agua de la provincia de Chaco, por su permanente colaboración y provisión de información climática.

Al PROSAP, por el apoyo técnico y financiero otorgado al Proyecto Riesgo y Seguro Agropecuario – Etapa II (Préstamo Préstamo BID 899/OC-AR-1) para la ejecución de actividades e investigaciones cuyos productos forman parte de esta publicación.

# Herramientas para la evaluación y gestión del riesgo climático en el sector agropecuario

## ARGENTINA

1.	¿Por qué Riesgos Climáticos en el sector agropecuario? .....	11
1.1.	Introducción	
1.2.	Definiciones adoptadas en este trabajo	
1.3.	Algunos eventos climáticos extremos que afectaron al sector agropecuario	
1.4.	Cambio climático y variabilidad estacional	
1.5.	Iniciativas para el fortalecimiento de la gestión del riesgo	
2.	Integración de datos geo-espaciales .....	19
2.1.	Estándares cartográficos: escalas espaciales y temporales	
2.2.	Estándares geográficos para la integración de datos espaciales	
2.3.	Metadatos	
2.4.	Sistemas e infraestructuras para el manejo de geodatabases	
2.5.	Normas, estándares e infraestructuras de datos geoespaciales	
3.	Sensores y redes para observación y monitoreo. ....	33
3.1.	Sensores remotos	
3.2.	Redes sinópticas de observación meteorológica	
3.3.	Redes de estaciones automáticas	
3.4.	Red de radares meteorológicos	
3.5.	Integración de redes	

---

4.	Fenómenos del Pacífico Ecuatorial: El Niño y La Niña. ....	45
4.1.	Fenómenos del Pacífico Ecuatorial Central	
4.2.	Indicadores de la fase y la intensidad del ENOS	
4.3.	Impacto sobre las precipitaciones	
4.4.	Impacto sobre los rendimientos	
5.	Balance hídrico como herramienta de decisión. ....	55
5.1.	Balance hídrico para cultivos específicos	
5.2.	Sistema de monitoreo y alerta temprana	
5.3.	Escenarios a futuro de contenido de agua en el suelo	
5.4.	Comentarios finales	
6.	Riesgos derivados del impacto del clima. ....	64
7.	Estrategias de gestión de riesgos agropecuarios. ....	119
7.1.	Reducción o mitigación de riesgos	
7.2.	Transferencia de riesgos: los seguros agropecuarios	
7.3.	Las políticas públicas y la gestión de riesgos agroclimáticos	
8.	Conclusiones .....	127

---

# Prólogo

*El sector agropecuario está sometido frecuentemente a condiciones de variabilidad climática que atentan sobre la producción prevista de alimentos. Es por ello que, en un contexto influido por el Cambio Climático, contar con herramientas que permitan evaluar y gestionar el riesgo climático en el sector agropecuario es indispensable y necesario no solo para salvaguardar la seguridad alimentaria, sino también para asegurar la sustentabilidad económica y social de nuestros productores.*

*Cuantificar el impacto y la frecuencia de los fenómenos climáticos adversos para las actividades agrarias permite diseñar estrategias de prevención, mitigación y transferencia de riesgos agropecuarios y forestales, en coordinación con los organismos públicos y privados vinculados al tema.*

*Asimismo, los sistemas de monitoreo y alerta temprana, facilitan la toma de decisiones del productor para administrar los riesgos, reduciendo los impactos negativos de las condiciones climáticas adversas sobre su producción.*

*Este libro, producto del trabajo conjunto de profesionales del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y del Instituto Nacional del Agua, recopila y sistematiza gran parte de la información disponible, generada principalmente por estas instituciones, para la evaluación de riesgos y procesos climáticos que impactan sobre la producción agropecuaria argentina.*

*Tenemos la convicción de que será una herramienta útil para la formulación de una política de estado en estos temas, en el ámbito de la Mesa de Gestión de Riesgo y Seguro Agrícola del Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial 2010 - 2020.*

**Julián A. Domínguez**

*Ministro de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación*

**Lorenzo R. Basso**

*Secretario de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación*



# 1

## ¿Por qué riesgos climáticos en el sector agropecuario?

### 1.1. Introducción

La producción agropecuaria es una de las actividades económicas tradicionalmente más expuestas a los riesgos climáticos. Sin embargo, en los últimos años, las pérdidas registradas en la agricultura y en la ganadería están aumentando en diversas regiones de todo el mundo, como consecuencia de eventos climáticos extremos más frecuentes e intensos, asociados a una mayor variabilidad climática.

La evaluación de riesgos climáticos y procesos que impactan en el sector agropecuario resulta indispensable para el diseño de políticas públicas de gestión de riesgos y desastres, para el ordenamiento territorial y también para cuantificar las pérdidas probables que el cambio climático puede provocar sobre la producción de alimentos.

A pesar de que son numerosas las instituciones nacionales de investigación y desarrollo que actualmente se ocupan de la evaluación y monitoreo del clima, son pocas las que analizan el impacto específico sobre la producción agropecuaria y la vulnerabilidad de los diversos sistemas productivos. En este sentido, este libro recopila algunas de las herramientas de evaluación de riesgos, métodos y enfoques técnicos desarrollados por instituciones nacionales como el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y el Instituto Nacional del Agua, actualmente disponibles en la web o en medios gráficos, que constituyen una fuente de información importante tanto para el productor agropecuario como para los asesores técnicos e investigadores.

### 1.2. Definiciones adoptadas en este trabajo

Si bien los conceptos de riesgo e incertidumbre suelen aplicarse al análisis económico y financiero de diversas actividades, consideramos oportuno definir aquí los conceptos adoptados para este estudio:

#### ● Amenaza

Se define como el “factor externo” al sistema expuesto, representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural, que puede causar daños en un lugar específico, con determinada intensidad y duración. En el caso de riesgo agropecuario la amenaza está representada por el factor climático adverso.

Si bien la ocurrencia del fenómeno adverso es incierta, en ocasiones la amenaza puede ser cuantificada mediante un valor de probabilidad de ocurrencia (de inundación, de sequía, de heladas tardías o tempranas, etc.). Para el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de un evento determinado se debe contar con registros estadísticos del mismo, en lo posible no menores a 30 años. En caso de disponer de series

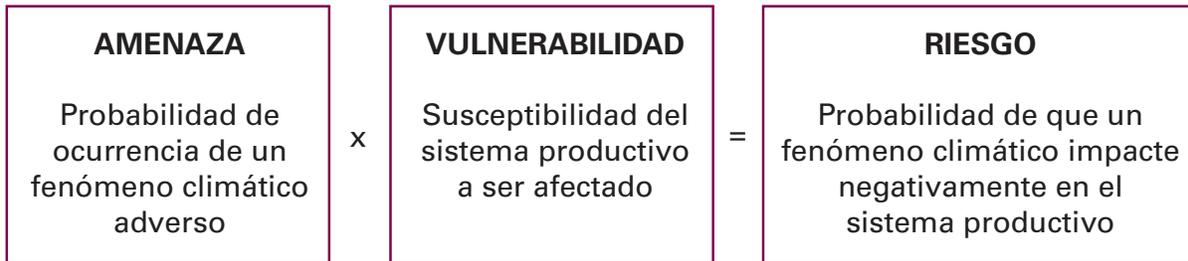
de datos más cortas se podría calcular la frecuencia de ocurrencia como forma aproximada de cuantificación.

#### ● Vulnerabilidad

Es la susceptibilidad de un sistema productivo expuesto a una amenaza. La vulnerabilidad, por ejemplo, está dada por las prácticas de manejo implementadas, las características geo-morfológicas, la etapa fenológica del cultivo, la cantidad de ganado vacuno presente y su ubicación, la infraestructura de la región para hacer frente al factor adverso, la estructura socio-económica, etc.

#### ● Riesgo

Es la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. El valor o magnitud del riesgo ante cualquier evento adverso resulta de la conjunción de dos factores: la amenaza externa y la vulnerabilidad.



Genéricamente la idea de riesgo está asociada a la probabilidad, mayor o menor, de alcanzar un resultado esperado. El mismo depende de la mutua relación entre una estructura de probabilidades (objetiva o subjetiva) y la expectativa de un resultado. En este sentido, el riesgo siempre es un concepto complejo que involucra la interrelación de múltiples factores y causalidades.

Desde un punto de vista analítico, se distingue el concepto de riesgo del de incertidumbre, según el grado de conocimiento del que se disponga sobre las variables del sistema para tomar decisiones sobre el mismo. Cuando no existe una base sólida

de información como para establecer probabilidades de ocurrencia sobre hechos futuros o no se dispone de una descripción cuantitativa del fenómeno, se establece un entorno de incertidumbre. En cambio, cuando el comportamiento del sistema es conocido, por más variable que sea, la toma de decisión transcurre en condiciones de riesgo. En la medida en que se accede a información adicional y la misma es procesada, analizada, contextualizada e interpretada, las situaciones de incertidumbre tienden a convertirse en escenarios de riesgo, por lo que, en definitiva, el límite entre ambos conceptos afronta una gradualidad antes que una tajante división.

### 1.3. Algunos eventos climáticos extremos que afectaron al sector agropecuario

#### Sequía: un flagelo tan antiguo como la Patria

Las sequías en la Argentina no son una novedad y existen registros de las mismas desde tiempos remotos.

En el Archivo General de la Nación se pueden consultar las actas del extinto Cabildo de la ciudad de Buenos Aires, que datan prácticamente de la fundación de la ciudad.

En febrero de 1617, por ejemplo, resulta evidente la falta de lluvias adecuadas que trasciende del pedido escrito de que "se acuda a pedir a Dios con procesiones, misas y sufragios para que se sirva enviarla".

En el verano de 1625-1626 se deja constancia de la "gran necesidad que tiene la ciudad y sus chacras de agua para los trigos y demás cosas".

En las noticias de la época, el periodo 1701-1720 es nombrado como "La Seca Grande".

● Inundaciones del año 2001 en la provincia de Buenos Aires

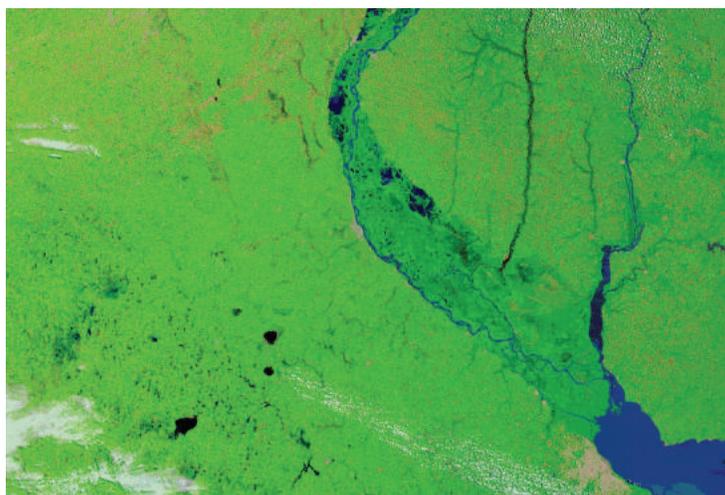


*Figura 1. Inundaciones del 2001 al 2003. Imagen Landsat del 26 de mayo del 2003, alrededores de la ciudad de Bragado, en el norte de la Prov. de Buenos Aires*

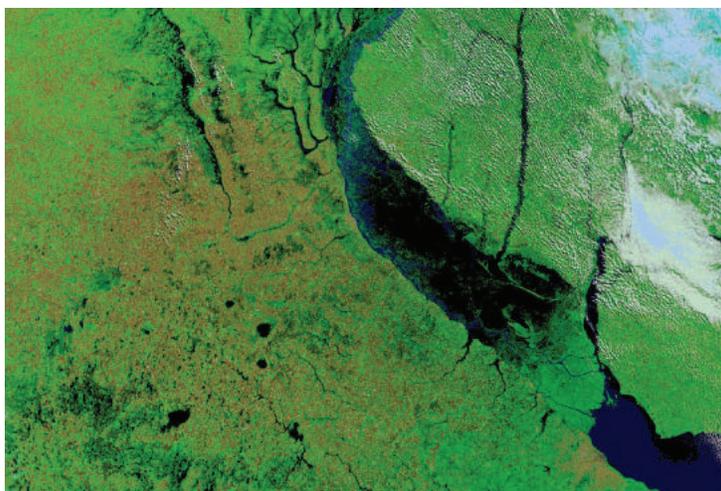
Desde noviembre del año 2000, las lluvias provocaron el desborde de los ríos Salado y Quinto y de numerosos arroyos, dejando inundadas 1.852.000 hectáreas y pérdidas estimadas en U\$S 187 millones. Las lluvias otoñales en el año 2001 casi alcanzaron el valor promedio anual, agravando la situación. Esta inundación afectó más de 2 millones de hectáreas del noroeste bonaerense y más de 3 mil kilómetros de caminos rurales quedaron cortados por las aguas.

La consecuencia directa generada por el desastre climático se tradujo en la pérdida del 70% de las pasturas, mermas del 50 y 60% en la producción de maíz y trigo y una disminución del 15% en la producción láctea. Estas inundaciones en la provincia de Buenos Aires, según un informe oficial del gobierno bonaerense ocasionaron pérdidas por U\$S 700 millones para el sector agropecuario.

- Inundaciones del año 2007 en el litoral argentino



*Figura 2. Imagen Modis del 13 de enero de 2007, previo a las intensas lluvias e inundaciones registradas ese año*



*Figura 3. Imagen Modis del 03 de abril de 2007, durante el pico de anegamientos e inundaciones en amplias áreas pampeanas y el delta del Paraná*

El fenómeno conocido como “El Niño” acontecido a partir del último trimestre del año 2006 y los primeros meses del año 2007, provocó copiosas e intensas lluvias que inundaron vastas zonas ganaderas de las provincias de Santa Fe, Córdoba, Buenos Aires, Corrientes y Entre Ríos,

afectando una población de 5.000.000 de bovinos.

En la provincia de Santa Fe, más de 3,5 millones de hectáreas resultaron dañadas por las inundaciones que azotaron a la provincia.

## ● Sequía 2008

Según un informe realizado por el Servicio Meteorológico Nacional en enero del 2009, las precipitaciones en la región central de la zona húmeda y semihúmeda del país durante el 2008 fueron las más bajas de los últimos 47 años, afectando toda el área agrícola en distintos grados de magnitud. Las lluvias resultaron un 40 al 60% inferiores a los valores normales de agua caída, si como tales se toman los promedios surgidos del período 1961-1990.

En el bimestre diciembre 2008 – enero 2009 la mayor parte de la denominada zona núcleo pampeana, con excepción del sudeste de Córdoba, se vio afectada por lluvias tan escasas que sólo se registran una vez cada 20 años o más, en el bimestre

más crítico para la producción de maíz y girasol.

En la Patagonia, desde el invierno del año 2007 la acumulación de lluvias fue inferior a lo normal. La situación se agravó puesto que la temporada de crecimiento forrajero del año 2007 - 2008, se destacó por la poca disponibilidad de agua para la vegetación y temperaturas bajas entre septiembre y noviembre.

Ambos fenómenos en conjunto, sumado al manejo posiblemente no adecuado del recurso forrajero, afectaron en gran medida a la producción ganadera patagónica, ocasionando alta mortandad del stock ovino y vacuno, caída en la producción de lana y en la calidad de la misma.

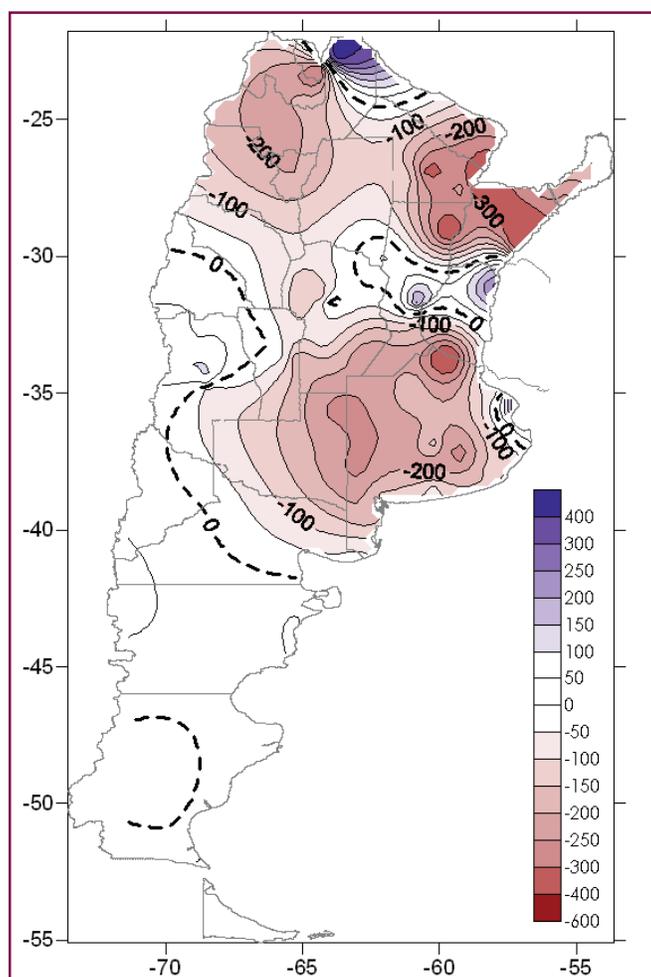
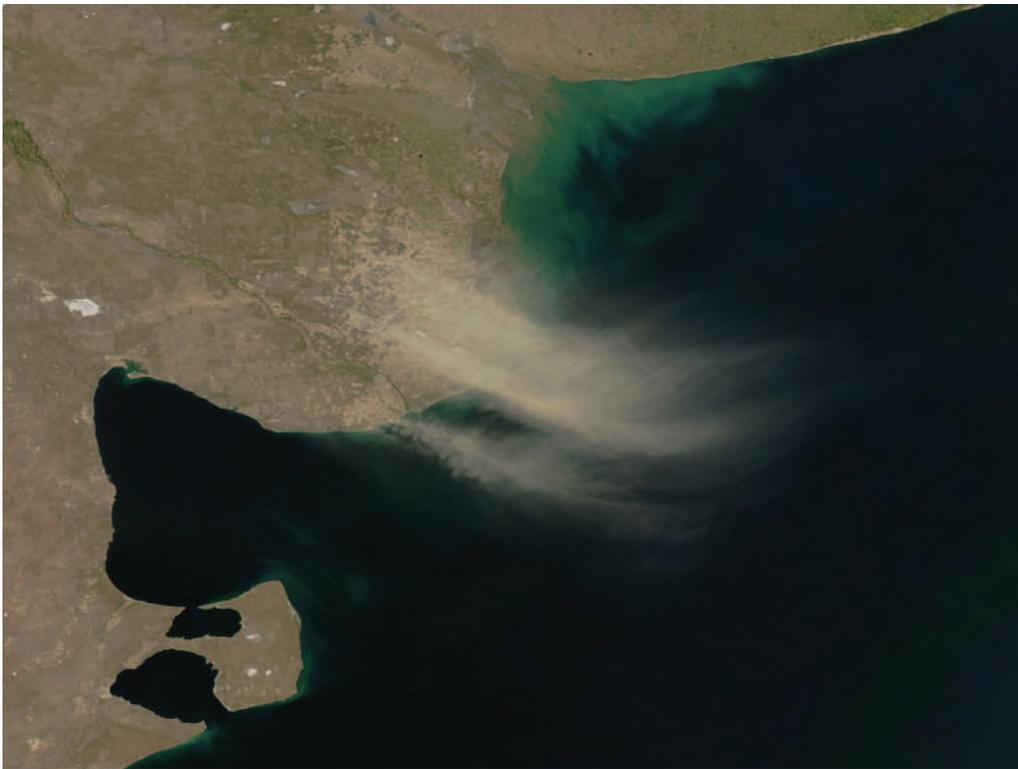


Figura 4. Anomalía de la precipitación, trimestre julio, agosto, septiembre 2008

## ● Sequía y Desertización en el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires

Luego de la sequía del 2008, la situación deficitaria continuó en varias zonas, entre ellas en el sudoeste de Buenos Aires, especialmente en los partidos de Villarino y Patagones con consecuencias recurrentes durante los últimos años para las áreas productivas y los sectores sociales mas vulnerables. Una grave

erosión eólica afectó a estas zonas debido a la intensificación del déficit durante el verano. Esta región de la provincia de Buenos Aires acumula la mayor cantidad de días con emergencia agropecuaria, así como una alta recurrencia de situación de sequía meteorológica, agrícola e hídrica durante los últimos 20 años.



*Figura 5. Voladuras de suelos en amplias áreas del Partido de Carmen de Patagones y noreste de Río Negro. Imagen satelital MODIS del 17 de febrero 2009*

## ● Déficit hídrico localizado de la campaña 2010-11

Durante los meses de diciembre de 2010 y enero de 2011, se registró un importante déficit hídrico en amplias áreas de la zona núcleo agrícola, coincidente con el periodo crítico en cuanto a requerimiento de agua del cultivo de maíz. Esto afectó el rendimiento del cultivo en esas áreas, afectando

productores y economías localmente. Este tipo de eventos no extraordinarios pueden presentarse frecuentemente en distintas épocas fenológicas de los cultivos y afectando diferentes áreas, generando siempre mermas significativas a la producción nacional.



*Figura 6. Efectos del estrés hídrico (izq.) en la época fenológica crítica del cultivo del maíz en cuanto a requerimientos de agua, del 15 de diciembre al 15 de enero en área núcleo. Maíz sin estrés hídrico (der.)*

## 1.4. Cambio climático y variabilidad estacional

La variabilidad natural del clima y los eventos climáticos extremos, como sequía, déficit o excesos hídricos en diferentes etapas de los cultivos, heladas, inundaciones, tormentas severas y granizo, se han observado en los últimos años con mayor frecuencia e intensidad. Esto surge de las conclusiones del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y de una gran diversidad de trabajos científicos. Asimismo las sequías y las inundaciones y ane-

gamientos, como los eventos localizados de déficit o exceso hídrico tienen una ocurrencia periódica, asociada a fenómenos océano-atmosféricos como la oscilación climática del sur (Niño y Niña), e incide fuertemente en las principales áreas productivas del país. Actualmente se constata un proceso de desertificación en avance en amplias áreas de la Patagonia, y aún con manifestaciones interanuales graves en el sudoeste de Buenos Aires.

## 1.5. Iniciativas para el fortalecimiento de la gestión del riesgo

La clara necesidad de contar con un sistema de gestión del riesgo agroclimático en la Argentina ante los incrementos de la producción de commodities agropecuarios y la expansión de las fronteras agrícolas requiere reconocer las amenazas, vulnerabilidades y riesgos de cada zona productiva. Es clave para minimizar la ocurrencia de situaciones de emergencia nacionales, prever las vulnerabilidades de cada

región, adaptar técnicas, prácticas productivas y adoptar herramientas de gestión del riesgo ante los impactos de los eventos climáticos extremos en la producción y en las poblaciones rurales.

Una base indispensable para un sistema de gestión de riesgos es la integración de información de mapas de riego y cartografías de vulnerabilidad con

---

datos y modelos. Esto requiere de la aplicación de normas para la integración de información geoespacial. A su vez, esto permite realizar un diagnóstico de las necesidades de información que actualmente no esté disponible, la identificación de las zonas críticas, la caracterización de las condiciones de vulnerabilidad, una priorización de las zonas o áreas que requieren intervención.

En el marco del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca se integró información geoespacial de base, actualmente disponible en los diferentes organismos, y accesible para la evaluación de riesgo/vulnerabilidad, en relación con diferentes riesgos y

procesos derivados del clima. Esta iniciativa tiene el fin principal de contribuir a la toma de decisiones y a la adopción de medidas Ex ante y Ex post respecto a la ocurrencia de eventos de riesgo y emergencias agropecuarias.

La integración de datos geoespaciales contribuye y ayuda a la incorporación de modelos de seguimiento y monitoreo durante el desarrollo de la campaña agrícola. Un ejemplo son los modelos de balance hídrico (déficit y exceso) por área y por cultivos. Es también un aporte importante para una renovada incorporación del concepto de gestión del riesgo agropecuario en diversos ámbitos de intervención.

# 2

## Integración de datos geoespaciales

**E**l mapa moderno es la representación convencional de la configuración superficial de la Tierra; es la imagen del mundo, de un país o de una región, con una síntesis de sus características físicas y socioeconómicas que se expresan a través de la base de datos del mismo.

Para la confección de mapas digitales a través de Sistemas de Información Geográfica y bases de datos geográficas, es necesaria la sistematización de la información para toda evaluación productiva agropecuaria, de recursos naturales o riesgos.

La calidad en la producción cartográfica se basa en que todo dato geográfico debe ser acompañado por metadatos, y por una clara selección de la referencia espacial que comprende el sistema de coordenadas y de georreferenciación asignado a cualquier dato geográfico.

Para una aproximación a la comprensión en la lectura de elementos geográficos, es necesaria una introducción a conceptos de estándares cartográficos, escalas, geodesia, geografía, de diseño de bases de datos geoespaciales, sistemas e infraestructuras de datos geográficos.

### 2.1. Estándares cartográficos: escalas espaciales y temporales

Toda representación de la Tierra en un plano está en una cierta relación de tamaño (proporción) con el objeto representado. Esta proporción es la que se llama su escala.

Por ejemplo, si se tiene la escala 1:500.000, sabemos que a 1 cm del plano corresponden 500.000 cm del

terreno, es decir 5 km del terreno, y así podemos construir la escala gráfica, en la que cada 2 cm se representarán 10 km.

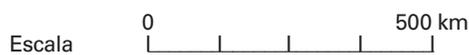
A partir de la escala gráfica, para calcular la numérica, es necesario ver qué distancia del terreno representa la unidad de la escala gráfica.

Tamaño de Escalas:

**Escala numérica** o fracción representativa que da la relación entre la longitud de una línea en el mapa y la correspondiente en el terreno en forma de quebrado con la unidad por numerador.

$$\text{Escala} = \frac{\text{Distancia sobre el mapa}}{\text{Distancia sobre el terreno}} = \frac{1}{500.000} \text{ o } 1:500.000$$

**Escala gráfica**, que representa las distancias en el terreno sobre una línea recta graduada.



*Para determinar si una escala es MAYOR o MENOR que otra se deberá tener en cuenta que a menor denominador mayor es la escala y viceversa.*

Para poder cartografiar la superficie de la Tierra o para realizar relevamientos y trasladarlos a mapas, es necesario disminuir el tamaño de la realidad. Para encoger una determinada región y disponerla en un tamaño manejable, se utilizan varias escalas que determinan la relación entre la longitud de una línea situada sobre un mapa y la verdadera longitud de la línea en la superficie de la Tierra. En ningún mapa es verdadera la escala en todas las direcciones, en los mapas de escala grande (mapas grandes de áreas locales o parcelas) es apenas apreciable esta deformación de la escala, pero en

los mapas de escala reducida, como son los regionales, nacionales y continentales, la escala puede dar resultados completamente falsos, sobre todo hacia los bordes del mapa. El tamaño de la escala a elegir dependerá de la superficie de la Tierra que

queremos representar en el plano.

A mayor escala menor es la superficie de terreno que se abarque, mayor será el número de detalles del terreno que se podrán representar en el plano del di-

Tabla 1. Tipos de escalas cartográficas

CLASE	ESCALAS	CATEGORÍA		1 cm SOBRE EL MAPA
ESCALAS GRANDES	1:200	LEVANTAMIENTO CATASTRAL	URBANO	2 m
	1:500			5 m
	1:1.000			10 m
	1:2.000		RURAL	20 m
	1:5.000			50 m
	1:10.000			100 m
ESCALAS MEDIANAS	1:25.000	LEVANTAMIENTO DIRECTO		250 m
	1:50.000			500 m
	1:100.000			1 km
ESCALAS PEQUEÑAS	1:250.000	REGIONALES (PROVINCIAS)		2,5 km
	1:500.000			5 km
	1:1.000.000	GRANDES ÁREAS (PAÍSES)		10 km
	1:2.500.000			25 km
	1:10.000.000	CONTINENTES GLOBOTERRÁQUEO		100 km

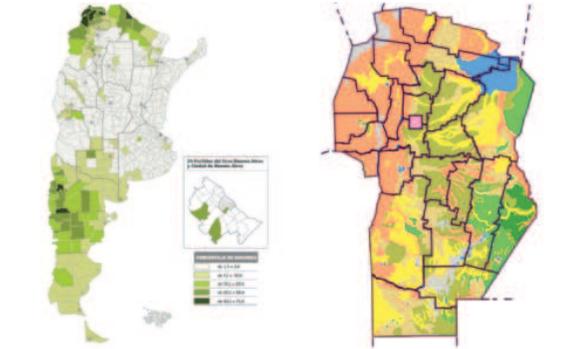
Tabla 2. Escalas acordes a la unidad de abordaje de las aplicaciones de riesgos agropecuarios.

ESCALA	MEDIDA	INDICADOR DE VULNERABILIDAD / RIESGO
AGRICULTURA DE PRECISIÓN	< 100 m <sup>2</sup>	Propiedades del suelo, evaluación de áreas no útiles y menores en rendimiento
LOTE AGRÍCOLA	1 - 100 has	Propiedades del suelo, erodabilidad, respuestas del cultivo al manejo, rendimiento promedio
PAISAJE	100 - 1000 ha	Cambios del suelo, geomorfología, procesos hidrológicos, balances de agua en el suelo, frecuencia de anegamientos e inundación
CUENCA	100 - 10000 ha	Producción de sedimento, balance hidrológico, frecuencia de inundación y anegamientos, caudal
GRAN CUENCA REGIÓN	Varios miles de Km <sup>2</sup>	Tasa de erosión, calidad de agua, frecuencia de inundación, mesoclima, índice de vegetación

bujo; cuanto menor sea la escala mayor va a ser la superficie del terreno que abarca su representación en el plano y tanto menor será el número de detalles del terreno que se puedan representar en el plano.

Debido a la variedad de escalas espaciales en las capas temáticas que se integran para el abordaje de riesgos es necesario aclarar y definir las escalas de origen de cada mapa y las de aplicación de la información.

Tabla 3. Escalas de Detalle, Semidetalle y Reconocimiento

ESCALA	DEFINICIÓN
<p data-bbox="245 604 350 632">DETALLE</p> 	<p data-bbox="873 743 1377 793">Permite evaluaciones locales. Son mapas a escalas mayores a 1:50.000.</p> <p data-bbox="873 821 1117 848">Por ej. 1:1.000 - 1:20.000</p>
<p data-bbox="245 1014 407 1041">SEMIDETALLE</p> 	<p data-bbox="873 1115 1377 1165">Permite evaluaciones locales. Son mapas a escalas mayores a 1:100.000.</p> <p data-bbox="873 1192 1149 1220">Por ej. 1:50.000 y 1:100.000</p>
<p data-bbox="245 1312 467 1339">RECONOCIMIENTO</p> 	<p data-bbox="873 1461 1377 1533">Permite evaluaciones regionales, a nivel de provincia, departamento o partido (según el caso). Son mapas a escalas menores a 1:100.000.</p> <p data-bbox="873 1560 1166 1587">Por ej. 1:250.000 y 1:500.000</p>

**Tolerancia Gráfica:**

Se ha establecido que al representar un punto o una distancia sobre el plano se está cometiendo un error que llamamos  $\gamma = 0,1 \text{ mm}$ , por lo tanto todo detalle del terreno que reducido a escala del dibujo sea infe-

rior a ese valor no tiene representación en el plano. Por ejemplo, si consideramos un camino de 20 m a escala 1:500.000, no tiene representación en el plano, ya que 20 m equivalen a 0,04 mm en el plano a esa escala.

A pesar de lo expresado existen detalles naturales o artificiales en el terreno que por su importancia merecen estar representados en el plano (alcantarillas, tanques de agua, líneas férreas, etc). En este caso se los representa igualmente con un signo convencional llamado signo cartográfico.

**Tolerancia:**

Debido a que cometer un error en el dibujo de 0,1 mm es muy común y además normalmente se comete un error mayor, se toma como máxima tolerancia para ese error el valor de 3 γ, es decir 0,3 mm.

1 : 500	0,0003 x 500	=	0,15 m	} Cualquier cosa menor a estos valores no se representa en el plano
1 : 5000	0,0003 x 5000	=	1,5 m	
1 : 10000	0,0003 x 10000	=	3 m	
1 : 50000	0,0003 x 50000	=	15 m	

Dos son los aspectos de importancia a tener en cuenta: la escala de tiempo apropiada para una evaluación de riesgo agropecuario y la frecuencia temporal de disponibilidad de información para seguimiento. Los diferentes riesgos climáticos que afectan al sector agropecuario, así como los procesos derivados del impacto del clima, deben ser evaluados de acuerdo a su escala temporal.

Una gran fuente de información, por ejemplo la provista por teledetección, es generada en escalas horarias a 1, 7, 16 o más de 20 días de revisita sobre el mismo sitio.

Al igual que las escalas espaciales, la selección de una escala apropiada de tiempo depende de los objetivos. Mientras el área afectada por un determi-

Tabla 4. Relaciones entre Procesos y Riesgos y la escala temporal en que los mismos ocurren

PROCESOS Y RIESGOS	ESCALA DE TIEMPO
Evaluación de aptitud productiva	Varios años
Tendencias de producción	Tres, cinco a diez años
Propiedades del suelo (limitaciones)	Una a varias décadas
Anegamientos e inundaciones	Diaria / Semanal
Vulnerabilidad – Frecuencia de anegamientos e inundaciones	Una a varias décadas
Sequía	Semestral / Anual / Interanual
Déficit Hídrico	Mensual / Trimestral
Granizo	Minutos
Tormentas intensas	Minutos / Horas
Erosión hídrica	Mensual / Anual
Erosión eólica	Anual / Década

nado riesgo es calculada generalmente en un corto plazo, la vulnerabilidad de una zona o unidad cartográfica requiere de una a varias épocas.

La era de la información satelital ha permitido la generación de una gran cantidad de información relativa a riesgos desde imágenes satelitales. La gran variedad de resoluciones espaciales de las imágenes requiere de un entendimiento de la relación entre resolución espacial y escalas temáticas.

La resolución espacial de una imagen es una indicación del tamaño del pixel expresada en términos de

dimensiones sobre el terreno. Usualmente se presenta por un valor único correspondiente a la longitud de un lado del cuadrado correspondiente a dicho pixel. Así, una resolución espacial de 30 m significa que el pixel representa un área de 30 m x 30 m sobre el terreno. La Tabla 5 establece relaciones orientativas entre escalas cartográficas y píxeles, de manera de poder analizar qué tipo de información satelital es deseable para la generación de mapas temáticos en diferentes escalas. Estas relaciones normalmente se hacen difíciles de establecer con la manipulación digital de los datos y los diferentes tamaños que se despliegan sobre pantalla relativizándose la tolerancia gráfica.

*Tabla 5. Relaciones entre sensores satelitales, resolución espacial, píxeles y escalas*

SENSOR SATELITAL	RESOLUCIÓN (metros)	PÍXELES / PUNTOS X HA	ESCALA APROXIMADA DE LOS MAPAS TEMÁTICOS
NOAA / MODIS	1.000	0,01	1:1.000.000
MODIS	500	0,04	1:500.000
MODIS / SAC-C	250	0,16	1:250.000
LANDSAT MSS	80	1,56	1: 250.000 a 1:150.000
LANDSAT TM/ETM/ASTER	30	11,1	1:100.000 a 1:50.000
SPOT / CBERS	20	25	1:50.000 a 1:40.000
ASTER	15	44,4	1:30.000 a 1:20.000
SPOT / CBERS	10	100	1:20.000 a 1:15.000
RAPIDEYE	5	400	1:15.000 a 1:10.000
IKONOS	4	625	1:10.000 a 1:5.000
CARTOSAT	3	1.111	1:5.000 a 1:3.000
QUICKBIRD	2	2.500	1:3.000 a 1:2.000
IKONOS / GEOEYE QUICKBIRD / WORLDVIEW	1	10.000	1:2.000 a 1:1.000



ricas o globales. Cada punto está referenciado por su latitud y longitud. Se utiliza en general para la presentación y para su distribución y difusión vía internet.

- La **LATITUD** se refiere a una serie de círculos paralelos al Ecuador. La numeración comienza en el Ecuador y va de 0° hasta + 90° al norte, y de 0° a -90° al sur.
- La **LONGITUD** se refiere a una serie de círculos llamados meridianos. Su numeración comienza convencionalmente en el meridiano de Greenwich y va de 0° a 360° hacia el este.
- La posición horizontal de un punto, es la intersección de un paralelo y meridiano y está expresada en términos de latitud y longitud.

Este sistema geocentrado en el centro de masa de la Tierra utiliza el **WORLD GEODETIC SYSTEM 1984: WGS-84**. El sistema permite determinar posiciones absolutas (coordenadas x,y,z) o posiciones relativas a un punto anteriormente determinado.

**Sistema de coordenadas proyectadas:** se define en una superficie plana, de dos dimensiones, como un mapa impreso o visualizado, por lo tanto, también se denomina proyección cartográfica. Una proyección cartográfica utiliza fórmulas matemáticas para relacionar las coordenadas esféricas del globo con coordenadas planares, planas. Usualmente se utiliza durante etapas de edición y desarrollo SIG, o para la difusión impresa de cartografías o mapas temáticos.

Los sistemas de coordenadas utilizados en Argentina son:

### Gauss-Krüger

Esta proyección es cilíndrica, transversal y conforme. La propuso el matemático C. Gauss entre los años 1816 y 1827 y en 1919 el geodesta L. Krüger del Instituto de Potsdam propuso dividir el territorio en husos con el cilindro tangente a su meridiano central y de un ancho tal que las deformaciones no sobrepasen valores establecidos de antemano. Con lo cual, esta proyección considera a la Tierra como una esfera tangente a un cilindro según un meridiano, donde los puntos no sufren deformación alguna.

A partir de este meridiano central hacia el este y hacia el oeste, se ha limitado cada faja por dos meridianos, que distan 1° 30' del meridiano central. Esta proyección es la que utiliza el IGN para la edición de sus cartas topográficas a distintas escalas.

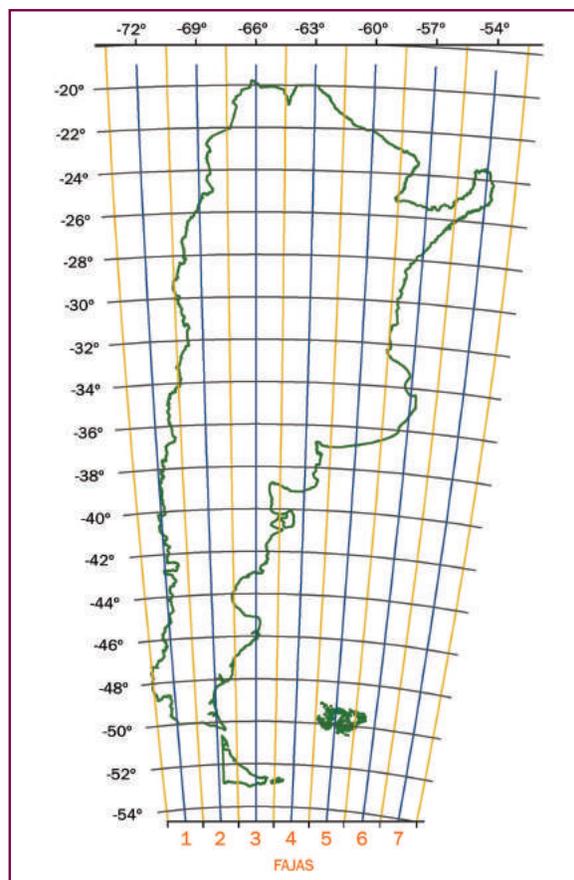


Figura 2. Distribución de Fajas Gauss Krüger

Se considera el territorio nacional dividido en 7 fajas meridianas de 3° en longitud cada una.

Están numeradas del 1 al 7 correlativamente de oeste a este, correspondiéndole a cada faja, en ese orden, el meridiano central de long. 72°, 69°, 66°, 63°, 60°, 57° y 54° al oeste de Greenwich.

Los puntos se ubican mediante su abscisa X y su ordenada Y, siendo su signo siempre positivo. El origen de las abscisas es el Polo Sur y son positivas hacia el Ecuador. Su valor expresa la distancia en metros desde el polo al punto, según la dirección del meridiano central de la faja a la cual pertenece el punto.

El origen de las ordenadas Y es el meridiano central de cada faja. Con el fin de evitar los valores negativos que se obtendrían en puntos correspondientes a la mitad occidental de cada faja, se convino en aumentar en 500.000 a todas las "y". En el valor de Y el primer número indica la faja y los subsiguientes la posición del punto con respecto al meridiano central

de la faja: si es menor de 500.00 estará ubicado al oeste del meridiano central, mientras que si es mayor estará al este de la faja.

El elipsoide utilizado en la proyección Gauss-Krüger Transversal Mercator, datum Campo Inchauspe, es el INTERNACIONAL 1924. A partir de este punto origen se trasladan las coordenadas a otros puntos por medio de métodos geodésicos. El datum es el lugar o sitio preciso que se usa como referencia u origen para definir el resto de los puntos de un mapa. Se genera encima del esferoide seleccionado y puede incorporar variaciones locales en la elevación.

### Universal Transverse Mercator (UTM)

Es una proyección cilíndrica, transversal y conforme, por lo tanto conserva las relaciones angulares y se ha difundido con el advenimiento de los receptores GPS. En UTM se utiliza una intersección del cilindro con el esferoide terrestre, tal que resulte para el meridiano central el valor redondo de 10.000.000 m, valor que se conoce como "False northing". Este hecho, que establece una deformación para el meridiano central, es equivalente a adoptar el valor de  $k = 0,9996$  en las fórmulas de Gauss-Krüger, que la convierte de tangente en secante. Como consecuencia de esta nueva disposición geométrica el meridiano central adquiere una menor dimensión, y se disminuye la deformación lejos del meridiano central, permitiendo por lo tanto, abarcar una extensión mayor en longitud.

El sistema divide a la Tierra en 60 husos o fajas, de 6°, tres a cada lado del meridiano. Las zonas se enumeran de 1 a 60, comenzando en el meridiano de longitud 180° hacia el este. Las zonas que cubren la Argentina son 18, 19, 20 y 21 con sus respectivos meridianos centrales: -75, -69, -63 y -57. Cada zona está dividida en bandas horizontales de 8° de latitud. Estas bandas son identificadas con letras, de sur a norte, comenzando con la letra C hasta la letra X. Las letras I y O se omiten para evitar confusiones con el uno y el cero. La banda X comprende 12° en lugar de 8°.

En UTM las designamos N y E y debemos además conocer el número de Zona donde se encuentra el punto. Estas coordenadas se expresan como distancias en metros hacia el Este y hacia el Norte. La coordenada E está referenciada con la línea central de la zona, conocida como meridiano central. A este meridiano se le asigna el valor arbitrario de 500.000 metros E. Las zonas tienen un ancho máximo en el Ecuador.

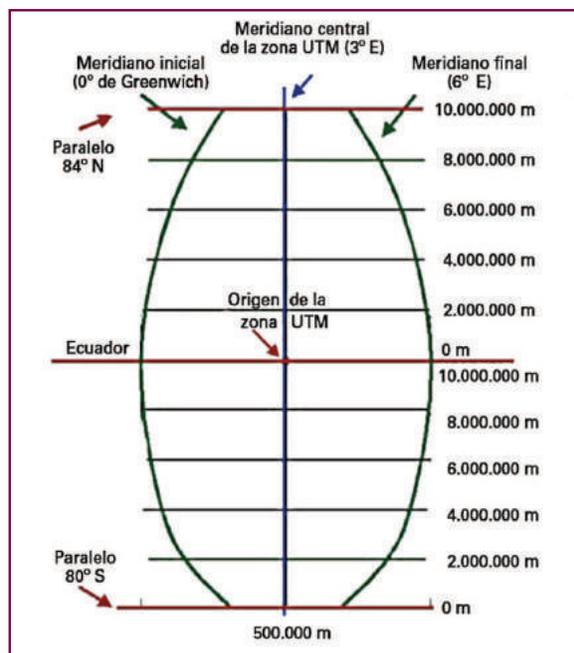


Figura 3. Descripción de las coordenadas UTM

Cada capa de información tiene un sistema de coordenadas. Esto permite referenciar los datos a la superficie terrestre y puntos particulares de interés, así como integrar la información con otras capas temáticas. Cada proyecto geográfico debe integrar datos bajo un sistema de coordenadas común, lo cual permite la integración temática y la realización de operaciones analíticas entre datos.

El objetivo de estas normas es asegurar la integración espacial de los datos provenientes de diferentes fuentes y su compatibilización con datos generados por otras instituciones a nivel nacional e internacional. Para poder integrar datos geográficos de diferentes sistemas de coordenadas, es necesario convertir toda la información a un sistema único.

Para el caso de la Argentina, esta situación puede ocurrir cuando se quiere reunir información geográfica de diferentes provincias, o incluso de departamentos dentro de una misma provincia, es probable que los datos de cada una de ellas estén referidos a un sistema distinto.

Para ello, los programas con entorno en SIG incorporan las herramientas necesarias para efectuar cambios de coordenadas, de forma que para unos datos de partida se genera un nuevo conjunto de datos con la misma información pero expresada en un sistema de coordenadas distinto.

## 2.3. Metadatos

Para facilitar el acceso y la integración de la información espacial, que permitirá extender el conocimiento y el uso de la información geográfica así como la optimización de la toma de decisiones, es necesario que las capas de un SIG contengan metadatos estandarizados como método para documentar la información espacial. Los metadatos son una descripción, un documento resumido que informa acerca del contenido, calidad, fecha de creación e información espacial acerca de un set de datos. Es usualmente guardado en un archivo de textos. Los metadatos facilitan conocer la información de cada

dato disponible en una organización a través de catálogo y servicios de metadatos.

Se deben crear metadatos siguiendo un estándar de metadatos. Los estándares suelen ser creados o ratificados por organismos reguladores nacionales o internacionales. Muchos estándares de metadatos geoespaciales los produce ISO por ejemplo ISO 19115, Información geográfica - Metadatos, ISO 19119, Información geográfica - Servicios e ISO 19139, Información geográfica - Metadatos - Implementación de esquema XML.

## 2.4. Sistemas e infraestructuras para el manejo de geodatabases

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) consisten en una base de datos que contiene datos referenciados espacialmente y es una herramienta de análisis que permite identificar las relaciones espaciales entre características de varios mapas. Los SIG relacionan la información espacial con sus atributos a través de identificadores únicos permitiendo almacenar y analizar mapas, datos del tiempo, imágenes satelitales, etc.

Con el desarrollo de la tecnología informática, en la década de los setenta, se implementaron una serie de programas que permitieron la gestión de los datos espaciales georreferenciados. De esta manera surgieron los Sistemas de Información Geográfica. Esta herramienta comenzó hace pocas décadas atrás siendo utilizada principalmente en el ámbito militar con finalidades estratégicas relacionadas al poder político-económico, pero rápidamente se popularizó y se aplicó para estudios ambientales y territoriales principalmente, como la planificación del ordenamiento territorial, planeamiento urbano, catastro e inventario, así como los riesgos y vulnerabilidades ambientales.

En la actualidad es una herramienta utilizada masivamente por todo tipo de disciplinas, desde la rama de la salud hasta el marketing, desde la logística del transporte a los desarrollos socioeconómicos. Su poder reside en que facilita la compilación, análisis y divulgación de los datos geográficos, debido a la relativa facilidad para administrar grandes volúmenes de información geográfica, permitiendo encontrar respuestas a situaciones complejas para tomadores de decisión.

Para su implementación se utilizan estructuras espe-

cíficas en archivos que permiten almacenar y procesar la información. Un ejemplo de estas estructuras es el formato coverage (Arc/Info) o ShapeFile, que son los más comúnmente usados.

Los elementos principales de un SIG son:

- **Datos:** materia prima para el trabajo que contienen la información geográfica.
- **Métodos:** conjunto de formulaciones, desarrollos metodológicos y algoritmos, a aplicar sobre los datos.
- **Software:** programa informático que trabaja con los datos e implementa los métodos.
- **Hardware:** equipos necesarios para ejecutar el software.
- **Personas:** especialistas encargadas de diseñar y utilizar el software y desarrollar las evaluaciones, análisis o nuevas cartografías temáticas.

Los tipos de elementos geográficos de un SIG son la representación vectorial y la representación raster:

- **Representación VECTORIAL:** Elementos geométricos representados por puntos, líneas y polígonos, cada uno de los cuales tiene asociada una base de datos con múltiples atributos. Ej: Límites de departamentos (línea), red de pluviómetros (punto), Cuerpos de agua (polígono).

- Representación RASTER: Elementos conformados por píxeles o celdas asociados a una matriz de valores únicos. Ej. : imágenes satelitales.
- Las funciones que la implementación de un SIG permite a los análisis de impacto y vulnerabilidad son descriptas en la Tabla 6.

Tabla 6. Capacidades y funcionalidades de un SIG

CAPACIDADES Y FUNCIONALIDADES ANALÍTICAS DE LOS SIG	
Edición	Capacidad para producir nueva información a partir de la geoinformación disponible, mapeando áreas específicas
Selección, búsqueda y consulta	Selección geográfica por búsquedas simples o complejas de elementos geográficos o atributos de geodatabases
Análisis de proximidad	Determinación de áreas de influencia o cercanías entre elementos geográficos a partir de distancias o radios establecidos
Integración por superposición	Coincidencia espacial entre diferentes elementos geográficos que permite la correlación de variables por localización geográfica
Localización	Ubicación de objetos, posiciones o patrones geográficos referidos a determinados riesgos
Determinación de áreas	Determinación de áreas afectadas por determinados patrones o criterios de búsqueda en la información disponible
Detección y mapeo de cambios	Mapeo de los cambios en un área para determinar el impacto de cambios sobre la misma, por ejemplo luego de obras hidráulicas la modificación en las áreas con riesgo de inundación, o anticipar tendencias y necesidades futuras
Densidad y concentración	Determinación de áreas con alta concentración o densidad de una variable
Rutas óptimas	Determinación de trayectos más convenientes entre elementos espacialmente relacionados

Las **bases de datos (BD)** son una colección coherente de datos con significados inherentes convertida por los sistemas informáticos en elementos de consideración imprescindibles.

Una Base de Datos Espacial, o geodatabase (GDB) como suele ser mencionada en el lenguaje técnico, es una BD con soporte para administrar información espacial. Permite reflejar con el mayor grado de exactitud posible, los aspectos del mundo real que requiere un sistema de información de riesgos.

Representa los objetos geográficos, sus atributos, relaciones (espaciales o no) y comportamientos, con un alto grado de similitud con la realidad, permitiendo almacenar numerosos tipos de datos:

- Vectoriales (2D y 3D)
- Raster
- CAD
- Tablas alfanuméricas
- Topologías
- Redes geométricas
- Relaciones entre elementos (geográficos o no)

- Metadatos
- Anotaciones vinculadas a los elementos
- Dimensiones

Los sistemas de gestión de bases de datos (SGBD) se refieren no solo al software que permite crear y mantener una base de datos, sino a un diseño moderno de creación e integración de la información geográfica mediante procesos de definición, construcción, y manipulación de bases de datos para distintas aplicaciones.

En su evolución, los SGBD (Oracle, PostgreSQL, etc), desarrollaron aplicaciones (Oracle Spatial, PostGIS respectivamente) para manipular datos y sus referencias espaciales, georreferenciadas. Incluso puede esquematizarse que los SGBD comienzan a formar parte de los SIG.

Al integrar la información espacial dentro de un SGBD, se incorporan características y ventajas que no se limitan a un entorno monousuario, sino que un SGBD brinda servicios a un grupo de usuarios a través de redes (intranet, internet) que proveen recursos compartidos para un variado conjunto de aplicaciones.

Este ambiente de uso compartido de recursos e información, o corporativo acorde a la terminología informática, es ideal para su aplicación a nivel institucional. Esto conlleva a generar un sistema donde interactúan usuarios de distintas regiones, se plantean diferentes necesidades y requerimientos de información, aunque con similares estructuras de datos y procesos de edición de los mapas.

En los sistemas de procesamiento tradicional cada usuario dispone de una copia del archivo original, generando así, duplicación de información (redundancia) y problemas para determinar versiones actualizadas del archivo. La Figura 4 ilustra las características de desarrollar información geográfica en un contexto individual o fragmentado, en contraste con el enfoque de una base de datos integrada y relacionada.

En el enfoque de BD se mantiene un único depósito de datos, el cual se define una sola vez y posteriormente es accedido por varios usuarios. Los SGBD controlan el acceso y concurrencia de los usuarios, incorporando mecanismos encargados de mantener la coherencia y consistencia de los datos (Figura 5).

Las ventajas de la implementación de una SGBD en el contexto de una SIG institucional facilita el manejo de

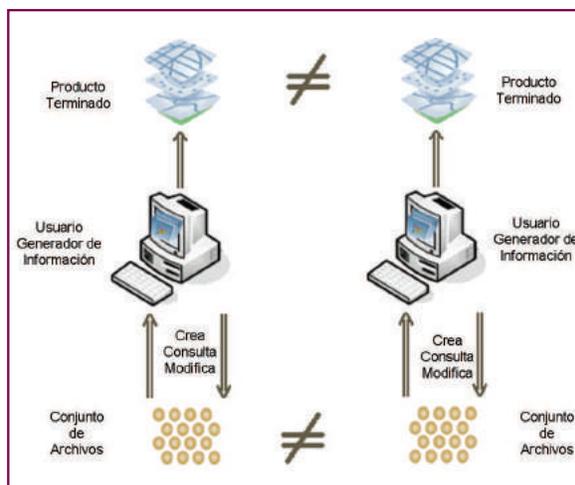
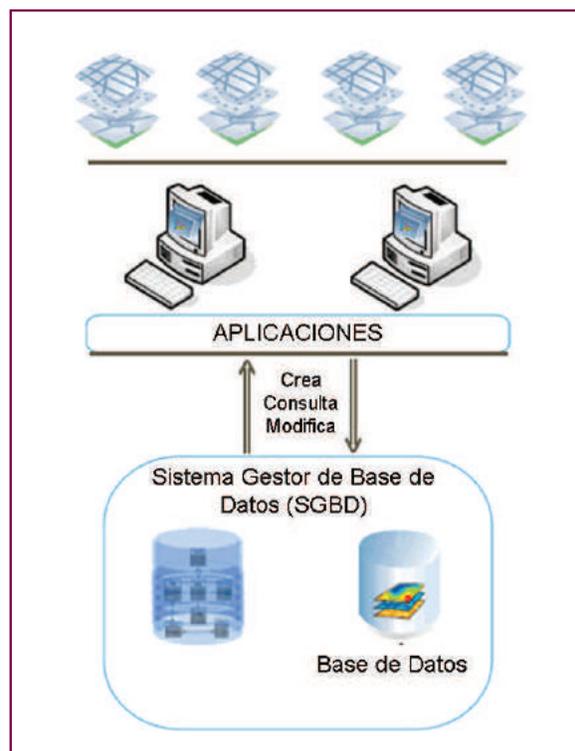


Figura 4. Enfoque tradicional

Figura 5. Enfoque de BD



amplios volúmenes de bases de datos geográficas, respetando la independencia e integridad de cada capa y evitando en contexto de trabajo inter e intra-institucional la duplicidad de información (Figura 6).

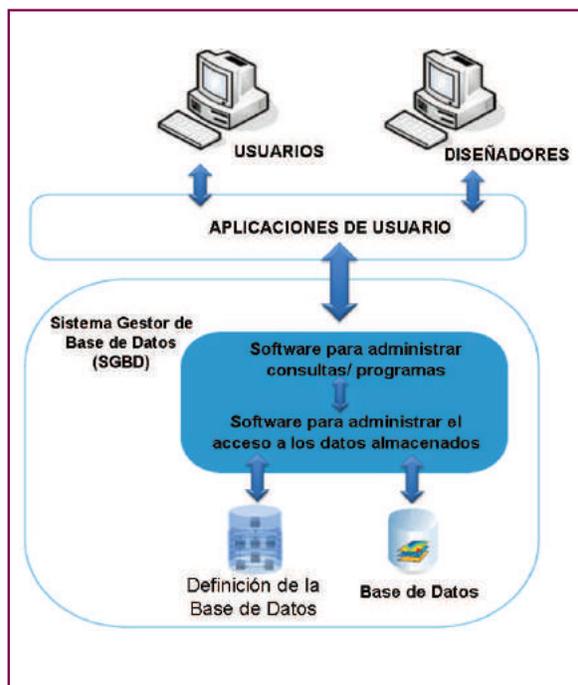


Figura 6. Esquema de un SGBD

Las principales características y ventajas de una SGBD son: uniformidad en el almacenamiento de los datos, naturaleza autodescriptiva, es decir, no sólo contienen la BD propiamente dicha, sino también una definición de la descripción completa de la estructura de la BD y sus restricciones; abstracción de datos, ahorrando al usuario detalles acerca del almacenamiento físico de los datos; acceso concurrente y procesamiento multiusuario para edición simultánea de mapas y bases de datos; objetos de datos, por lo que en lugar de generar puntos, líneas y áreas, el usuario trabaja con objetos de interés,

unidades temáticas, ríos, rutas, parcelas, etc.; los puntos, líneas, polígonos con asociaciones topológicas, representación espacial y relaciones generales; evita la aparición de información repetida o redundante; permite representar más fielmente la realidad mediante la inserción de características y comportamientos al objeto propiamente; restricción a accesos no autorizados; interfaces de usuario e integridad referencial.

Una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) integra datos, metadatos, servicios e información de tipo geográfico para promover su uso en red y a través de internet. Una IDE es el conjunto de "tecnologías, políticas, estándares y recursos humanos para adquirir, procesar, almacenar, distribuir y mejorar la utilización de la información geográfica".

Las IDE benefician y promueven el acceso global y público a la información geográfica y facilitan el transporte de información geoespacial. Esto se logra a través de acciones coordinadas entre organizaciones que promueven la sensibilización e implementación de políticas afines, la estandarización y los mecanismos efectivos para el desarrollo, accesibilidad e interoperabilidad de datos geográficos digitales y tecnologías, como base para la toma de decisiones en todas las escalas y con múltiples propósitos.

Los sistemas de información geográfica integrados en una IDE benefician el acceso a tiempo real a los datos generados en múltiples ámbitos por el tomador de decisiones en temáticas de riesgo y emergencia agropecuaria, como desastres naturales.

Actualmente en la Argentina se encuentran en desarrollo varias IDE, como el Proyecto Sistema de Información Geográfica Nacional de la República Argentina (PROSIGA), y GeoINTA, así como múltiples iniciativas provinciales.

## 2.5. Normas, estándares e infraestructuras de datos geoespaciales

### Open Geospatial Consortium (OGC)

Fue creado en 1994 y actualmente forman parte del OGC más de 370 organizaciones públicas y privadas (actualizado a Junio 2011). El OGC surge a raíz del desarrollo del software SIG de fuente libre GRASS

y la subsiguiente Fundación OGF (Open GIS Foundation) creada en 1992. Anteriormente fue conocido como Open GIS Consortium. Este consorcio forma parte del comité técnico de la ISO encargado de desarrollar los estándares en materia de información geográfica, elTC-211.

El objetivo de este consorcio es la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de Sistemas de Información Geográfica y de la World Wide Web. A la OGC pertenecen las grandes empresas productoras de software, además de agencias públicas y centros de investigación. Las principales especificaciones desarrolladas por la OGC son GML, KML, WMS, WFS, WCS y CSW. En este conjunto de especificaciones se basan los servicios de la mayoría de las Infraestructuras de Datos Espaciales, dado que aseguran la interoperabilidad con neutralidad tecnológica y han sido implementadas en numerosas herramientas de software.

Enlace a la página principal OGC:

- <http://www.opengeospatial.org/>

Enlace a la página de especificaciones de OGC:

- <http://www.opengeospatial.org/standards>

### **International Organization for Standardization (ISO)**

La Organización Internacional para la Normalización, o ISO, es el organismo encargado de promover el desarrollo de normas internacionales en prácticamente todos los campos de la industria y los servicios. En lo que respecta a la información geográfica esta organización internacional cuenta con un grupo de trabajo denominado TC-211 (Technical committee 211). Todas las normas que este grupo de trabajo produce se agrupan en la familia de normas ISO -19100 relacionadas con la información espacial.

Enlace a la página principal de ISO:

- <http://www.iso.org>

Enlace a la página del TC-211 de ISO:

- <http://www.isotc211.org/>

### **Instituto Geográfico Nacional (IGN)**

El IGN entiende en la planificación, programación, ejecución, control, fiscalización y asesoramiento de la actividad geográfica, a nivel nacional, a fin de satisfacer los objetivos y políticas establecidas por el Poder Ejecutivo Nacional, contribuyendo a la definición y representación de la soberanía territorial Argentina. Es un organismo descentralizado que se desvuelve en el ámbito del Ministerio de Defensa. De acuerdo a lo establecido en la Ley N° 22.963,

complementada por la Ley N° 24.943 y la Decisión Administrativa 520/96, toda la estructura orgánica del IGN responde al objetivo de producir y explotar información geoespacial.

Enlace a la página principal del IGN:

- <http://www.ign.gov.ar/>

### **GeoINTA**

GeoINTA es la IDE del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Es una plataforma que consolida una infraestructura de datos geoespaciales para INTA y otras entidades académicas. Tiene como objetivo principal desarrollar y organizar un sistema de geoinformación en red que incluya cartografía, bases de datos georreferenciadas, datos satelitales y aerofotográficos disponibles y a producir en el INTA, para evaluación, seguimiento e inventariado de recursos naturales y productivos.

Enlace a la página principal de GeoINTA

- <http://geointa.inta.gov.ar>

### **PROSIGA**

El Proyecto Sistema de Información Geográfica Nacional de la República Argentina (PROSIGA) integra datos aportados por los organismos participantes en una IDE para su consulta a través de internet. Integra información generada por organismos oficiales. El propósito es lograr a través de acciones coordinadas, el desarrollo y la implementación de estándares comunes, la disponibilidad de datos geoespaciales digitales y tecnologías interoperables, el apoyo a las tomas de decisiones, a todas las escalas y para múltiples propósitos.

Enlace a la página principal del ProsigA

- <http://www.prosigA.gov.ar>

### **IDERA**

La Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA) es un ámbito de trabajo colaborativo en el que participan los diferentes niveles del gobierno, el ámbito académico y de investigación con el objetivo de aunar esfuerzos y experiencias orientándolos hacia la consolidación de una IDE nacional.

Enlace a la página principal de la IDERA

- <http://www.idera.gov.ar>



IKONOS - Norte de la provincia de Buenos Aires. 28/09/2003

# 3

## Sensores y redes para observación y monitoreo

### 3.1. Sensores Remotos

Los sensores remotos son sistemas de teledetección para la adquisición de información sobre propiedades de objetos, superficies o materiales a través de instrumentos que no se encuentran en contacto con dicho objeto, superficie o material. Miden la energía electromagnética reflejada o emitida por una superficie distante, identificando patrones y categorizando por clases su distribución espacial.

Además de posibilitar el conocimiento del territorio, la teledetección satelital permite a través del monitoreo de los fenómenos ambientales, inventariar los recursos naturales, y determinar áreas afectadas por riesgos y procesos generados por el impacto del clima.

La teledetección se complementa y tiene mucha sinergia con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ambas herramientas claves para los análisis de riesgo.

La amplia cobertura territorial que tienen las imágenes

satelitales permiten una visión sinóptica de cada riesgo o proceso que se analiza, lo convierten en una herramienta útil para el estudio de fenómenos muy dinámicos, como inundaciones, desertificación, erosión eólica, deforestación, grandes incendios forestales, etc.

Las series de datos históricos de información satelital son útiles para las determinaciones de vulnerabilidad de diferentes áreas productivas y para la determinación de ambientes y limitaciones en diferentes agroecosistemas.

En Argentina, han sido de amplio uso las series de datos del programa Landsat. Desde mediados de la década de 1970 se utilizaron estos datos del sensor MSS de 80 metros de resolución espacial para el mapeo de áreas anegadas (Figura 1). Entre 1990 y el 2000 se consolidó su utilización por numerosas instituciones públicas y en medios académicos, y utilizando medios digitales.

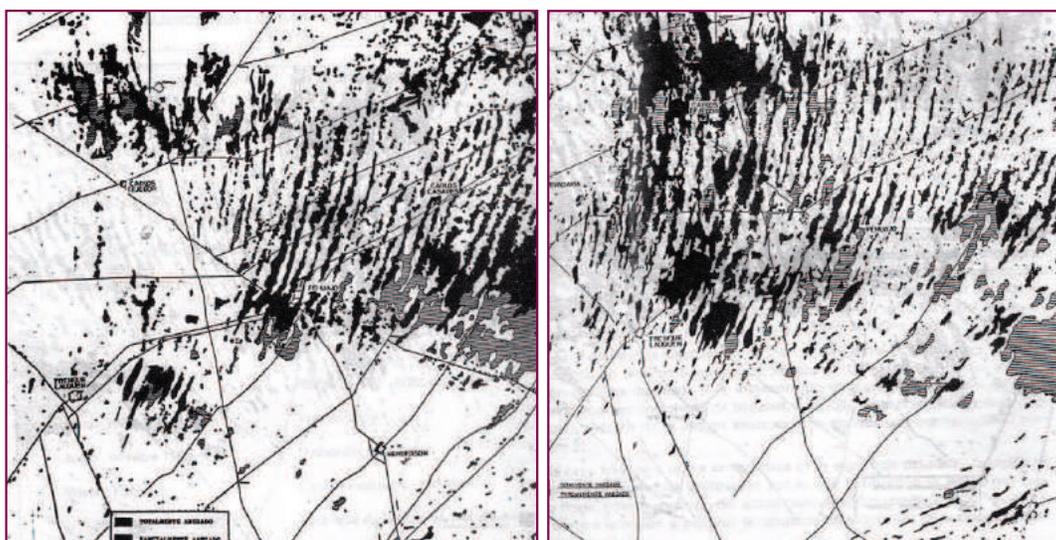


Figura 1. Mapeo de áreas anegadas en el oeste bonaerense mediante medios gráficos y fotointerpretación sobre imágenes Landsat de Febrero de 1973 y Abril de 1984 (INTA).

Hoy se dispone no solo de amplios bancos de datos multitemporales de más de 35 años de adquisiciones del programa Landsat, sino también de una alta capacidad profesional para el procesamiento de este tipo de datos para aplicaciones de riesgo agropecuario.

Asimismo datos MODIS de NASA, y del SAC-C provisto por la CONAE son usados ampliamente en evaluaciones de áreas afectadas por riesgos y emergencias agropecuarias con alcance y escala regional.

En el marco de la Carta Internacional Espacio y Grandes Catástrofes la Argentina participa a través de la CONAE, con el objetivo de acceder a un sistema unificado de adquisición y entrega de datos espaciales, dedicado a catástrofes naturales o antropogénicas y situaciones de emergencias. Cada agencia miembro ha comprometido recursos para apoyar las disposiciones de la Carta y, así, ayudar a mitigar los efectos generados por las catástrofes sobre la vida de las personas y los bienes. La Carta Internacional se firmó en julio de 1999, y han adherido casi todas las agencias espaciales y empresas privadas proveedoras de datos satelitales (RADARSAT, ERS, ENVISAT, SPOT, IRS, SAC-C, satélites NOAA, LANDSAT, ALOS, DMC y otros). Se plasma a través de los procedimientos descritos en el disaster charter:

<http://www.disasterscharter.org/web/charter/activate>

Los sensores pueden ser activos o pasivos, según tengan o no su propia fuente de radiación, respectivamente. Entre los primeros se encuentran los ópticos con bandas pancromáticas y multiespectrales, y entre los segundos, los de microondas de radar. Las plataformas para la obtención de datos pueden ser satelitales o aéreas.

En el caso de los sensores montados en satélites podemos describir principalmente dos tipos, según sus órbitas: los de órbita geoestacionaria y los de órbita cuasi polar.

En el primer caso el satélite se mueve junto con la Tierra observando siempre la misma porción del planeta, facilitando la obtención de imágenes con frecuencias de entre 15 minutos, a una hora, lo que permite un adecuado monitoreo de eventos meteorológicos, visualización de nubes, observación del vapor de agua en la atmósfera, temperaturas de superficie de tierra y mar, determinación de vectores de viento, radiación solar incidente, condiciones de la vegetación, entre otros.

Por otro lado, la órbita cuasi polar está ligeramente desplazada respecto de los meridianos capturando información de este a oeste de distintas porciones de la superficie a la misma hora solar. Se hace mención a continuación de algunos de los principales programas satelitales dentro de esta categoría:

- **POES** (Polar orbiting Operacional Environmental satellites)

Puestos en servicio por la NOAA (Nacional Oceanic Atmospheric Administration), se destacan fundamentalmente por su sensor AVHRR (Advance Very High Resolution Radiometer), que inicialmente fue diseñado para determinación de cobertura de nubes y temperatura de la superficie del mar, pero al suministrar datos de distintas bandas dentro del espectro visible, infrarrojo cercano e infrarrojo térmico ha sido posible aplicarlo en numerosos estudios en el campo de observación de la Tierra: nubes, lagos, mares, vegetación, hielo, nieve, costas, como también temperaturas de la tierra, agua, superficies de mares y nubes y generación de índices combinando información de diferentes bandas.

- **MODIS** (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)

El sensor MODIS es un radiómetro hiperespectral sobre las plataformas espaciales Terra (EOS AM) y Aqua (EOS PM), desarrolladas por la NASA. Estas plataformas constan además de otros sensores importantes como lo son ASTER, CERES y MISR. MODIS capta información de 36 canales entre el visible y el infrarrojo térmico, en diferentes resoluciones espaciales. Los productos elaborados con esta información se encuentran disponibles ampliamente en internet, y fueron pensados para estudios oceanográficos, biológicos y atmosféricos, tales como:

- Vegetación y cobertura de la superficie terrestre
- Productividad primaria neta
- Índice de área foliar
- Radiación fotosintéticamente activa
- Fuegos y anomalías térmicas
- Concentración de clorofila
- Concentración de sedimentos en suspensión

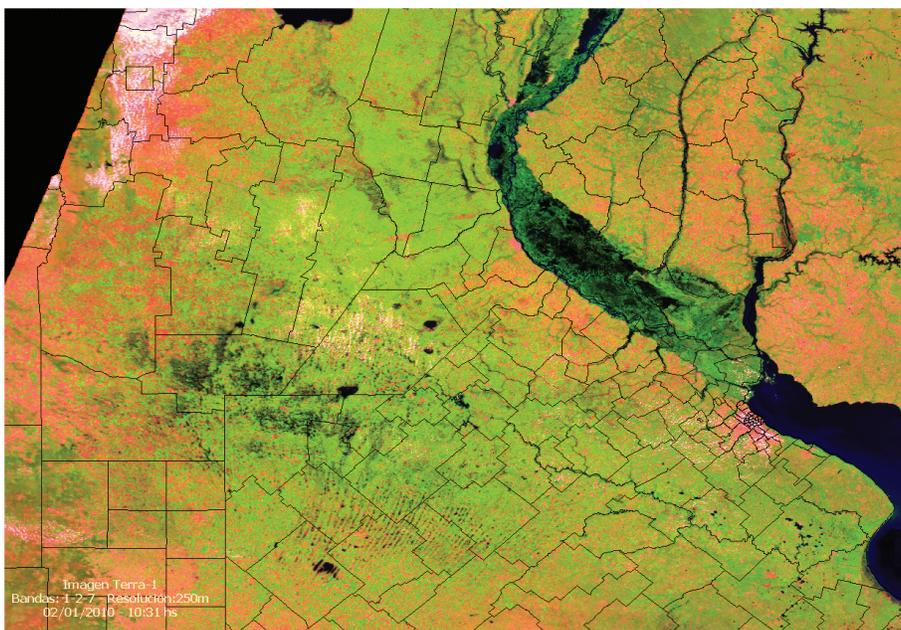


Figura 2. Áreas afectadas por anegamientos en el noroeste de Buenos Aires y sudoeste de Córdoba en una imagen MODIS del 2 de Enero de 2010.

- Detección de propiedades de las nubes
- Concentración de aerosoles
- Temperatura atmosférica y perfiles de vapor de agua
- Etc.

Los índices de vegetación son un típico producto de uso en el sector agropecuario que se desarrolla en base a datos capturados por estas plataformas.

- **SAC-C**

Es un satélite argentino diseñado y operado por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) que provee datos en 175 m de resolución espacial, con un ancho de barrido de 360 kilómetros y una revisita de 16 días. La misión SAC-C cubre tanto la Observación de la Tierra como mediciones con fines científicos. El SAC-C conforma, junto con los satélites de los EEUU, la constelación internacional para Observación de la Tierra.

- **TRMM** (Tropical Rainfall Measuring Mission)

Consta de cinco instrumentos sensores únicos, de los cuales cuatro están destinados a generar imágenes de nubosidad, precipitación y relámpagos. Captura imágenes entre las latitudes de 35 grados Norte

y Sur, por lo que se considera fundamental para el estudio de condiciones de tiempo severo. Son datos de mucha utilidad para el mapeo espacio temporal de los campos de precipitación (Figura 3).

- **LANDSAT** y sensores de similar resolución

Estos satélites son los principales utilizados para estudio de recursos naturales y el monitoreo del medio ambiente.

Las plataformas de Landsat datan de más de 30 años y cuentan con canales en el visible, y los más recientes con canales en el infrarrojo cercano, medio y térmico y una ventana pancromática de alta resolución. Aún continúan vigentes las misiones de Landsat 5 y 7, con una resolución temporal de 16 días y una resolución espacial con píxeles de 30 metros de lado.

Esta es la resolución óptima para el desarrollo de mapeos temáticos y cartografías en escalas de 1:50.000 a 1:250.000. Son de altísima efectividad para la determinación de vulnerabilidad de diferentes zonas a diferentes riesgos y procesos derivados del impacto del clima. Un ejemplo claro son las determinaciones de vulnerabilidad y frecuencia de anegamientos e inundaciones.

Los sensores satelitales de tipo-Landsat, son satélites similares a Landsat, tienen una resolución espacial media de entre 15 y 30 metros, cubren amplias

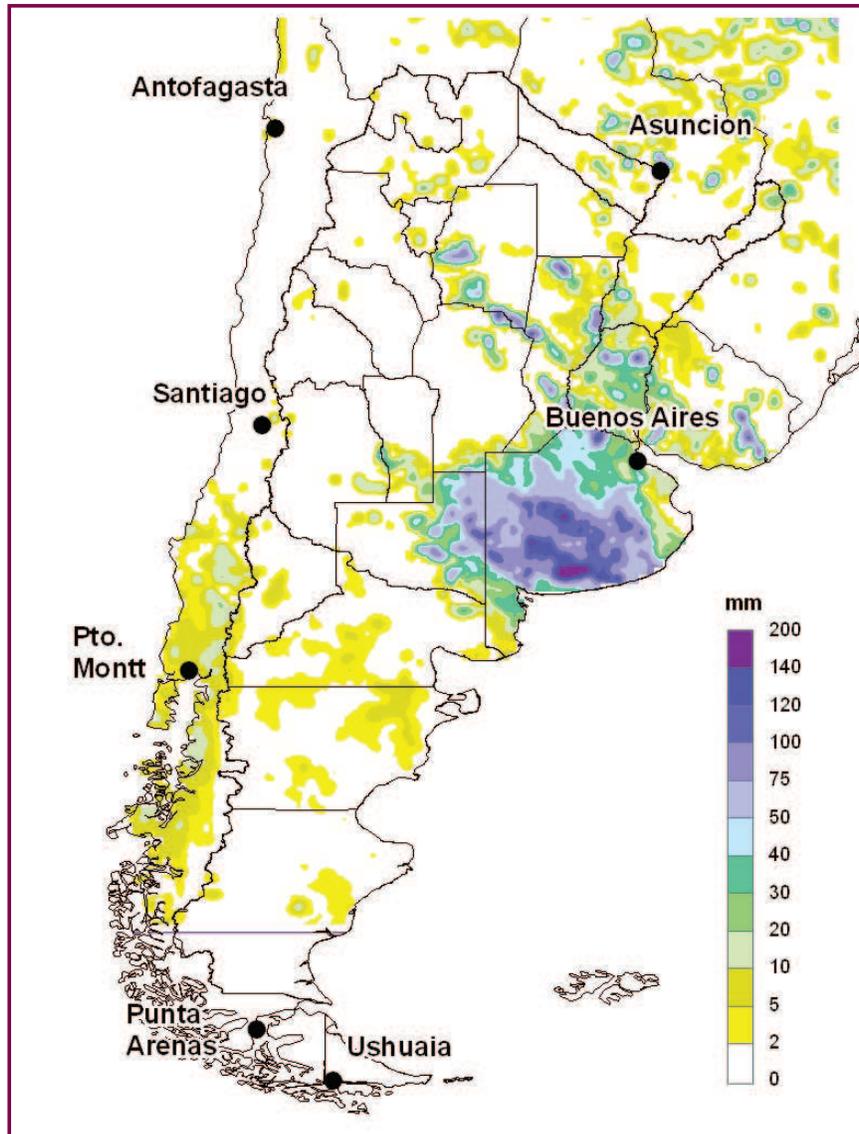


Figura 3. Mapa de precipitación de los días 15 y 16 de enero de 2011, en base a datos TRMM (Procesamiento experimental I. de Clima y Agua, INTA).

áreas territoriales y poseen resolución multiespectral. Los más distintivos programas han sido además de Landsat, el SPOT e IRS. Se suma a este grupo el programa CBERS liderado por China y Brasil, con datos multiespectrales en 20 metros, disponibles de manera gratuita al público vía internet.

Debido al éxito de los programas CBERS-1 y 2, China y Brasil continúan el programa CBERS con el desa-

rollo del CBERS-3 y 4 y una participación de Brasil en el 50 % del programa. Ambos se esperan estén disponibles durante 2011. Los datos CBERS han estado disponibles para su uso libremente con 20 metros de resolución espacial.

Los principales satélites aún con vida útil que proveen datos en resoluciones espaciales menores a los 50 metros se detallan en la Tabla 1. Incluye la ca-

Tabla 1 Satélites actualmente operativos con resolución espacial menor a 50 metros.

SATÉLITE	PAÍS	Fecha de lanzamiento	RESOLUCIÓN Pancromática	RESOLUCIÓN Multiespectral	COBERTURA (KM)
Landsat 5	USA	01/03/84		30,0	185
IRS 1D	India	29/09/97	6,0	23	70, 142
Proba	Unión Europea	10/21/1997		18 Hyp	14
SPOT-4	Francia	24/03/98	10,0	20	120
Landsat 7	USA	15/04/99	15,0	30	185
IKONOS-2	USA	14/09/99	1,0	4	11
TERRA (ASTER)	Japón/USA	15/12/99		15, 30, 90	60
KOMPSAT-1	Corea	20/12/99	6,6		17
EO-1	USA	21/11/00	10,0	30	37
EROS A1	Israel	12/05/00	1,8		14
QuickBird-2	USA	18/10/01	0,6	2,5	16
SPOT-5	Francia	05/04/02	2,5	10	120
DMC UK (SSTL)	Reino Unido	27/09/03		32	600
IRS ResourceSat-1	India	17/10/03	6,0	6, 23, 56	24, 140,740
CBERS-2	China/Brasil	21/10/03	20,0	20	113
FORMOSAT-2	Taiwán	20/04/04	2,0	8	24
IRS Cartosat 1	India	05/04/05	2,5		30
MONITOR-E -1	Rusia	26/08/05	8,0	20	94, 160
Beijing-1 (SSTL)	China	27/10/05	4,0	32	600
TopSat (SSTL)	Reino Unido	27/10/05	2,5	5	10, 15
ALOS	Japón	24/01/06	2,5	10	35, 70
EROS B1	Israel	25/04/06	0,7		7
Resurs DK-1 (01-N5)	Rusia	15/06/06	1,0	3	28
KOMPSAT-2	Corea del Sur	28/07/06	1,0	4	15
IRS Cartosat 2	India	01/10/07	0,8		10
WorldView -1	USA	18/09/07	0,5		16
CBERS-2B	China/Brasil	19/09/07	20,0	20	113
RapidEye-A	Alemania	04/01/08		6,5	78
RapidEye-B	Alemania	04/01/08		6,5	78
RapidEye-C	Alemania	04/01/08		6,5	78
RapidEye-D	Alemania	04/01/08		6,5	78
RapidEye-E	Alemania	04/01/08		6,5	78
SumbandilaSat	Sudáfrica	04/01/08		7,5	
X-Sat	Singapur	04/16/08		10	50

SATÉLITE	PAÍS	Fecha de lanzamiento	RESOLUCIÓN Pancromática	RESOLUCIÓN Multiespectral	COBERTURA (KM)
Hi-res Sterio Imaging	China	07/01/08	2,5, 5	10	
WorldView -2	USA	07/01/08	0,5	1,8	16
Venus	Israel/Francia	08/01/08		10	28
GeoEye-1	USA	23/08/08	0,4	1,64	15
DMC Deimos-1	España	15/11/08		22	660
DMC UK-2	Reino Unido	15/11/08		22	660
IRS ResourceSat-2 740	India	15/12/08	6,0	6, 23, 56	24, 140,
EROS C	Israel	04/01/09	0,7	2,8	11
CBERS-3	China/Brasil	05/01/09	5,0	20	60, 120
TWSAT	India	07/01/09		35	140
DMC NigeriaSat	Nigeria	07/01/09	2,5	5, 32	320
ARGO	Taiwán	07/01/09		6,5	78
KOMSAT-3	Corea del Sur	11/01/09	0,7	3,2	
Pleiades-1	Francia	03/01/10	0,7	2,8	20
CBERS-4	China/Brasil	07/01/10	5,0	20	60, 120
Pleiades-2	Francia	2011	0,7	2,8	20
EnMap	Alemania	2011		30 Hyp	30
LDCM	USA	2012	10,0	30	177
SPOT 6/7	Francia	2012	2,0	6	60
Sentinel 2 A	ESA	2012		10, 20, 60	285

tegoría Landsat y similares a Landsat y los de alta resolución, todos estos considerados de utilidad para la generación de información relativa a vulnerabilidad, impacto y emergencias derivadas de riesgos y procesos derivados de extremos climáticos.

- **Sensores** de alta resolución

Hay alrededor de 18 sistemas de alta resolución que proveen datos del orden del metro, pero a expensas de una menor área de cobertura y limitaciones en las capacidades multiespectrales. Estos programas son prácticamente exclusivos del sector privado. Tienen la posibilidad de identificar daños a escalas de detalle, con píxeles aún menores a 1 metro de resolución. El primer satélite comercial de alta resolución fue el

IKONOS y fue lanzado a fines de 1999. Los programas actuales que ofrecen datos pancromáticos y color de alta resolución (menos de 5 metros) incluyen al GeoEye, Quickbird, Worldview, Komsat, Pleiades, Eros, Rapideye, y en general son constelaciones de satélites. Generalmente, los datos de alta resolución son comerciales, lo que limita por el alto costo de estos datos su difusión en aplicaciones para la determinación de vulnerabilidad o análisis de riesgos a tiempo real.

- **Satélites** con sensores radar

Los satélites de radar proveen datos en el rango de las microondas y presentan la ventaja de poder capturar información desde el espacio aún con cober-

Tabla 2. Satélites actuales con sensores de radar

SATÉLITE	PAÍS	FECHA DE LANZAMIENTO	MEJOR RESOLUCIÓN	MICROONDAS BANDA
ERS-2	ESA*	21/04/95	30,0	C
RadarSat 1	Canadá	11/04/95	8,5	C
ENVISAT	ESA	03/01/02	30,0	C
ALOS	Japón	24/01/06	10,0	L
COSMO-Skymed-1	Italia	08/06/07	1,0	X
TerraSAR X	Alemania	15/07/07	1,0	X
RadarSat 2	Canadá	14/09/07	3,0	X
COSMO-Skymed-2	Italia	08/12/07	1,0	X
COSMO-Skymed-3	Italia	01/07/09	1,0	X
TerraSAR L	Alemania	15/08/09	1,0	L
COSMO-Skymed-4	Italia	06/11/10	1,0	X
TanDem-X	Alemania	30/06/10	1,0	X
KompSat 5	Corea del Sur	2011	3,0	X
Radarsat Constellation-1	Canadá	2011		C
Sentinel 1	ESA	2011	5,0	C
Radarsat Constellation-2	Canadá	2012		C
Radarsat Constellation-3	Canadá	2013		C
SAOCOM-1A	Argentina	2013	10,0	L
SAOCOM-1B	Argentina	2014	10,0	L

\* ESA: European Space Agency. Unión Europea

tura nubosa. Esto tiene una importancia estratégica por la premura para disponer de datos a tiempo real sobre los alcances de eventos adversos que generan

riesgos. Su potencial combinación con datos ópticos multiespectrales permite visualizar un amplio margen de aplicaciones para riesgo agropecuario.

### 3.2. Redes sinópticas de observación meteorológica

La observación meteorológica consiste en la medición y determinación de todos los elementos que en su conjunto representan las condiciones del estado de la atmósfera en un momento dado y en un determinado lugar, utilizando instrumental adecuado y complementado por los sentidos del observador, principalmente la vista. Estas observaciones, realizadas con métodos y en forma sistemática, uniforme, ininterrumpida y a las horas establecidas, per-

miten conocer las características y variaciones de los elementos atmosféricos, los cuales constituyen los datos básicos que utilizan los servicios meteorológicos, tanto en tiempo real como diferido.

Hay diferentes tipos de observaciones para satisfacer las numerosas necesidades de la meteorología. Dentro de las principales podemos hallar las efectuadas en estaciones sinópticas. Son observaciones

que se efectúan a varias horas fijas del día, remitiéndolas inmediatamente a un centro recolector de datos, mediante mensajes codificados, por la vía de comunicación más rápida disponible. Estas observaciones se utilizan para una multitud de fines meteorológicos, en general en tiempo real, es decir, de uso inmediato, y especialmente para representar la sinopsis de la situación presente e incorporarse en los modelos de pronóstico numérico del tiempo.

Las estaciones sinópticas pueden ser de superficie o de altitud (si efectúan radiosondeos). También se distingue entre estaciones sinópticas marítimas y terrestres, dotadas de personal o automáticas, principales o suplementarias. Otras fuentes de información meteorológica, además de las estaciones sinópticas, están representadas por aeronaves, estaciones climatológicas, agrícolas, especiales y satélites y radares meteorológicos.

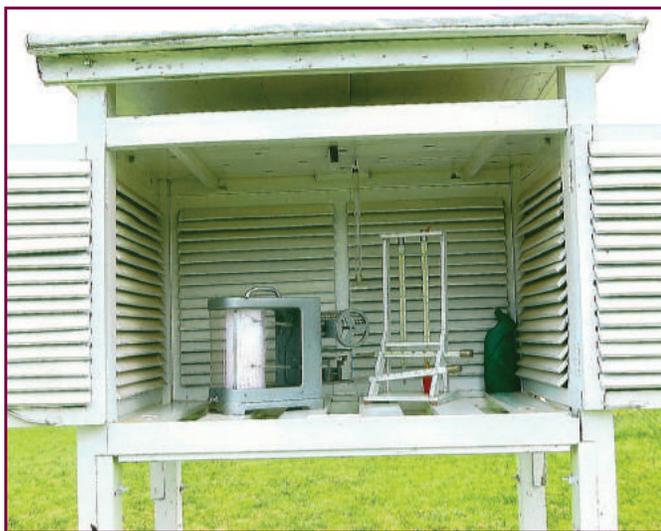


Figura 4. Casilla de Observación Meteorológica

Para ser clasificada como estación sinóptica, la misma debe contar con registros estandarizados de determinados elementos meteorológicos: tiempo presente, tiempo pasado, dirección y velocidad del viento, cantidad y tipo de nubes, altura de la base de las nubes, visibilidad, temperatura del aire, temperatura del suelo, humedad, presión atmosférica, características y valor de la tendencia barométrica (Figura 4). La persona que realiza estas observaciones se denomina Observador Meteorológico, para lo cual debe realizar un curso, por general en el Servicio Meteorológico Nacional.

Una estación sinóptica puede proveer importante información a nivel local, pero es indispensable disponer de una red de estaciones para poder confeccionar un mapa del tiempo. Se piensa que la primera red de estaciones de observación, naturalmente rudimentaria, fue la creada por Fernando II de Toscana, en 1653. Su "Academia de Experimentación", con el interesante lema "No cejar nunca en nuestros intentos", creó siete estaciones meteorológicas en Italia septentrional y cuatro fuera de Italia. El primer intento sistemático para confeccionar un mapa meteorológico lo realizó H. W. Brandes, en Liepzig, en 1820.

Pronto se hizo evidente que lo que realmente hacía falta era un sistema coordinado, con objeto de normalizar las observaciones meteorológicas y darles regularidad: si todas las observaciones, en todo el mundo, pudiesen hacerse a la misma hora y con los mismos instrumentos, eso permitiría la confección de mapas que presentarían un panorama general de la situación reinante en el momento mismo de las observaciones. La Organización Meteorológica Mundial regula actualmente la normalización de las observaciones internacionales, fijando los procedimientos y las prácticas que deben aplicarse.

La historia de la observación meteorológica en la Argentina ha sufrido los altibajos y discontinuidades de la historia nacional. La mayor cantidad de información normalizada, a tiempo real, con décadas de registros históricos y disponibles para la comunidad en general, se reúne en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). La Figura 5 muestra la disponibilidad y distribución geográfica actual de las redes sinópticas de SMN e INTA unidas.

La obtención de información meteorológica es vital para numerosos fines, ya que la actividad humana se halla en la actualidad todavía muy supeitada al estado del tiempo (agro, pesca, turismo, deportes, transporte, energía, infraestructuras, indumentaria, salud, etc.) y sin datos meteorológicos se hace imposible la generación de pronósticos, alertas, monitoreo del medio ambiente, además de la investigación científica. Este hecho, sumado a la realidad de que los sensores remotos y las redes sinópticas se complementan, pero de ninguna manera unos reemplazan a las otras, hacen evidente la necesidad de mantener y ampliar las redes sinópticas oficiales de observación meteorológica, en especial hacia áreas actualmente relegadas.

### 3.3. Redes de estaciones automáticas

Además de las redes sinópticas, diversas redes de estaciones automáticas brindan datos meteorológicos de superficie. Estas estaciones pueden capturar, grabar o transmitir datos en fracciones menores a la hora, en general en fracciones de 10 minutos, transmitiendo la información a diversos gestores de datos meteorológicos alojados en servidores.

Existen numerosas redes de estaciones automáticas, que dependen de instancias públicas y priva-

das. Así, muchas redes dependen de estados provinciales, cooperativas, bolsas de cereales, comités de cuencas u organismos hidráulicos y brindan servicios regionales direccionados a diferentes cadenas productivas o para la provisión de sistemas de alarma hidrológico. También empresas agropecuarias y productores individuales disponen en la actualidad de estaciones automáticas para el registro de variables agrometeorológicas en establecimientos agropecuarios.

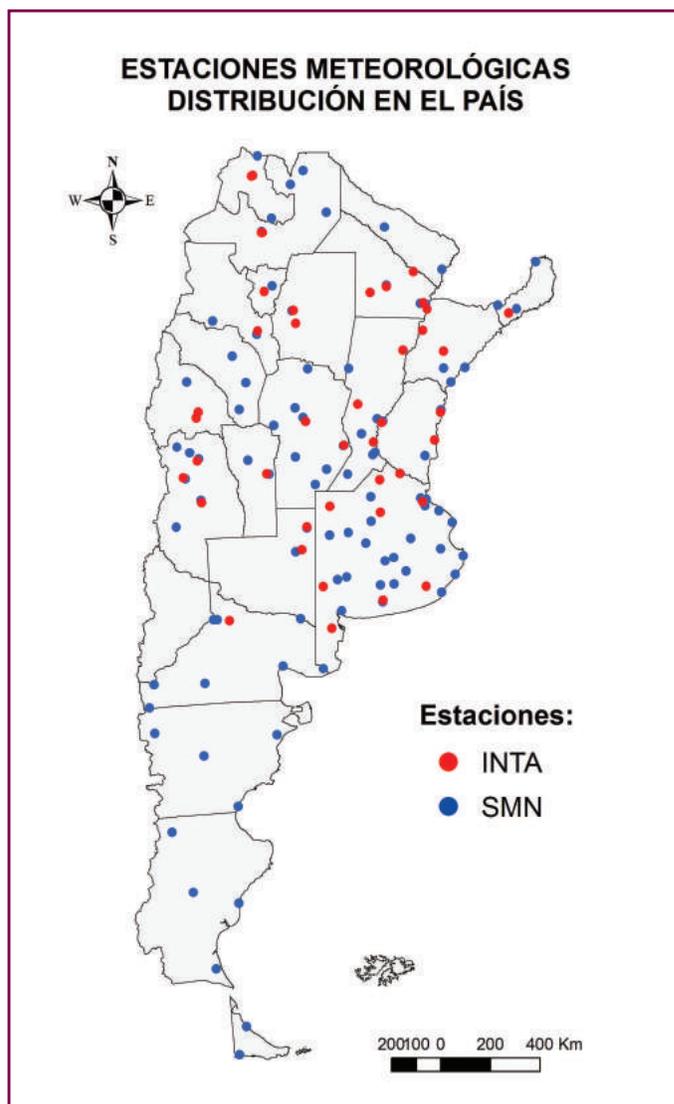


Figura 5. Redes sinópticas de estaciones meteorológicas de los organismos nacionales INTA y SMN



Figura 6. Estación Agrometeorológica Automática Nimbus THP (INTA-UTN)

En la actualidad varios organismos oficiales desarrollan proyectos relativos a la integración de redes de estaciones. El INTA a través del Instituto de Clima y Agua trabaja en el desarrollo de una estación agrometeorológica automática institucional. Se desarrollan 150 estaciones que permitirán incrementar los

puntos de observación y captura de datos de toda la red troncal del INTA y a lo largo del país, integrando los datos en un sistema gestor de información agrometeorológica de amplias prestaciones y accesible vía web, para facilitar el acceso y consulta pública de los datos.

### 3.4. Red de radares meteorológicos

La red de radares meteorológicos del INTA consta de 3 radares. El Radar INTA Pergamino, modelo Gematronix Meteor 360, instalado y funcionando desde Junio del 2006 y los radares de INTA Paraná e INTA Anguil, modelo Gematronix Meteor 600. El SMN dispone y opera un radar Enterprise en Ezeiza. Estos radares de vigilancia meteorológica son

de tipo doppler y los radares de Paraná y Anguil son radares que cuentan con tecnología doppler de doble polarización lo que mejora la precisión y eficiencia de determinación de hidrometeoros.

En la Figura 7, en amarillo se muestran las ubicaciones de los radares actuales (Pergamino, Paraná,

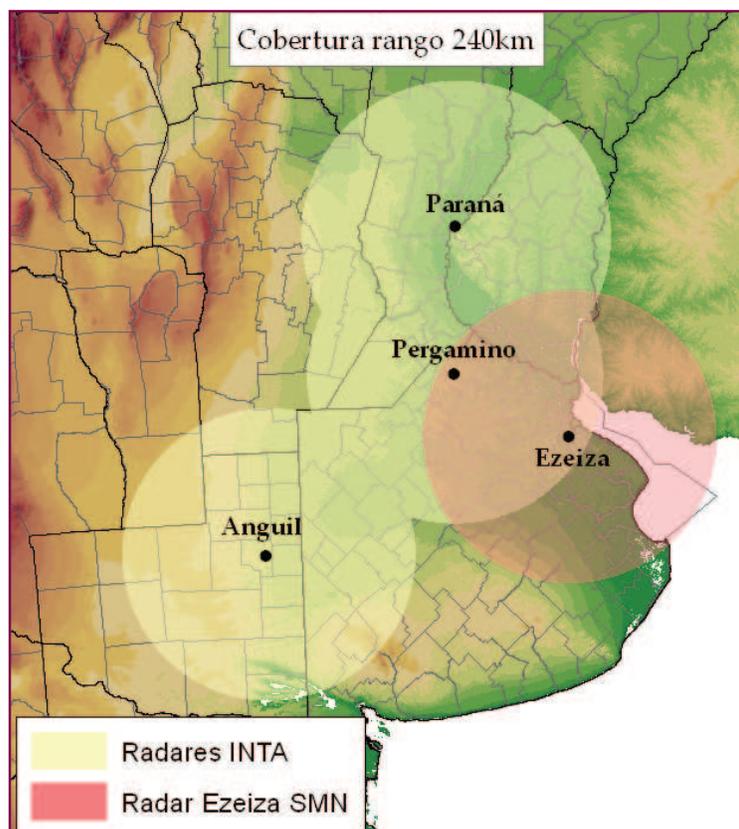


Figura 7. Red de Radares Meteorológicos INTA y SMN

Anguil) del INTA. En rojo, el área de cobertura del radar Ezeiza del SMN. Cada localización tiene un área de cobertura con un radio de 240 Km, que es el alcance medio óptimo del radar. Entre los 4 radares se monitorea, descontando la superposición, un área de alrededor de los 50 millones de hectáreas y amplias zonas productivas.

Los radares meteorológicos permiten una nueva visión para la meteorología. Las prestaciones de los radares incluyen la determinación de las áreas con lluvias, y su evaluación cuantitativa y cualitativa. Otras prestaciones son los productos relativos a granizo, viento y el impacto de las lluvias por cuencas.

Los radares agrometeorológicos del INTA (Figura 8) operan en el marco del Convenio por Radares INTA y SMN. El INTA fundamentalmente trabaja Ex post eventos, en el desarrollo operativo de productos de lluvias acumuladas, balances, evaluación y sistemas de análisis de eventos de granizo, así como en investigación básica sobre el desarrollo de tormentas que generan riesgos agropecuarios, y mantiene sistemas de información online para el sector agropecuario y monitoreo de hidrometeoros. El SMN cumple funciones que requieren su uso Ex ante, en aplicaciones relativas a pronóstico meteorológico y alarmas a la población.



Figura 8. Radar Meteorológico INTA Pergamino

### 3.5. Integración de redes

La integración de datos de las redes meteorológicas de superficie (convencionales y automáticas) con datos satelitales y de la red de radares (Figura 9), permitirá un avance significativo en los análisis espacio temporales geo-referenciados de los eventos de riesgo derivados del clima y en la determinación de la vulnerabilidad de un área. Es un área de interés y de necesaria innovación para la generación de nuevos productos geo-referenciados que permitan mejorar la precisión, la escala cartográfica y la frecuencia multitemporal del monitoreo del impacto de riesgos y vulnerabilidad de diferentes áreas.

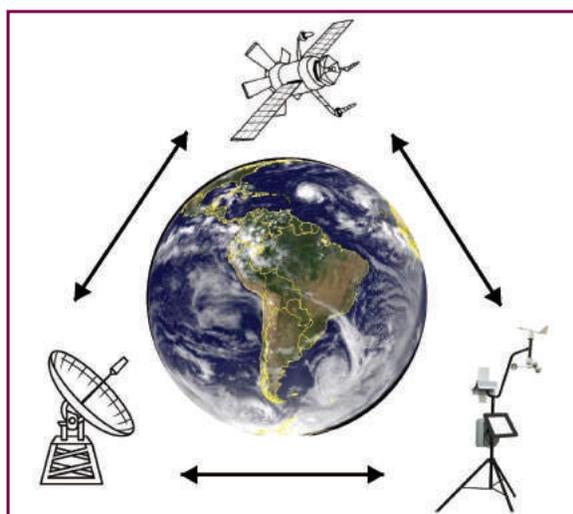
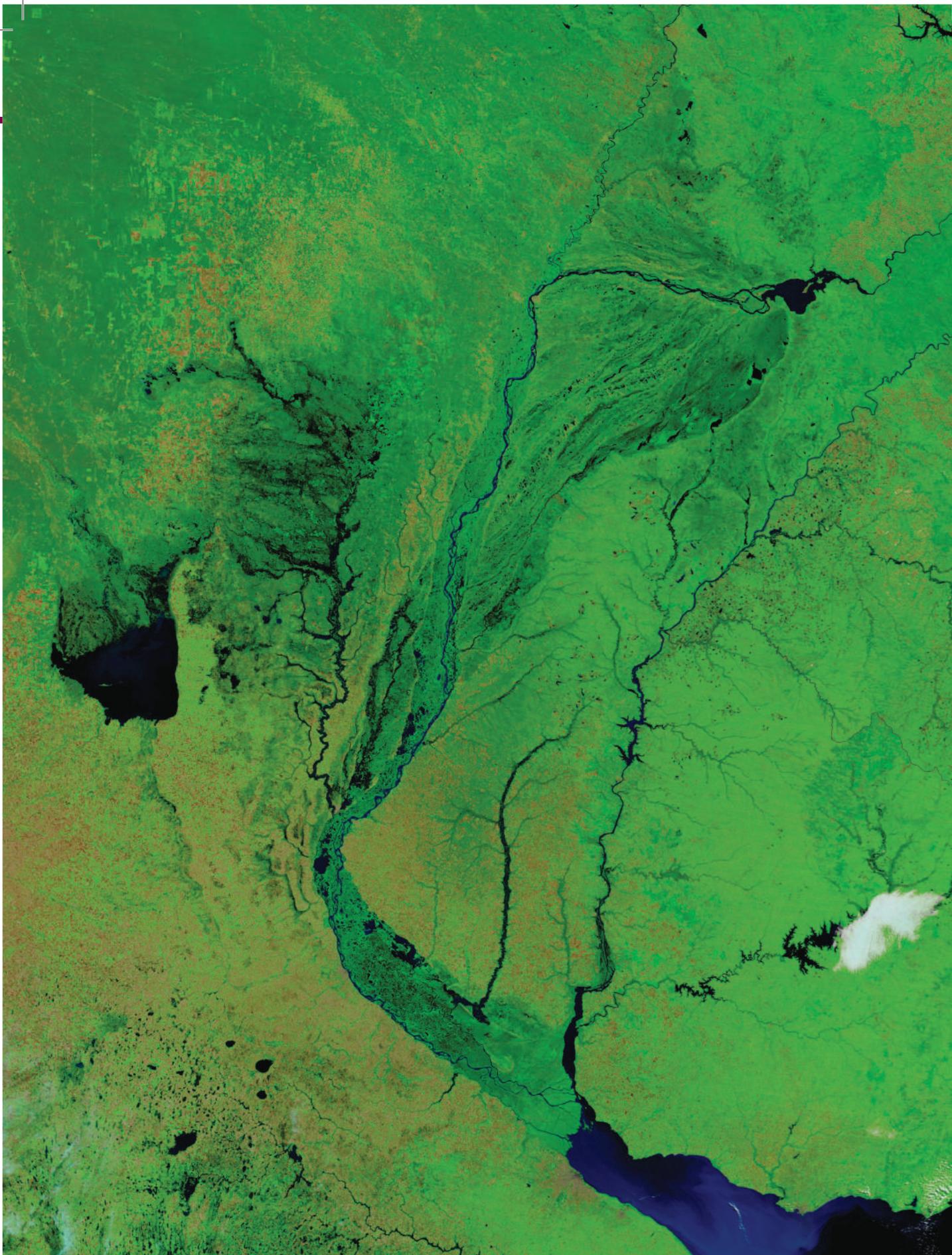


Figura 9. Integración de redes de información agro-hidro-meteorológicas



MODIS - Terra. Inundación del litoral de la provincia de Santa Fe. 08/05/2003

# 4

## Fenómenos climáticos globales que afectan al sector agropecuario <sup>(1)</sup>

### 4.1. Fenómenos del Pacífico Ecuatorial Central

Los efectos del ENOS (El Niño – Oscilación del Sur) sobre la precipitación en Argentina son más marcados en algunos meses del año y no se observan en otros. También existen zonas del país donde la señal ENOS se vuelve más importante, mientras que otras no presentan relación estadística entre sus registros de precipitación y los fenómenos El Niño o La Niña. Lo mismo ocurre con otras variables meteorológicas de directa relación con los rendimientos agrícolas, como la temperatura, y en particular la temperatura mínima.

Si ante la aparición de un evento El Niño o La Niña las condiciones climáticas son en general alteradas, es evidente que los niveles de riesgo ante eventos climáticos particulares (sequía, excesos hídricos o

heladas) se verán modificados en consecuencia. Si se dispone, entonces, de un pronóstico de ocurrencia de eventos anómalos en el Pacífico Ecuatorial (El Niño, La Niña) y se conocen las tendencias climáticas asociadas a cada uno de ellos, se estará en condiciones de prever mayores o menores niveles de riesgo que en años típicos.

Los grandes institutos internacionales de predicción climática poseen actualmente modelos numéricos acoplados de simulación del comportamiento del mar y la atmósfera, que permiten predecir la evolución del sistema. Los resultados se publican semanalmente y constituyen una herramienta cada vez más utilizada por los meteorólogos para elaborar tendencias a mediano y largo plazo.

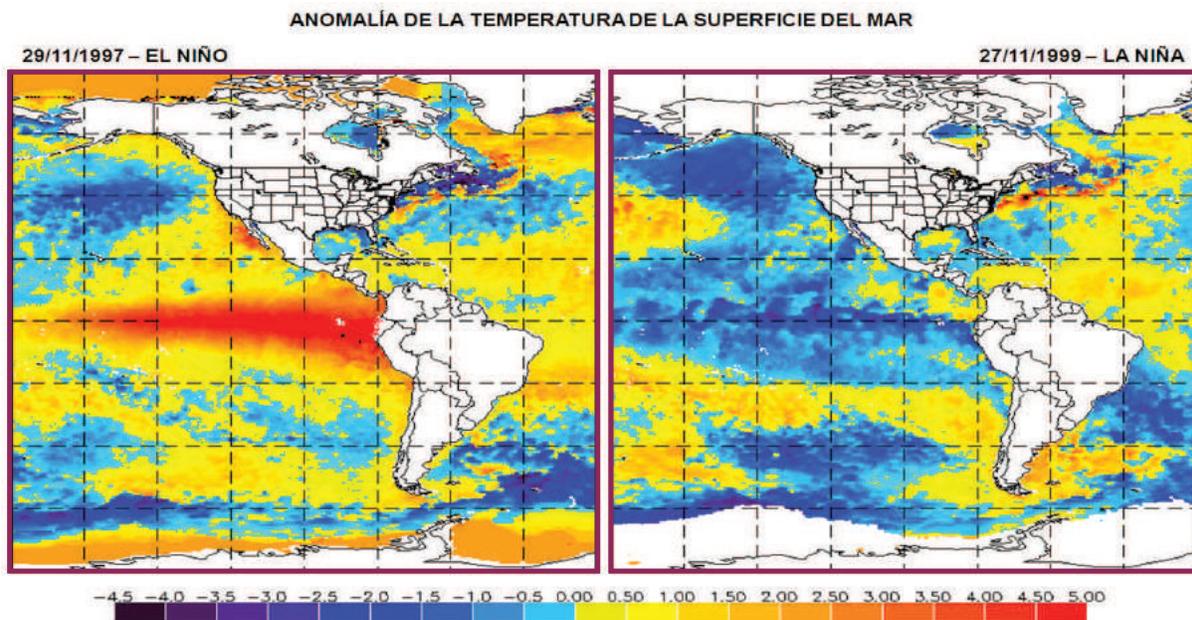


Figura 1. Apartamientos de la temperatura superficial de los océanos. Fuente: NOAA/NESDIS

El fenómeno denominado “El Niño” consiste en un calentamiento anómalo de las aguas superficiales del Océano Pacífico Ecuatorial Central y Oriental. La “mancha” de agua caliente suele extenderse desde la costa de Perú hasta los 180 grados de longitud sobre el Océano Pacífico, abarcando una faja angosta que va desde 10 grados al norte del Ecuador hasta 10 grados al sur del mismo. En la Figura 1 (izquierda) se muestra en rojo el calentamiento observado en junio de 1987 (evento El Niño de intensidad fuerte). Se denomina SST a la temperatura de la superficie del mar. Su “anomalía” indica cuántos grados se halla la temperatura del mar por encima o por debajo de la que es normal para la época. El Niño se caracteriza entonces por

determinar anomalías positivas de SST ( $SST' > 0$ ), coloreadas en la Figura 1 (izquierda) en color rojo. El fenómeno complementario, denominado “La Niña” o “El Viejo”, consiste entonces en un enfriamiento anormal de las mismas aguas. En la Figura 1 (derecha) se muestra en azul el enfriamiento observado en junio de 1999 (evento La Niña de intensidad moderada). La Niña se caracteriza por determinar anomalías negativas de SST, es decir, temperaturas de la superficie del mar inferiores a las normales para la época ( $SST' < 0$ ).

La anomalía de la temperatura del mar se calcula para distintas zonas dentro del Pacífico Ecuatorial. La Figura 2 muestra la ubicación de las distintas

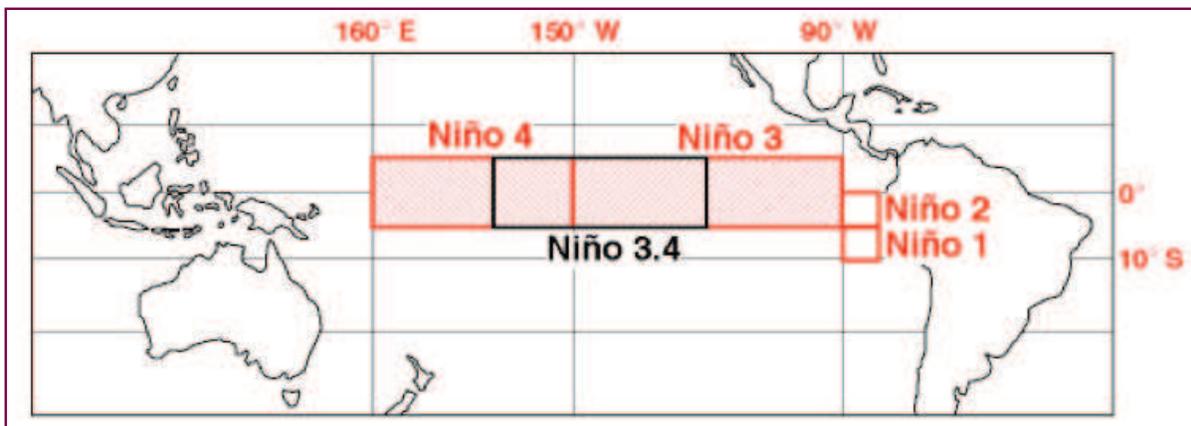


Figura 2. Áreas de observación del ENOS

zonas. La zona que usualmente se considera más representativa del fenómeno ENOS es la región Niño 3.4, por hallarse en el centro del Pacífico Ecuatorial. En la anomalía de la temperatura del mar en esta región se basan las definiciones de El Niño o La Niña.

La importancia del evento El Niño de 1997 – 1998 determinó un elemento a favor de la toma de conciencia y preocupación de los productores agropecuarios por los efectos del ENOS en la región pampeana. Debido a la magnitud de los efectos climáticos de este evento y a la percepción de un pronóstico exitoso de su ocurrencia, El Niño 1997 – 1998 tuvo gran influencia positiva en cuanto a aumentar la credibilidad de los pronósticos climáticos.

Las grandes anomalías de la precipitación durante

eventos ENOS están relacionadas con anomalías de la circulación atmosférica sobre Sudamérica.

Por otro lado, si bien en varias regiones de Sudamérica (entre ellas la región pampeana) la respuesta de la precipitación a eventos ENOS es significativa desde el punto de vista estadístico, existe una importante variabilidad entre eventos individuales. Esta variabilidad puede deberse a dos causas:

- distinta intensidad, época de inicio, duración y evolución de los distintos episodios El Niño o La Niña
- influencia de otros forzantes, regionales o remotos, sobre los procesos que determinan la precipitación en cada zona

Como conclusión se puede aseverar que, ante cada pronóstico de inminente aparición de una fase El Niño o La Niña, es necesario consultar a los expertos meteorólogos en cuanto a la posible influencia de la misma sobre la campaña de interés, ya que existen otros factores que pueden influir sobre la circulación global, modificando el escenario climá-

tico. Se debe considerar que, además, cada fenómeno posee periodos de señal significativa y periodos de "indiferencia", siendo esto diferente para cada zona dentro de la región. Con toda esta información se podrán estimar las posibles variaciones en los niveles normales de riesgo para distintos fenómenos y cultivos.

## 4.2. Indicadores de la fase y la intensidad del ENOS

El fenómeno ENOS surge de la interacción de factores oceánicos y atmosféricos y, a su vez, al instalarse produce alteraciones en los patrones normales de las variables oceánicas y atmosféricas. Si bien se asocia al ENOS con un aumento o disminución en la temperatura de la superficie del mar, existen otras modificaciones igualmente importantes asociadas al fenómeno.

La Oscilación del Sur es la componente atmosférica del fenómeno. Una forma de medirlo es mediante el índice SOI (Índice de la Oscilación Sur): anomalía de la diferencia de presión media mensual entre Tahití (Polinesia Francesa) y Darwin (norte de Australia).

Como consecuencia de las alteraciones ocurridas en la superficie del mar, la circulación de la atmósfera se ve afectada. Las velocidades normales del viento sobre el Pacífico Ecuatorial pueden verse fortalecidas, debilitadas o incluso pueden cambiar de signo, dando como resultado una circulación inversa a la normal.

No sólo la temperatura del mar se ve modificada durante los eventos El Niño - La Niña, sino también la temperatura de la atmósfera. Sobre la zona del ENOS se monitorea la temperatura atmosférica a una altura aproximada de 5000 metros.

Teniendo en cuenta lo antedicho, fue desarrollado un índice que integra distintos indicadores, conocido como MEI (Multivariate Enso Index), calculado en el Climate Diagnostics Center (National Oceanic and

Atmospheric Administration - NOAA). Este índice se basa en una combinación de las principales seis variables observadas sobre el Pacífico Ecuatorial:

- presión a nivel del mar
- componentes zonal y meridional del viento en superficie
- temperatura de la superficie del mar
- temperatura del aire
- fracción total de cielo cubierto por nubes

A partir de los valores bimestrales solapados de MEI se establece un rango (rank) que permite clasificar cada bimestre como El Niño, La Niña o neutro. A los valores de MEI estandarizados se les adjudica un "rank" que va desde 1 hasta 61. El "rank 1" identifica al estado La Niña más intenso del que se ha tenido registro; en el otro extremo, el "rank 61" corresponde al evento El Niño más intenso conocido. Valores de rank inferiores a 19 indican "La Niña" y superiores a 43, "El Niño".

Se ha seleccionado el MEI como el indicador más integral del estado mar-atmósfera durante un evento El Niño o La Niña. Se tomó este índice, en primera instancia, como determinante del estado del ENOS y se procedió a la búsqueda de señales del mismo sobre la precipitación y los rendimientos en la zona de estudio en función de este índice.

### 4.3. Impacto sobre las precipitaciones

Según lo analizado en los párrafos precedentes, la posibilidad de realizar pronósticos a largo plazo de la temperatura del mar cada vez es más viable. La condición necesaria para que estos pronósticos resulten de utilidad es la existencia probada de un impacto del ENOS sobre las variables meteorológicas en la región de interés. En la región pampeana, por ejemplo, la mayor parte de los sistemas de producción agrícola no incluyen irrigación, con lo cual la precipitación se convierte en un elemento decisivo de lo que allí ocurrirá.

La posibilidad de disponer de un indicador objetivo de la relación entre la fase del ENOS pronosticada y la probable desviación de las precipitaciones con respecto a las normales constituiría una valiosa herramienta de evaluación de posibles alteraciones en los valores de riesgo obtenidos tomando todas las fases en forma conjunta (mapas de riesgo).

Es decir, si se dispone de un pronóstico que prevé el inicio de una fase El Niño a partir de un mes determinado, se podrá evaluar el aumento del riesgo de excesos o la disminución del riesgo de sequía en zonas que muestren una correlación significativa con este evento. En cambio, definir zonas donde la relación “ENOS – precipitación” no pueda identificarse servirá para independizar estas zonas de posibles variaciones en los niveles de riesgo generales.

Por lo visto hasta aquí, se ha considerado relevante analizar a escala bimestral (bimestres solapados, al igual que el indicador MEI) la probabilidad de ocurrencia de lluvias escasas, normales y abundantes durante eventos El Niño y La Niña. Una vez determinados estos valores de probabilidad para todos los puntos disponibles, se procedió al mapeo de puntos de impacto del fenómeno ENOS sobre la precipitación en la estación correspondiente, resaltando (de ser halladas) áreas que presentan mayor frecuencia que la habitual de ocurrencia de fenómenos extremos de precipitación en un contexto El Niño o La Niña.

En la mayor parte de los casos fue posible reconstruir series de 41 años de longitud, en el periodo 1970 – 2010. A los acumulados bimestrales se les ajustó

una función de probabilidad: las lluvias del tercil inferior se consideraron “escasas”, las del segundo tercil “normales” y las del tercil superior “abundantes”. Luego de obtener las frecuencias relativas en todas las localidades posibles y para las cuatro estaciones del año, se identificaron aquellas para las cuales la probabilidad de ocurrencia de lluvias escasas o abundantes resultó ser significativamente superior (o inferior) al 33.3% teórico que representa al tercil. En estos casos podría decirse que existe la evidencia de un impacto de la fase El Niño o La Niña sobre las precipitaciones.

Con los resultados hallados se generaron mapas que muestran en qué localidades se pudo observar algún impacto (o no) de El Niño o La Niña sobre las precipitaciones correspondientes a cada bimestre del año. Ejemplos de los mapas más significativos se pueden apreciar en las Figuras 3 y 4. Algunas de las conclusiones a las que se pudo arribar se resumen a continuación.

#### El Niño y las precipitaciones

Se observa un impacto generalizado de El Niño en los bimestres abril-mayo a julio-agosto hacia lluvias superiores a las normales.

Luego este impacto se minimiza, convirtiéndose en una señal errática, hasta los bimestres octubre-noviembre y noviembre-diciembre, en que la señal reaparece en el mismo sentido, principalmente en el NEA. En el bimestre el impacto hacia lluvias superiores a las normales se concentra más en el NEA, pero se va perdiendo en la región pampeana.

#### La Niña y las precipitaciones

En el bimestre abril-mayo aparece una señal hacia lluvias inferiores a las normales durante La Niña en la franja este del país. En mayo-junio existe evidencia de impacto hacia lluvias superiores a las normales en el NOA y noroeste de la región pampeana. En julio-agosto se observa una señal hacia lluvias inferiores a las normales en el sudoeste de la región pampeana, aunque

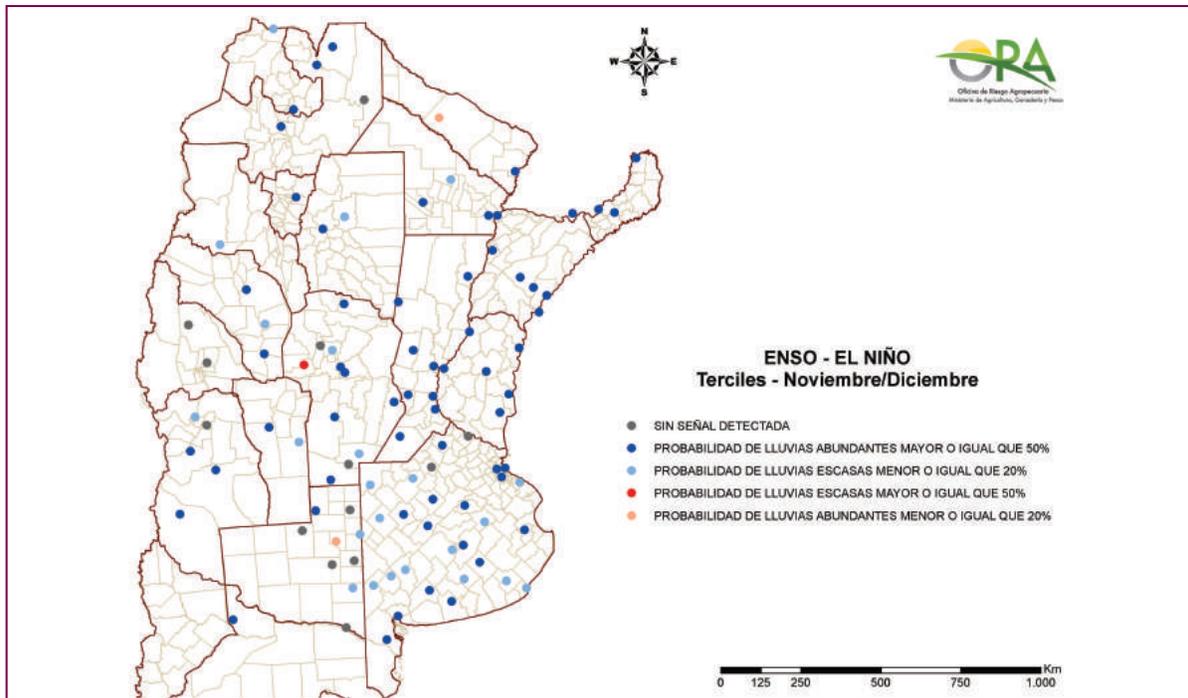
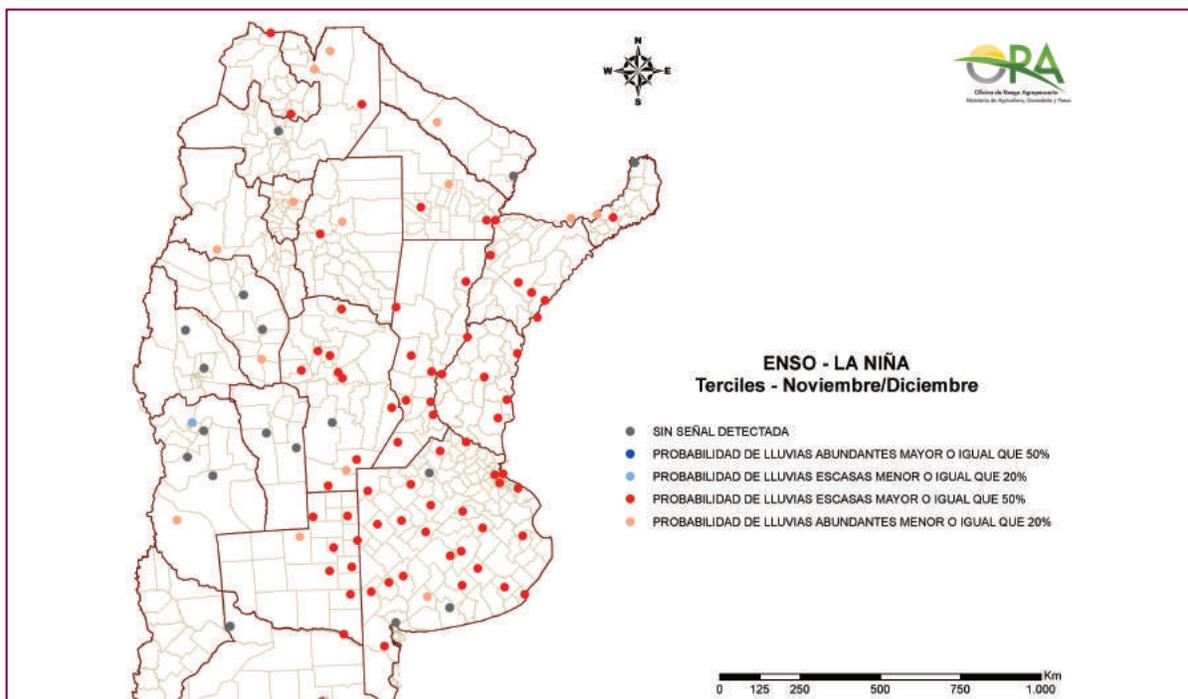


Figura 3. Impacto de El Niño en noviembre-diciembre

Figura 4. Impacto de La Niña en noviembre-diciembre



en este bimestre las precipitaciones en esta área no suelen acumular montos significativos. En septiembre-octubre comienza a observarse un impacto hacia lluvias inferiores a las normales en el sur del NEA y noreste de la región pampeana.

na. Luego este efecto se generaliza a todo el NEA y la región pampeana. A partir del bimestre diciembre-enero el impacto comienza a retraerse, concentrándose más claramente en La Pampa y Buenos Aires.

#### 4.4. Impacto sobre los rendimientos

La señal del ENOS sobre los rendimientos derivaría entonces de la señal del mismo sobre las variables agroclimáticas que se ven afectadas: precipitación, temperatura, almacenajes, etc. A nivel nacional se habla frecuentemente de un efecto positivo de los eventos cálidos (El Niño) sobre el maíz. Un patrón similar pero opuesto parece observarse durante eventos fríos (La Niña). De ser así, este impacto debería poder identificarse, determinando regiones y magnitud del impacto esperado.

Para analizar el posible riesgo de bajos rendimientos de maíz en campañas El Niño o La Niña, se analizaron series históricas de rendimientos a nivel nacional. Estos datos se hallan disponibles por departamento o partido en las bases de datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) para las provincias de Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Córdoba, Entre Ríos, Jujuy, La Pampa, Salta,

San Luis, Santa Fe, Santiago del Estero y Tucumán. Se ha considerado preferible utilizar los últimos 30 años, es decir, desde la campaña 1980-1981 (a la que denominaremos campaña 1981) hasta la campaña 2009-2010 (a la que llamaremos campaña 2010). Se descartaron los casos en que no se dispuso de al menos 20 años de datos.

Para cada uno de los departamentos para los cuales se dispone de esta información se consideraron rendimientos calculados como el cociente entre producción y superficie sembrada.

Para cada serie departamental de rendimientos así obtenida se ajustó una función de tendencia (T) por el método de mínimos cuadrados. Luego se calcularon las diferencias entre los valores de rendimiento de la serie y la tendencia. Expresados en forma porcentual, estas diferencias se denomi-

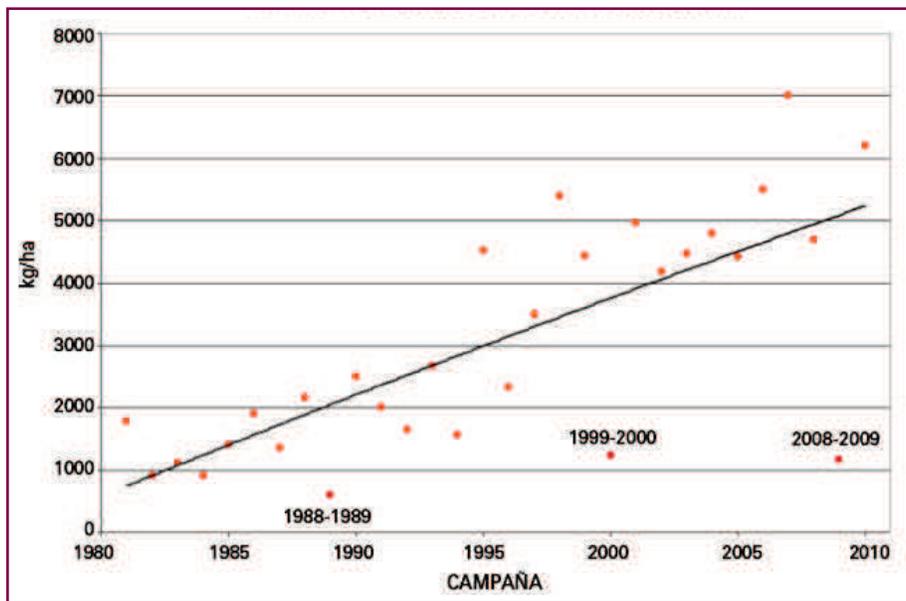


Figura 5. Serie de rendimientos y tendencia del departamento de Concordia, Entre Ríos.

narán “apartamientos”. Valores positivos de apartamiento indican que en esa campaña el rinde de maíz fue superior al esperado; lo contrario sucede con valores negativos del apartamiento (pérdidas).

Se muestra a continuación un ejemplo para el cultivo MAÍZ en el departamento de Concordia (Entre Ríos). En la Figura 5 se ve la serie de rendimientos del departamento y tendencia que muestran los mismos. Los apartamientos son las distancias de los puntos a la línea de tendencia, positivos cuando el rinde resultó superior a la tendencia y negativos cuando fueron inferiores.

De esta manera se hallaron apartamientos positivos y negativos para cada campaña, clasificándose así las campañas como con “rendimiento normal”, “rendimiento bajo” o “rendimiento alto”. El criterio para esta clasificación depende del cultivo. En el caso del maíz, luego de realizar un análisis por quintiles, se determinó que rindes de 25% o más por debajo de la tendencia se clasificarán como “bajos” y rindes que superen en un 25% o más al valor de la tendencia se considerarán como “altos”.

En el resto de los casos los rendimientos se consideraron “normales”.

Del análisis de la correspondencia entre la clasificación de los rendimientos y la ocurrencia de El Niño o La Niña durante el periodo más crítico del cultivo, surge la cantidad de casos que corresponden a cada una de las categorías elegidas. En este caso se analizó la relación entre “categorías de rinde de maíz” y “fase ENOS para el bimestre diciembre-enero”. Para generar un mapa que grafique los resultados de esta relación en cada departamento o partido, el criterio se muestra en la Tabla 1.

Debe quedar claro que este criterio para clasificar y graficar los resultados hallados dista mucho de ser el único posible. Con las bases de datos de resultados hallados pueden realizarse numerosas interrogaciones y pueden aplicarse otros criterios de clasificación. Como ejemplo se muestran los resultados para el departamento Concordia (Entre Ríos) (Tabla 2). La misma tabla se repite para cada uno de los departamentos considerados. En este ejemplo particular se observa una tendencia leve hacia rendimientos más

Tabla 1. Criterio utilizado para graficar los resultados hallados en cada departamento o partido, teniendo en cuenta la relación entre los apartamientos y la fase del ENOS (El Niño / La Niña)

TENDENCIA A RENDIMIENTOS	CANTIDAD DE CAMPAÑAS
ALTOS	CON RINDE ALTO $\geq 50\%$
NORMALES A ALTOS	CON RINDE NORMAL ENTRE 50% Y 75%, PERO LOS RINDES ALTOS SON EL DOBLE O MÁS QUE LOS BAJOS
NORMALES	CON RINDE NORMAL $> 75\%$
NORMALES A BAJOS	CON RINDE NORMAL ENTRE 50% Y 75%, PERO LOS RINDES BAJOS SON EL DOBLE O MÁS QUE LOS ALTOS
BAJOS	CON RINDE BAJO $\geq 50\%$
INDEFINIDO	NO SE IDENTIFICA UNA TENDENCIA PREDOMINANTE, NI A RINDES ALTOS, NI NORMALES, NI BAJOS

Tabla 2. Probabilidad de cada categoría de rendimiento de maíz en Concordia (Entre Ríos) para distintas fases del ENOS. Rendimientos altos (bajos) corresponden a 25% o más por encima (debajo) de la tendencia

CONCORDIA Rindes de maíz	BAJOS	NORMALES	ALTOS
EL NIÑO	10%	60%	30%
LA NIÑA	60%	40%	0%

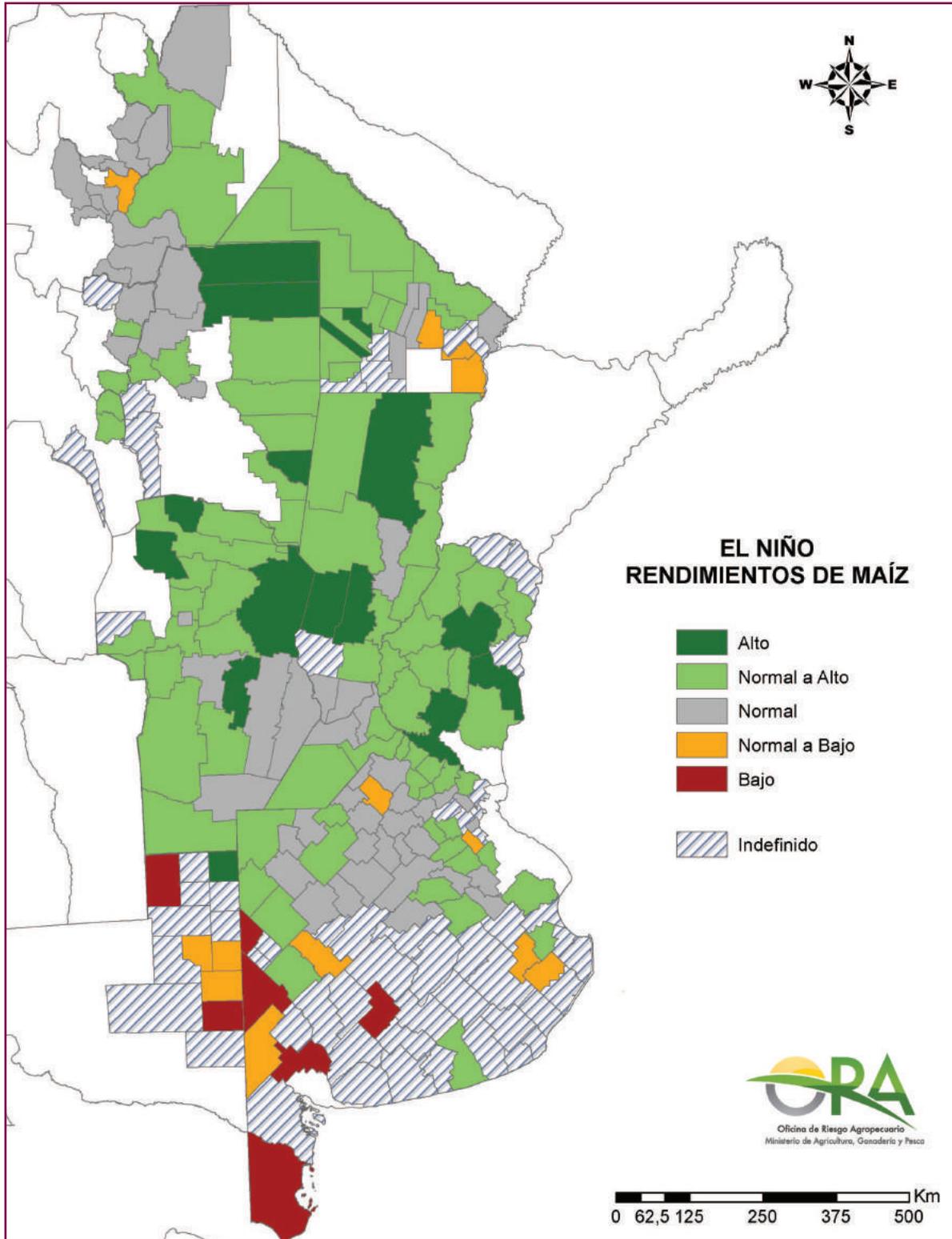


Figura 6. Impacto de El Niño sobre los rendimientos de maíz

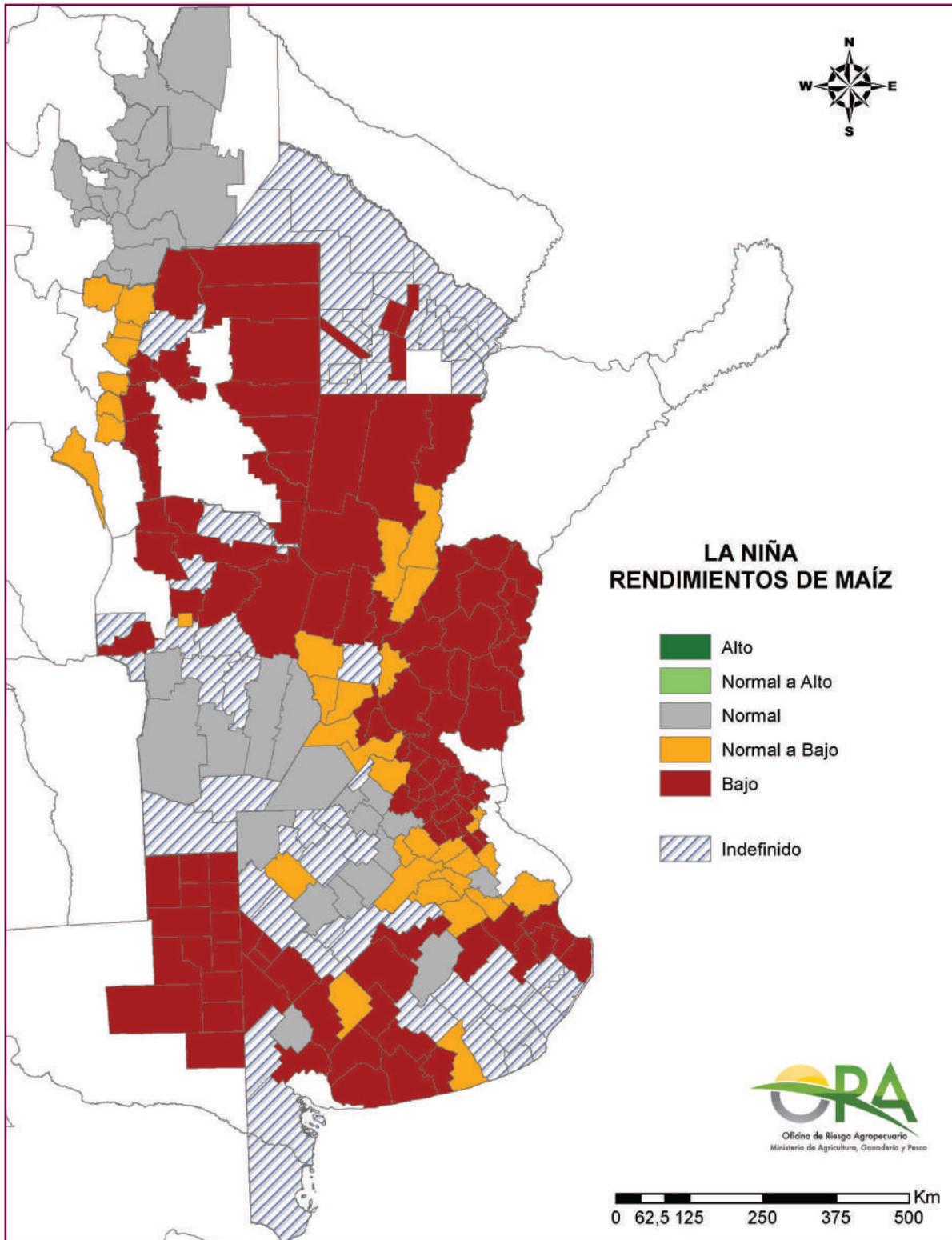


Figura 7. Impacto de La Niña sobre los rendimientos de maíz

altos en campañas con veranos El Niño, siendo más marcada la tendencia hacia rendimientos bajos en campañas con veranos La Niña.

Según el criterio de clasificación adoptado (Tabla 1) para mostrar los resultados hallados, el maíz en Concordia tiene una tendencia hacia “rindes normales a altos” en campañas con veranos El Niño y hacia “rindes normales a bajos” en campañas con veranos La Niña.

Con los resultados hallados se generaron mapas que muestran en qué departamentos o partidos se pudo observar algún impacto (o no) de El Niño o La Niña sobre los rendimientos de maíz. Los mapas correspondientes se pueden apreciar en las Figuras 6 y 7. Algunas de las conclusiones a las que se pudo arribar se resumen a continuación.

### El Niño y los rendimientos de maíz

En campañas que se desarrollan bajo condiciones El Niño, los rendimientos de maíz resultaron normales a altos o altos en la mayor parte de los departamentos analizados de Entre Ríos, Santa Fe, Córdoba, Santiago del Estero y Chaco.

- El sudeste de Chaco muestra resultados normales a bajos e indefinidos.
- En el NOA predominan los departamentos con rendimientos normales y normales a altos.
- En la mitad norte, aproximadamente, de la provincia de Buenos Aires se evidenció una tendencia hacia rendimientos normales, con algunos partidos con rendimientos normales a altos y sólo dos casos aislados de rendimientos normales a bajos.
- En el resto de la provincia de Buenos Aires y en La Pampa predominan los resultados indefinidos, expresando que los rindes de maíz de esta área son los que menos relación muestran con el fenómeno El Niño. Esto puede deberse a que en el sur el periodo crítico de este cultivo es más tardío y El Niño ya pierde para entonces su influencia positiva sobre las precipitaciones.

### La Niña y los rendimientos de maíz

Lo más destacado de los resultados hallados es que, en campañas que se desarrollan bajo condiciones La Niña, los rendimientos de maíz no mostraron

tendencia hacia resultados altos ni normales a altos en ningún caso.

- En la totalidad de los departamentos analizados de La Pampa y Entre Ríos se obtuvieron resultados bajos.
- En la provincia de Santa Fe y en el noreste de Buenos Aires predominan los rendimientos bajos o normales a bajos. Esta es la zona en que el impacto negativo sobre las precipitaciones comienza más temprano, en el bimestre septiembre-octubre, y se prolonga hasta fin de año.
- Se observa un área importante donde los casos más numerosos son normales o indefinidos, con algunos departamentos que arrojaron resultados bajos, comprendida por Chaco, NOA, Santiago del Estero, Córdoba, noroeste de Buenos Aires y sudeste de Buenos Aires.
- En La Pampa y sudoeste de Buenos Aires predominan claramente los rendimientos bajos en campañas La Niña.

Si bien es sabido que los datos de base con que se ha realizado este trabajo, es decir, las series de superficie sembrada y producción del MAGyP, no son exactos, se considera que los mismos pueden mostrar campañas malas o muy malas y su relación con los fenómenos del Pacífico Ecuatorial Central. Errores sistemáticos, como la subestimación de la producción local, disminuirían su efecto en esta evaluación al ser considerados como desvío porcentual y no como valor en sí.

Cabe destacar que, si bien se ha analizado la relación entre El Niño o La Niña y los rendimientos de maíz, estos eventos no son los únicos que eventualmente pueden tener efecto sobre las precipitaciones, los rendimientos de maíz o de otros cultivos. A su vez, que un departamento muestre, por ejemplo, una tendencia hacia rendimientos bajos de maíz en campañas La Niña, no significa que en la totalidad de los casos los rindes resultarán bajos, pero sí que es lo más probable.

Como conclusión general y a nivel nacional podría decirse que El Niño resultaría inocuo o beneficioso en la mayor parte de las campañas maiceras, mientras que La Niña, asociada con lluvias escasas en el periodo crítico de este cultivo, sería perjudicial para el maíz, en especial en Entre Ríos, Santa Fe, La Pampa y sudoeste de Buenos Aires.

(1) *Diseño Metodológico: Lic. Germán Heinzenknecht*

# 5

## Balance hídrico como herramienta de decisión <sup>(2)</sup>

### 5.1. Balance hídrico para cultivos específicos

**D**e todos los elementos meteorológicos, el que presenta más variabilidad interanual y que sin duda ejerce mayor impacto en la agricultura de secano es la precipitación u oferta de agua. De la interacción entre la oferta de agua, su infiltración y retención en el suelo, y la demanda de agua constituida por los elementos meteorológicos que producen la evaporación directa desde el suelo y la transpiración a través de los estomas de las hojas de las plantas (constituyendo la evapotranspiración), resulta lo que llamamos reserva o almacenaje de agua en el suelo en un momento dado. Si el almacenaje es abundante, establece una suerte de seguro para el consumo de los días siguientes exentos de precipitación. Es un dato del que se deduce un diagnóstico del estado actual de la vegetación que cubre el suelo, entendiéndolo como tal la capa de la superficie del terreno hasta donde tienen normalmente actividad la mayor proporción de los sistemas de raíces de la vegetación natural y que exporta agua a la atmósfera.

Las mermas en los rendimientos de los cultivos más importantes en Argentina se relacionan principalmente con deficiencias hídricas a floración o con excesos en las etapas inicial y final del ciclo del cultivo. De allí el interés de la Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca en desarrollar un sistema operativo de seguimiento de la situación hídrica de los cultivos más extendidos en el país, es decir, trigo, soja, maíz y girasol. Para su aplicación en ganadería, también se realiza un seguimiento del estado hídrico de las pasturas.

La importancia de poder realizar un seguimiento del estado hídrico de cada cultivo en forma individual reside en la posibilidad de poder evaluar en cada caso el consumo hídrico particular del cultivo en cada una de sus etapas y el estado de las reservas en los periodos críticos de cada uno de ellos. Para la misma fecha, considerando el mismo suelo y las mismas condiciones meteorológicas, los almacenajes difieren en gran medida entre un cultivo y otro. Esta situación es fácil de apreciar en el mes de diciembre, por ejemplo, comparando el contenido de agua en el suelo estimado para trigo a término con otro realizado para maíz

entrando en su periodo de mayor consumo.

En la ORA, el balance hídrico se realiza para la capa superficial en periodos cercanos a la fecha de siembra y durante los primeros estadios de las plantas. También se calcula en forma integrada a una profundidad no superior a un metro durante todo el ciclo del cultivo. Para las pasturas, el balance hídrico se continúa todo el año.

El balance hídrico diario utilizado para el cálculo del almacenamiento de agua en el suelo considera la precipitación, la evapotranspiración real del cultivo, el escurrimiento superficial, la percolación profunda y los excesos de agua acumulados en superficie. En el mismo se han despreciado movimientos horizontales subsuperficiales de agua, que resultan en general de orden menor que los verticales.

El valor de la precipitación diaria es muy variable aún entre puntos muy cercanos, digamos unos 20 km, en especial en verano. Ésta es la variable meteorológica cuya estimación incorpora mayor error en los resultados. En este caso se consideran sólo datos de precipitación diaria provenientes del SMN y del INTA en localidades referentes de cada una de las zonas que involucra el monitoreo de las reservas de la ORA.

La humedad del suelo puede estar en su máxima capacidad de retención o capacidad de campo (en que la extracción de agua por los vegetales se produce sin ninguna dificultad) o puede descender a valores por debajo del punto de marchitez permanente, en que un vegetal se marchitaría sin posibilidad de recuperación ni aún dentro de una atmósfera saturada. Entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente existe el rango de lo que denominamos agua útil. A medida que se va utilizando el agua útil, y las reservas se acercan al punto de marchitez permanente, el esfuerzo del vegetal para extraer agua es cada vez mayor. A ese esfuerzo se lo denomina estrés hídrico.

La capacidad de un suelo de almacenar agua depende de la cantidad y tamaño de sus poros, es decir de su estructura, textura y contenido de materia orgáni-

ca. Para la estimación de la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez (PMP) el modelo considera el método de Ritchie. Los valores de capacidad no se refieren a una profundidad fija, sino que tienen en cuenta la profundidad típica de exploración radicular en cada zona. Frecuentemente se llama a esta medida "capacidad efectiva". El método de Ritchie para la estimación de la CC y el PMP considera distintos horizontes, la profundidad de cada uno de ellos, porcentajes de arena, arcilla, limo y materia orgánica.

La evapotranspiración del sistema suelo-cultivo alcanza un valor máximo o potencial (ETP) sólo cuando no existen limitantes hídricas. Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se utilizó la denominada ecuación de FAO Penman-Monteith, recomendada por la FAO. El valor de ETP se calcula en función de la radiación máxima (astronómica) del día y valores de las siguientes variables meteorológicas: temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, viento y heliofanía (o nubosidad, en su defecto). Cuando la humedad del suelo es inferior a la capacidad de campo, la evapotranspiración real del sistema suelo-cultivo es menor que la potencial, y va disminuyendo a medida que aumenta el nivel de estrés hídrico al que está sometido el cultivo.

Como la evapotranspiración de referencia se refiere al consumo hídrico de una pradera permanente, es decir, activa (verde) durante todo el año, debe realizarse primero un ajuste relacionado con el consumo de agua del cultivo particular, que varía a lo largo de su ciclo con respecto al de una pradera, superándolo en algunos periodos (críticos) y permaneciendo por debajo en otros, dependiendo de su desarrollo fisiológico. Es necesario entonces conocer el requerimiento hídrico de cada cultivo particular a lo largo de su ciclo, con respecto al de referencia, lo cual queda establecido por el coeficiente de cultivo (Kc).

Los excesos hídricos suelen mantenerse por algunos días en superficie luego de lluvias muy abundantes. En algunos lotes los excesos se ven retenidos debido a que el suelo ya no es capaz de absorberlo,

porque el mismo se halla en capacidad de campo, y tampoco se eliminan rápidamente por escurrimiento superficial, debido a limitaciones en las condiciones naturales de drenaje. Los valores diarios de exceso se calculan como el excedente de agua con respecto al contenido máximo posible, es decir, la capacidad de campo. Es necesario conocer un valor inicial de excesos, que a la siembra es en general cero, ya que de otra forma la misma no se realiza por falta de piso, y se esperan mejores condiciones.

El escurrimiento superficial es la parte de la precipitación que no ingresa al suelo debido a que el mismo no es perfectamente permeable. También el modelo estima un paulatino escurrimiento de los excesos eventualmente acumulados en superficie luego de lluvias intensas.

La percolación o drenaje profundo es la cantidad de agua que atraviesa la capa superficial del terreno y se interna en profundidades más allá del horizonte de exploración radicular. Este término es de orden menor al escurrimiento superficial en áreas bien drenadas de la región pampeana, pero no es así para zonas con dificultades de drenaje, donde predomina la infiltración sobre el escurrimiento.

Las variables meteorológicas diarias necesarias para alimentar este algoritmo son: precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, velocidad del viento, heliofanía (o en su defecto nubosidad). Los parámetros necesarios para cada tipo de suelo son: capacidad de campo, punto de marchitez permanente, tipo de escurrimiento, porcentaje de arcilla, profundidad máxima de exploración radicular. Si no se dispone de valores de CC y PMP, los mismos se calculan según el método de Ritchie y para ello deberá contarse con los porcentajes de arcilla, limo, arena y materia orgánica para cada horizonte. La información acerca del cultivo modelado debe contener: fecha de siembra, fecha estimada de cosecha, duración aproximada de cada etapa fenológica, consumo hídrico en cada etapa fenológica.

## 5.2. Sistema de monitoreo y alerta temprana

### a. Monitoreo del estado hídrico de los cultivos en puntos clave

A pesar de que el requerimiento de información bá-

sica de suelos y cultivos es apreciable, y que a esto debe sumarse la disponibilidad de información meteorológica diaria de muchas variables, fue posible generar un sistema de monitoreo del estado hídrico de los cultivos a tiempo real, que se actualiza sema-



El monitoreo del estado de las reservas en este caso evidenció una señal de alarma. Debido a esto, y considerando que ya el cultivo se hallaba al inicio del periodo crítico para déficit hídrico, se realizó una estimación de escenarios a 30 días, con el fin de evaluar la posibilidad estadística de un mejoramiento (o no) de la situación hídrica en la zona para esa fecha (31/01/2011).

### b. Mapas de estado hídrico de los cultivos

Además de utilizar el balance hídrico para realizar un seguimiento de los almacenajes en una localidad dada a través del tiempo, puede aplicarse a la creación de mapas de estado de las reservas hídricas para toda una región en un momento particular de la campaña. Para ello es necesario contar con información climática completa en la mayor cantidad posible de puntos dentro del área a representar, la fenología del cultivo en las distintas subzonas y los suelos correspondientes.

La ORA realiza semanalmente mapas del estado de las reservas de agua en el suelo en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Entre Ríos, sudeste de Córdoba y gran parte de Chaco. Este seguimiento se efectúa durante todo el año para una pradera implantada de referencia, con excepción del norte de Santa Fe y Chaco, donde no es frecuente este tipo de cobertura. También se realiza para algodón, girasol,

maíz, soja y trigo, durante el ciclo de cada cultivo.

En los mapas, el balance hídrico no se realiza para las localidades donde se cuenta con información meteorológica, sino en cada unidad de suelo. Así, el resultado obtenido para cada lugar y cultivo se obtiene en función del suelo local, de datos de precipitación interpolados de la red pluviométrica disponible, de la fenología de la zona y de valores de evapotranspiración potencial correspondientes a la estación meteorológica más cercana.

Los mapas de estado de las reservas hídricas permiten tener un panorama areal general de la situación hídrica para un cultivo en particular y determinar las áreas afectadas por condiciones subóptimas. Esto permitirá posteriormente inferir la parte de la producción que podría verse afectada por una eventual situación adversa. La desventaja es que, con un solo mapa no es posible saber cuáles fueron las condiciones anteriores, con lo cual debe consultarse una secuencia de mapas y ver su evolución temporal, o consultar el monitoreo de las reservas hídricas para localidades clave que se ha detallado en el ítem anterior.

Un ejemplo de mapa de estado de las reservas hídricas en el suelo puede verse en la Figura 3. Se trata en este caso de categorías de almacenaje estimados para soja de primera al 9 de enero de 2011.

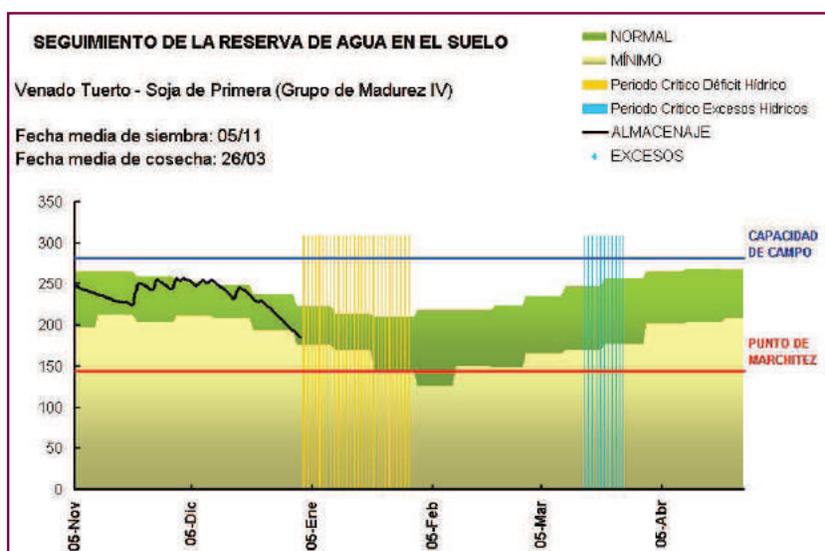


Figura 2. Seguimiento de las reservas hídricas profundas (línea negra) para soja de primera de siembra temprana en Venado Tuerto (Santa Fe) en el inicio de la campaña 2010-2011

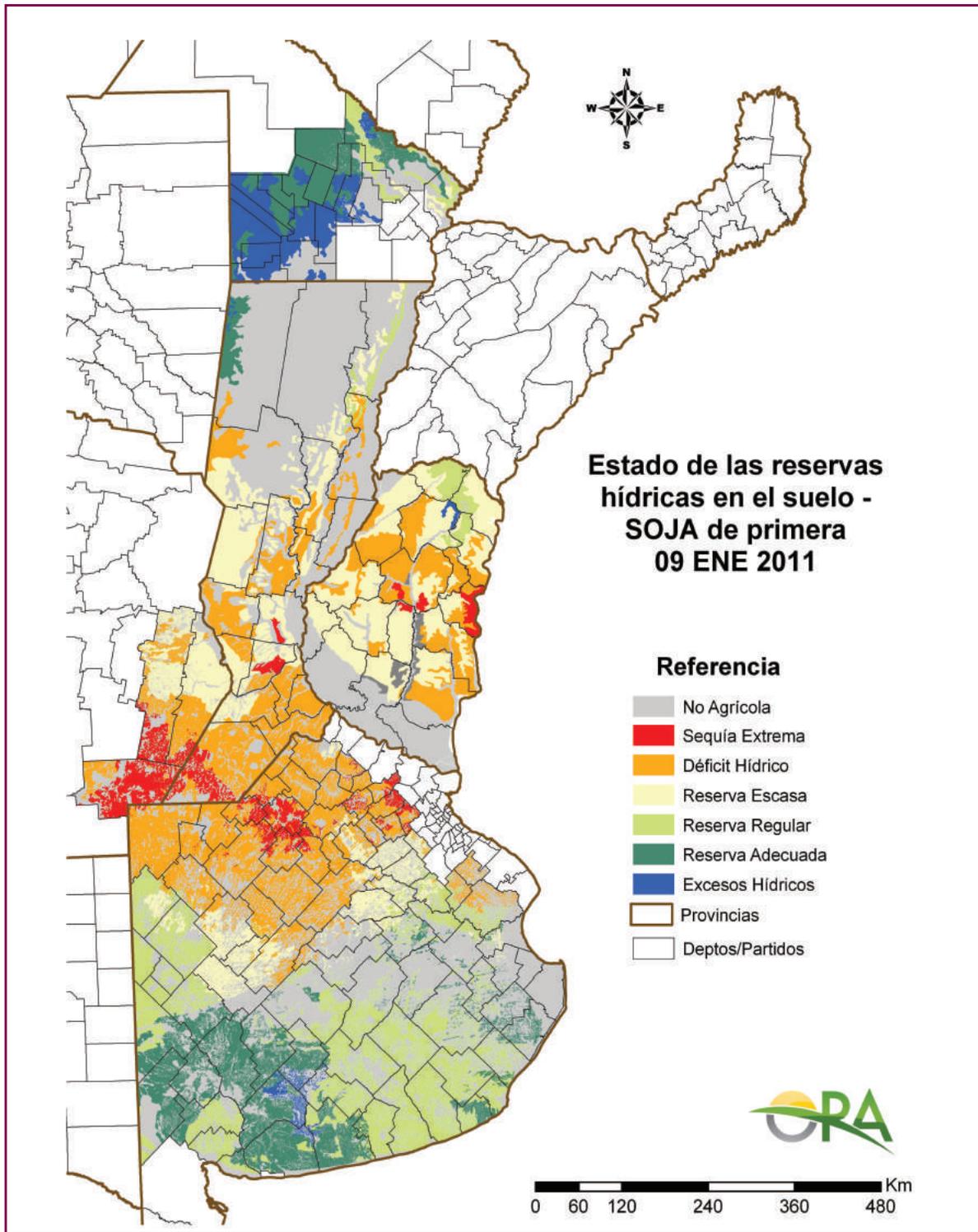


Figura 3. Estado de las reservas de agua en el suelo para soja de primera estimado al 09/01/2011

### 5.3. Escenarios a futuro de contenido de agua en el suelo

En ese momento, existía una gran preocupación acerca de la evolución de la campaña gruesa, debido a la falta de precipitaciones adecuadas.

La estimación de escenarios a futuro es una evaluación estadística de las condiciones a las que los almacenajes pueden llegar a arribar en 30, 60, 90 días, dependiendo del estado inicial de los mismos y de las lluvias que se puedan registrar en ese periodo futuro. Se llamará “escenario normal” al que se obtenga suponiendo que las lluvias futuras serán las habituales, “escenario seco” al que derive de lluvias escasas en ese lapso, y “escenario húmedo” al que provenga de la posibilidad de lluvias futuras abundantes.

Para la determinación de escenarios a futuro no sólo se necesitan datos recientes (últimos cuatro o cinco años), sino series históricas (tres o cuatro décadas), ya que para la producción de los mismos se realiza una generación sintética de series de precipitación diaria a 30, 60 ó 90 días, en base a las distintas distribuciones de precipitaciones para el período a evaluar.

Se mostrará ahora con un ejemplo particular el uso de la herramienta como elemento de diagnóstico y

evaluación de situaciones a futuro para un caso particular: la campaña triguera 2008-2009 en Marcos Juárez (Córdoba). Esta campaña fue emblemática y tristemente recordada por los productores agropecuarios debido a la marcada seca que tuvo lugar durante la misma, que afectó también a la gruesa en forma generalizada, en el marco de un evento La Niña moderado, al que se sumaron otros factores de escala regional.

En particular en el departamento Marcos Juárez la campaña triguera comenzó con almacenajes de agua en el suelo inferiores a los normales. Se procedió a la siembra a la expectativa de un mejoramiento de las condiciones hídricas que, según lo que muestra la Figura 4, no tuvo lugar en el término de tres meses. Allí se puede ver que al 20 de agosto de 2008 las reservas estimadas para trigo de siembra temprana decayeron hasta valores mínimos extremos, cercanos al punto de marchitez.

El 20 de agosto, un mes antes del comienzo del periodo crítico a déficit hídrico, este hecho constituía una señal de alerta. Se consideró necesario entonces evaluar las posibilidades de recuperación de las reservas al inicio de este periodo. Con ese fin se evaluaron los escenarios a futuro al 20 de septiembre.

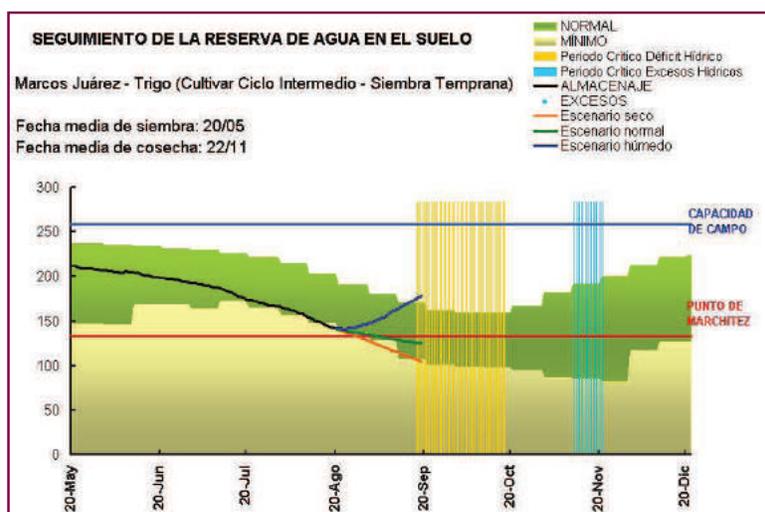


Figura 4. Seguimiento de las reservas y escenarios a futuro del estado de las reservas hídricas para trigo de siembra temprana en Marcos Juárez del 20/08 al inicio del periodo crítico (20/09) de la campaña 2008-2009

Los escenarios a futuro generados mediante simulación Montecarlo se grafican a partir del último día del seguimiento (ver Figura 4). La línea azul corresponde a un escenario húmedo (lluvias superiores a las normales, quintil superior), la línea roja corresponde a un escenario seco (lluvias inferiores a las normales, quintil inferior), y la línea verde representa un escenario de lluvias normales (situaciones intermedias, segundo a cuarto quintil).

En el gráfico se puede ver que, aún con lluvias normales (línea verde), los almacenajes al 20/09 se hallarían en niveles cercanos al punto de marchitez. Por otro lado, la continuidad de un escenario seco (línea naranja) determinaría condiciones extremas de sequía. Sólo un escenario de lluvias abundantes (línea azul) llevaría las reservas hídricas a niveles normales para la fecha, pero este escenario no era el esperado por las tendencias climáticas emitidas por el SMN en agosto de 2011.

Además de la salida gráfica de la Figura 4, el modelo de Monitoreo y Alerta temprana de la ORA posee una salida numérica que permite evaluar la probabilidad de contar con distintos niveles de reserva en el futuro, dependiendo del escenario de lluvias que se concrete en ese plazo (lluvias escasas, normales o abundantes). La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos el 20/08/2008 al evaluar los escenarios probables al 20/09/2008 para trigo en Marcos Juárez.

Según los resultados de la Tabla 1, la probabilidad de salir del nivel de déficit (25% de agua útil) al 20/09 con lluvias normales o escasas era nulo. Sólo con un escenario húmedo, no previsto, se presentaban posibilidades de reservas superiores. Esto indicaba una situación límite que permitía anticipar rendimientos

de trigo muy inferiores a los esperados en la zona.

Efectivamente, las precipitaciones suministraron el auxilio necesario y las reservas de agua en el suelo llegaron al inicio del periodo crítico en condiciones deficitarias. El mapa de estado de las reservas de agua en el suelo para el sudeste de Córdoba (Figura 5) mostraba al trigo de siembra temprana en la zona en situación deficitaria al 20/09/08, según lo previsto.

El rinde medio del departamento de Marcos Juárez esperado para trigo en la campaña 2008-2009 era de unos 2800 kg/ha. El resultado para esta campaña, según datos del Ministerio de Agricultura, fue de 1400 kg/ha, aproximadamente. Esto indica una pérdida promedio del 50% del rendimiento esperado en la campaña analizada.

Cabe preguntarse a partir de cuándo era posible prever que la situación hídrica para el trigo en Marcos Juárez resultaría deficitaria al inicio de su periodo crítico (20/09). En la Tabla 2 se puede ver una secuencia de resultados que resume las salidas del modelo de Alerta Temprana (escenarios), en el cual sólo se transcribieron las probabilidades asociadas a cada escenario para el caso de déficit. Ya tres meses antes se podía ver que, con un escenario de lluvias escasas la situación al inicio del periodo crítico sería de déficit (100%). Con lluvias normales la probabilidad de déficit al 20/09 ya era alta (81%) y se fue incrementando en evaluaciones posteriores (97% y 100%).

Esto significa que en muchos casos esta evaluación temprana puede indicar que las posibilidades de alcanzar los rendimientos esperados para determinado cultivo o zona son bajas y “encender una luz roja”. En particular en áreas trigueras del oeste de la

*Tabla 1. Escenarios de lluvia y probabilidad asociada a cada uno de ellos de distintos niveles de reserva de agua en el suelo para trigo en Marcos Juárez. La salida fue obtenida el 20/08/08 y se evaluaron los escenarios al 20/09/08, inicio del periodo crítico.*

NIVEL DE RESERVA DE AGUA EN EL SUELO	PROBABILIDAD PARA EL ESCENARIO (%)		
	Seco	Normal	Húmedo
Déficit	100	100	34
Escasa	0	0	47
Regular	0	0	14
Adecuada	0	0	4
Exceso	0	0	1

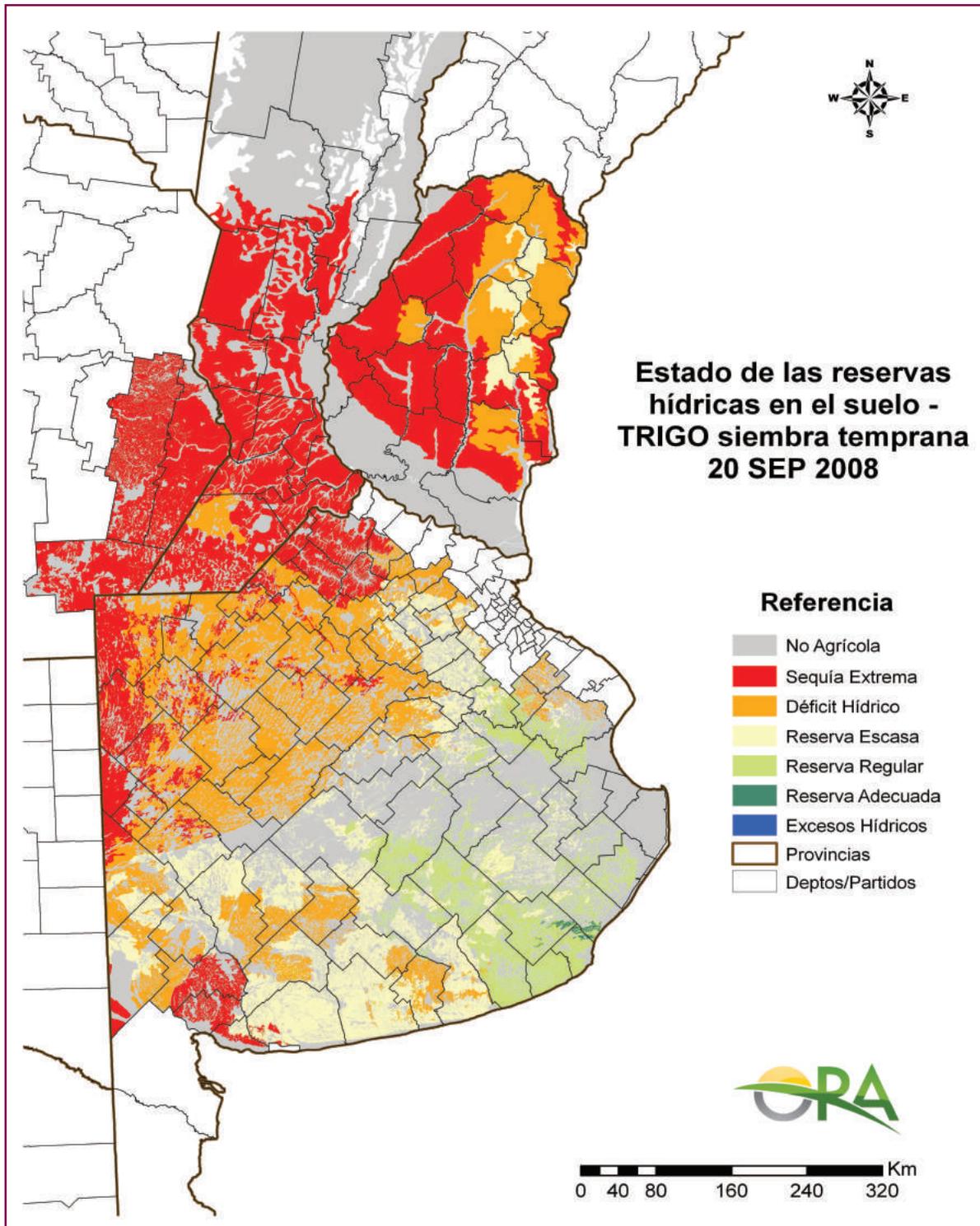


Figura 5. Estado de las reservas de agua en el suelo para trigo de siembra temprana al 20/09/2008

región pampeana u otras con regímenes pluviométricos con marcada estacionalidad, las condiciones al inicio de la fina determinan en gran medida las expectativas de reservas adecuadas al arribo del periodo crítico a déficit hídrico. Meses antes de este mo-

mento es posible entonces evaluar la probabilidad de transitar este periodo en condiciones deficitarias, con el consecuente estrés hídrico que seguramente redundará en una merma considerable en los resultados finales.

*Tabla 2. Escenarios de lluvia y probabilidad asociada a la ocurrencia de déficit hídrico al inicio del periodo crítico para trigo en Marcos Juárez. La primera columna indica la fecha de elaboración de la previsión.*

FECHA DE ELABORACIÓN	PROBABILIDAD DE DÉFICIT PARA EL ESCENARIO (%)		
	Seco	Normal	Húmedo
20/06/2008 (3 meses antes)	100	81	5
20/07/2008 (2 meses antes)	100	97	11
20/08/2008 (1 mes antes)	100	100	34

## 5.4. Comentarios finales

El monitoreo del desarrollo de las condiciones hídricas para cada cultivo a lo largo de una campaña resulta de gran valor para la estimación anticipada de los resultados finales zonales y nacionales de producción de granos y forrajeras (ganadería).

El seguimiento actualmente en funcionamiento se ha desarrollado de forma que pueda aprovechar toda la información disponible en los puntos en que ésta exista, y adaptarse a la información menos completa que puedan ofrecer otros puntos. Por ejemplo, en algunas estaciones meteorológicas no se dispone de heliofanógrafo: en ese caso la estimación de la ETP se realiza según una adaptación de la ecuación Penman-FAO que utiliza nubosidad (octavos de cielo cubierto) en vez de heliofanía. Incluso puede realizarse un seguimiento adecuado de puntos que disponen únicamente de pluviómetro, utilizando los datos locales de suelo y precipitación, y una estimación de la ETP que consiste en un ajuste sencillo del valor de

ETP estimado en las localidades más cercanas con información suficiente. Actualmente se trabaja en la extensión del área de cobertura del monitoreo, siendo el principal inconveniente la poca disponibilidad de información de suelos.

La posibilidad de generar escenarios a futuro permite adelantarse a los eventos perjudiciales que podrían devenir y sus consecuencias sobre los rindes. Si bien no se ha podido aún establecer una correlación directa "estado hídrico – rindes", debido a la influencia de otros factores adversos secundarios que afectan los resultados, se puede saber que si las condiciones hídricas son inadecuadas en los periodos críticos, los rendimientos se verán reducidos en forma significativa. Así, las herramientas mostradas permiten realizar un seguimiento de las condiciones hídricas a lo largo de la campaña en puntos clave, determinar el área afectada por eventuales eventos adversos.

(2) *Diseño metodológico: Lic. Adriana Basualdo*

# 6

## Riesgos derivados del impacto del clima

La disponibilidad de información acerca de la vulnerabilidad y la afectación de diferentes áreas productivas, a riesgos y procesos derivados del clima, tiene una creciente importancia debido a dos situaciones confluyentes: la intensificación y expansión de áreas productivas en todo el territorio del país, y el incremento de la variabilidad climática y la ocurrencia de eventos extremos.

A pesar de que esta problemática ha asumido una creciente relevancia durante los últimos años, es necesario incrementar la generación de información apropiada para el estudio de vulnerabilidad, peligrosidad y riesgos en diferentes zonas y producciones.

La prevención y mitigación de riesgos se acepta como una prioridad, pero hasta el momento no se observa una suficiente información geográfica integrada, y a escalas apropiadas para la evaluación y el análisis de la vulnerabilidad de cada zona.

El proyecto interinstitucional convocado por el Ministerio de Agricultura con el objetivo de integrar la información de base actualmente disponible en diferentes organismos involucrados para los procesos de riesgo agropecuario derivados del clima más frecuente en el país incluyó los siguientes riesgos y procesos:

- Inundación
- Anegamiento
- Déficit hídrico
- Sequía
- Granizo
- Heladas
- Erosión hídrica
- Erosión eólica

Muchas áreas vulnerables a diferentes riesgos presentan una peligrosidad y frecuencias diferentes de cada riesgo.

La información y recopilación parte de relevamientos cartográficos o de la expresión geográfica de determinados modelos de análisis, como modelos hidrológicos, balances, etc. de la información cartográfica y temática de base actualmente disponible en los diferentes organismos involucrados. Esta integración de información permitió a su vez la determinación de las áreas con y sin información relevante, según cada proceso y escala.

Si bien la disponibilidad de información es amplia, se observa una gran heterogeneidad en cantidad y calidad de la información a nivel nacional, presentándose en diferentes escalas, con amplias áreas de vacancia y con vacíos de información.

La mayor disponibilidad de datos se concentra a escala de reconocimiento, lo que sólo permite realizar una caracterización cuantitativa y cualitativa a nivel regional o nacional. La disponibilidad de información a nivel de semidetalle permite el abordaje a escala de provincia y departamento o partido.

La información recopilada es demostrativa de la información de base actualmente disponible en tres organismos que han integrado su información a los fines de facilitar acciones de análisis de vulnerabilidad y riesgo agropecuario:

- Instituto de Clima y Agua, Instituto de Suelos y EEA Corrientes del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- Instituto Nacional del Agua (INA). Subsecretaría de Recursos Hídricos. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.

Los datos recopilados fueron analizados en cuanto a su consistencia espacial. La integración y ordenamiento de la información fue acorde a diferentes escalas y acorde a normas y estándares de calidad de los datos geográficos.

Toda la información fue ajustada en un Sistema de Información Geográfica, integrada en formato

shape, grilla o imagen, interoperable, y acorde al sistema geográfico, de Referencia Geodésico, con datum y elipsoide WGS-84, acorde a las normas del Open Geospatial Consortium (OGC), la Organización Internacional para la Normalización (ISO), y la documentación técnica disponible del Proyecto Prosiga y GeoINTA, contándose con un metadato simplificado y descriptivo de cada una de ellas. El seguimiento de estas especificaciones permite no solo la integración de los datos en Sistemas de Información Geográfica (SIG) a nivel desktop, sino

también en Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), que aseguran la interoperabilidad y disponibilidad de la información en internet.

La información desplegada en este capítulo es un ejemplo de datos disponibles y actualmente accesibles al público y a diferentes organismos para la evaluación de riesgos agropecuarios. Cada capa temática de información está disponible en formatos estándares y es acompañada de un resumen metodológico.

PROCESOS DE RIESGO DERIVADOS DEL CLIMA	DEFINICIÓN
Inundaciones	Se refiere a eventos extraordinarios, de gran magnitud, con una completa cobertura del suelo por la lámina de agua.
Anegamientos	Ocurre cuando el suelo se encuentra saturado hasta la superficie, con presencia o no de encharcamientos, pudiendo ocurrir durante periodos prolongados.
Déficit Hídrico	Situación deficitaria de humedad edáfica y climática que genera daños en cultivos y pérdida del estado ideal de almacenamiento de agua en el suelo. Estados de déficit hídrico prolongados derivan progresivamente en sequías.
Sequía	Se refiere a periodos prolongados de déficit hídrico. Comprende la sequía edáfica y climática, es decir que a la vez que depende de las escasas o ausentes precipitaciones, también se relaciona con la capacidad de almacenamiento del suelo y la ocurrencia de déficit en relación con el ciclo vegetativo.
Granizo	Tormentas severas en las que el agua precipita de manera sólida. El granizo puede causar severos daños en los cultivos acorde al tamaño, intensidad y frecuencia de los eventos.
Vientos	Velocidades de viento elevadas pueden causar daños en cultivos y plantaciones, pudiendo causar caídas de frutos y hojas, vuelco de cereales y oleaginosas y en casos extremos ruptura de tallos.
Heladas	Ocurre cuando la temperatura del aire, registrada en el abrigo meteorológico (es decir a 1,50 metros sobre el nivel del suelo), es de 0°C. Esta forma de definir el fenómeno fue acordada por los meteorólogos y climatólogos. Sin embargo, la temperatura de la superficie del suelo puede llegar a ser 3 a 4°C menor que la registrada en el abrigo meteorológico.
Erosión Hídrica	Resulta del proceso de arrastre y abrasión provocados por el impacto y el escurrimiento del agua sobre el suelo. Comprende erosión laminar, mantiforme, en surcos, en zanjas o en cárcavas, además de procesos de remoción en masa.
Erosión Eólica	Remoción, desprendimiento y arrastre del suelo debido a la acción del viento, con ocasional desgaste de rocas, acentuándose en suelos expuestos.

## Erosión superficial: NOA

La producción de sedimentos en cuencas de zonas de montaña o con pendientes pronunciadas se puede dividir básicamente en dos fuentes asociadas a distintos fenómenos, la erosión superficial generalizada del suelo y los procesos de remoción en masa en sitios puntuales.

Los sedimentos producidos por erosión superficial están asociados principalmente al fenómeno de destrucción del suelo por el impacto directo de las gotas de lluvia y el posterior transporte por escurrimiento superficial. Se trata de un proceso que presenta una cierta continuidad temporal asociada a eventos hidrológicos ordinarios característicos de la cuenca, pudiendo relacionarse con el régimen de lluvias.

En cambio, los sedimentos producidos por remoción en masa (deslizamientos de laderas, colapso de márgenes, flujos de barro, flujos de detritos, etc.) están relacionados con la inestabilidad hidrogeológica de la cuenca, y se vinculan con eventos hidrológicos extremos y por lo tanto, no presentan la continuidad temporal que muestran los primeros.

### Producción de sedimentos por erosión superficial

Se ha empleado la metodología de Gavrilovic, que ha sido utilizada con éxito en diversas regiones de nuestro país, así como en cuencas de zonas montañosas de otros países de América y Europa. Este método de cálculo permite estimar la cantidad de material producida por erosión superficial en una cuenca, y que es transportada a la sección del río que la define.

Es un método empírico que se compone de dos partes:

El cálculo de la producción media anual de sedimento por erosión superficial ("W") en m<sup>3</sup>/año.

La determinación del coeficiente de redistribución o de retención de sedimentos ("R").

De ambos se obtiene el volumen de sedimento producido por erosión y transportado a la sección final de la cuenca ("G").

$$G = W \cdot R \quad [\text{m}^3/\text{año}]$$

Los procesos erosivos son el resultado de la interacción de varios factores: topografía, clima, tipo de suelo, uso del suelo, vegetación, características geológicas, geomorfología. Por ello las formulaciones intentan incluir estas variables con un adecuado peso relativo.

Siendo los procesos erosivos el resultado de la interacción de factores tales como clima, litología, uso del suelo, topografía, etc., que tienen una distribución espacial, se adaptó la metodología original para su aplicación en forma distribuida mediante grillas en formato raster, asignando a cada celda un valor representativo de las variables intervinientes.

De este modo, se puede estimar la descarga media anual de material en la sección final de la cuenca, debida a la erosión superficial (G).

Para la aplicación de la metodología a la Patagonia (Provincias de Tierra del Fuego, Santa Cruz, Chubut, Río Negro y Neuquén), se trabajó con una grilla con celdas de 500 por 500 metros.

## SEDIMENTO POR EROSIÓN SUPERFICIAL

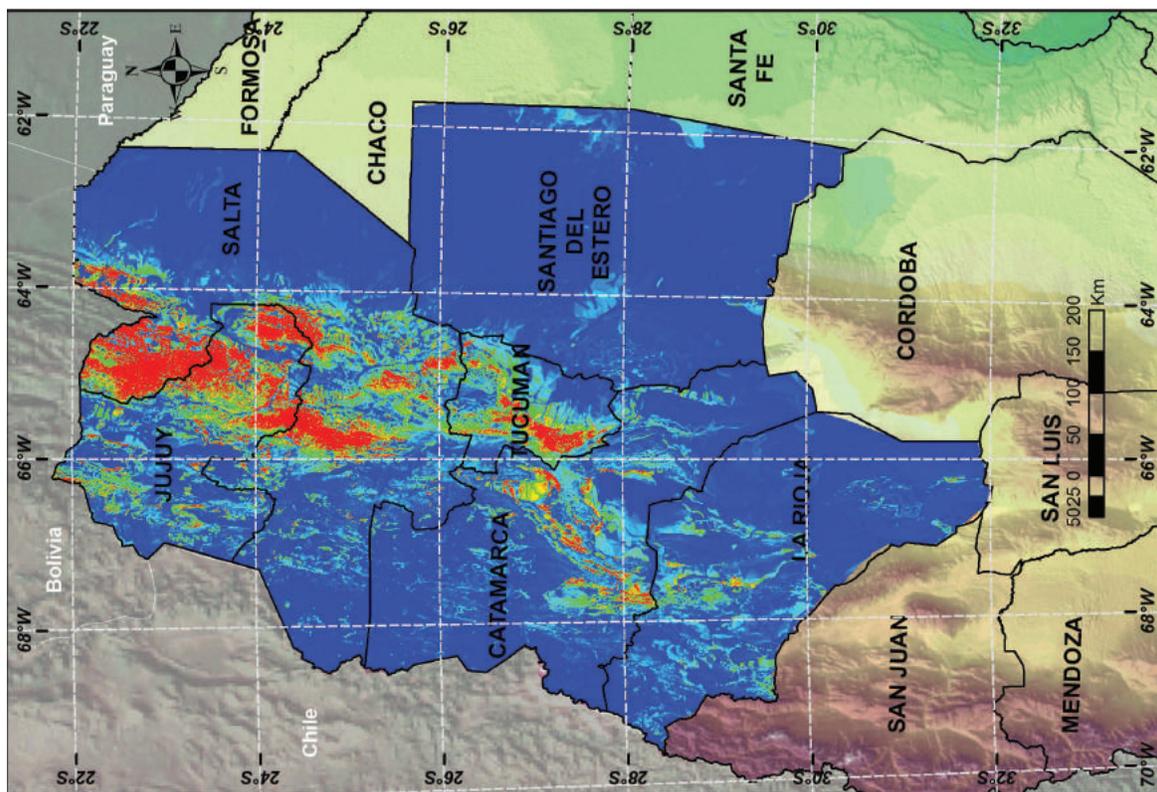
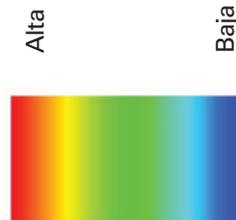
NOA

Fuente: INA - Laboratorio de Hidráulica

Responsable: Ing. Pablo Spalletti

Descripción: Producción de sedimentos por erosión superficial obtenida de la aplicación de la metodología de Gayrllovic, en el Noroeste argentino NOA (Provincias de Salta, Jujuy, Tucumán, Catamarca, La Rioja y Santiago del Estero).

SEDIMENTACIÓN



## Erosión hídrica potencial: provincia de Corrientes

En las regiones húmedas del país y específicamente en el área subtropical, la erosión hídrica es la de mayor relevancia en cuanto a sus efectos negativos sobre procesos productivos. La misma comprende la Desagregación localizada de las partículas del suelo por impacto de las gotas de lluvia, el Transporte en flujos continuos y la Sedimentación final, causado por el escurrimiento superficial.

Básicamente, la erosión hídrica se ve enmarcada por varios factores como ser el clima, el suelo, la vegetación, la topografía y fundamentalmente el manejo que el hombre efectúa sobre los ambientes naturales. (Villota, H. 1997. Lal, 1995).

En la Provincia de Corrientes se detectaron daños provocados por erosión hídrica, tanto en tierras dedicadas a la agricultura de secano y riego, como en áreas bajas afectadas por procesos hidromórficos, utilizados con ganadería extensiva (Ligier y otros, 1997; Escobar y otros, 1994).

Mapa de Riesgo Potencial de Deterioro por Erosión Hídrica, mediante métodos de simulación, cuantificando la magnitud esperada del proceso y su localización geográfica:

Se aplicó el modelo denominado Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (UEPS o USLE - Universal Soil Loss Equation) de Wischmeier y Smith (1978), tomando en cuenta algunas modificaciones propuestas con posterioridad (Laflen y otros, 1997).

La expresión más conocida de esta ecuación, es:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

El valor de pérdida de suelos obtenida (A), es un término general que cuantifica un valor promedio anual, y es el más usado para fijar los efectos a largo plazo de la erosión sobre la productividad.

Esta Ecuación fue derivada por los autores, del análisis

estadístico de datos obtenidos de 10.000 parcelas, afectadas por lluvia natural y entre 1.000 y 2.000 parcelas/año con lluvia simulada. Esta ecuación, evalúa principalmente la erosión laminar o erosión "entre surcos" (EES) y la erosión en surcos (ES) en forma conjunta, no así a la erosión por escurrimiento o "flujo concentrado", cuya expresión máxima es la formación de cárcavas. (Marelli, H. 1988).

Los términos de la ecuación se explican a continuación:

A= Es la cantidad de suelo perdido en toneladas por hectárea y año, para condiciones específicas de lluvia, suelo, topografía, cultivo-manejo y prácticas de conservación.

### Cálculo de la erosión Máxima Teórica Potencial

Se define así al producto de la Erosionabilidad del suelo (K), por el factor topográfico (LS) y por el factor de Erosividad de las lluvias (R), cuyo resultado es la Pérdida Potencial de suelo expresada en hectárea y año.

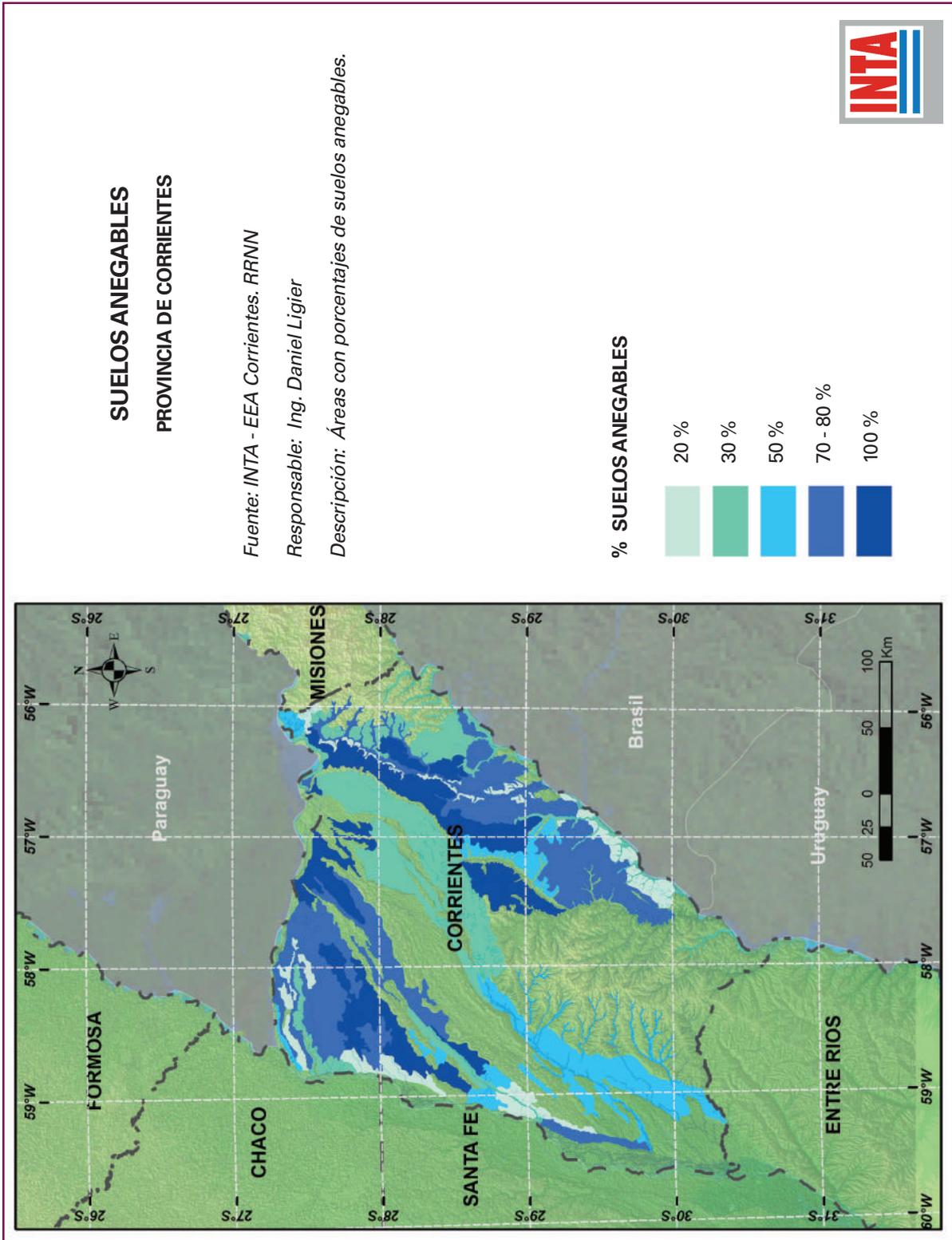
$$A = K_s \cdot LS \cdot R$$

Esta expresión se cuantificó para cada Serie de suelos y para cada unidad cartográfica, ponderándose las pérdidas de acuerdo al porcentaje de la unidad cartográfica ocupada por suelos susceptibles a la erosión hídrica.

Los resultados se ilustran en un mapa en donde las unidades cartográficas se agruparon en Seis Clases de Riesgo de Erosión Potencial definidas por un rango de pérdidas en toneladas por hectárea y año y en centímetros de capa arable perdida para una densidad aparente crítica de 1,4 gr/cm<sup>3</sup>. Esta densidad surge de determinaciones realizadas en lotes muy deteriorados y compactados como resultado de malas prácticas agrícolas y ganaderas. Las clases se explicitan a continuación:

*RESPONSABLE DE LOS ESTUDIOS: Ing. Daniel Ligier - INTA – EEA Corrientes. Recursos Naturales*

*DISPONIBLE EN: Sistema de Información Geográfica de la provincia de Corrientes: <http://sigctes.inta.gov.ar/sig/index.php> - Sistema de datos geograficos del INTA: <http://geointa.inta.gov.ar/>*



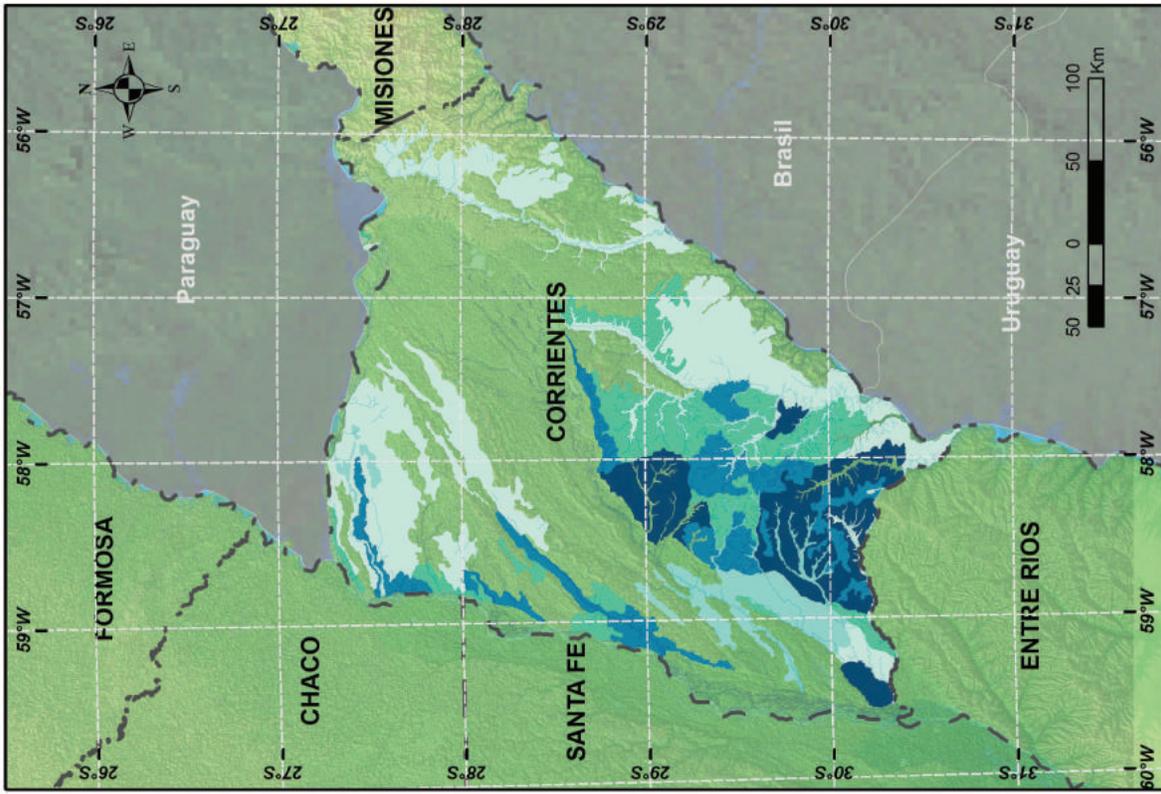
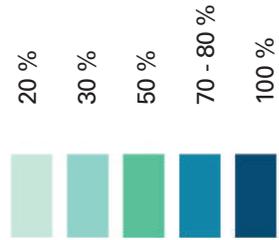
**SUELOS ENCHARCABLES**  
**PROVINCIA DE CORRIENTES**

Fuente: INTA - EEA Corrientes. RRNN

Responsable: Ing. Daniel Ligier

Descripción: Áreas con porcentajes de suelos encharcables.

**% SUELOS ENCHARCABLES**



## EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL

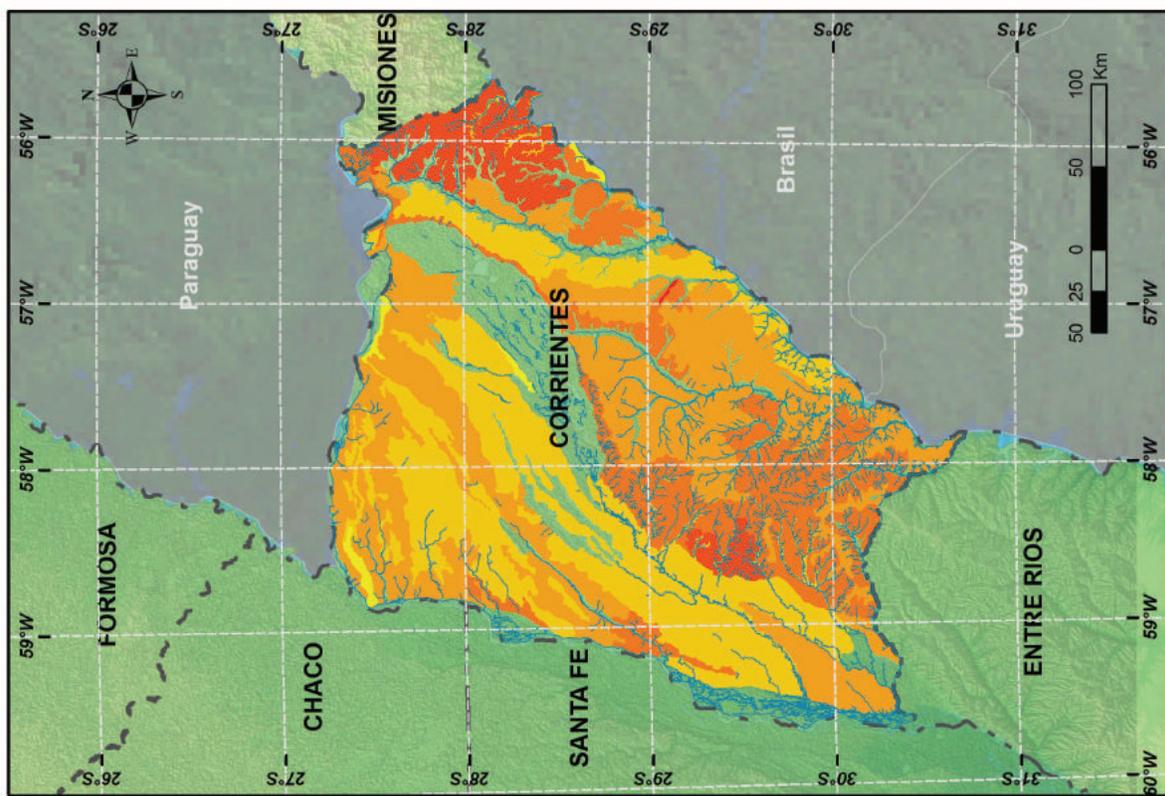
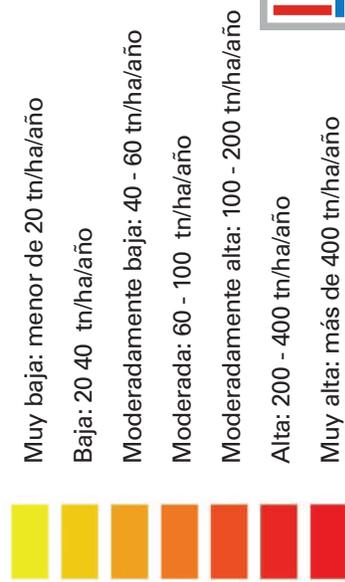
### PROVINCIA DE CORRIENTES

Fuente: INTA - EEA Corrientes. RRNN

Responsable: Ing. Daniel Ligier

Descripción: Áreas con riesgo de erosión hídrica potencial en tn/ha/año, aplicando la Ecuación universal de pérdida de suelos (UEPS o USLE - Universal soil loss equation) de Wischmeier y Smith (1978), tomando en cuenta algunas modificaciones propuestas con posterioridad (Lafien y otros, 1997).

### CLASES DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL



## Erosión hídrica potencial: provincia de Misiones

En la Provincia de Misiones como en otras regiones húmedas del país se detectaron daños provocados por erosión hídrica, tanto en tierras dedicadas a la agricultura de secano como riego. La erosión hídrica es la de mayor relevancia en cuanto a sus efectos negativos sobre procesos productivos. La misma comprende la desagregación localizada de las partículas del suelo por impacto de las gotas de lluvia, el transporte en flujos continuos y la sedimentación final, causado por el escurrimiento superficial.

Básicamente, la erosión hídrica se ve enmarcada por varios factores como ser el clima, el suelo, la vegetación, la topografía y fundamentalmente el manejo que el hombre efectúa sobre los ambientes naturales.

Mapa de Riesgo Potencial de Deterioro por Erosión Hídrica, mediante métodos de simulación, cuantificando la magnitud esperada del proceso y su localización geográfica:

Se aplicó el modelo denominado Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (UEPS o USLE - Universal Soil Loss Equation) de Wischmeier y Smith (1978).

La expresión más conocida de esta ecuación, es:  

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

El valor de pérdida de suelos obtenida (A), es un término general que cuantifica un valor promedio anual, y es el más usado para fijar los efectos a largo plazo de la erosión sobre la productividad.

Esta Ecuación fue derivada, por los autores, del análisis estadístico de datos obtenidos de 10.000 parcelas, afectadas por lluvia natural y entre 1.000 y 2.000 parcelas/año con lluvia simulada. Esta ecuación evalúa principalmente la erosión laminar o erosión "entre surcos" (EES) y la erosión en surcos (ES) en forma conjunta, no así a la erosión por escurrimiento o "flujo concentrado", cuya expresión máxima es la formación de cárcavas.

Los términos de la ecuación se explican a continuación:

A= Es la cantidad de suelo perdido en toneladas por hectárea y año, para condiciones específicas de lluvia, suelo, topografía, cultivo-manejo y prácticas de conservación.

Cálculo de la erosión Máxima Teórica Potencial:

se define así al producto de la Erosionabilidad del suelo (K), por el factor topográfico (LS) y por el factor de Erosividad de las lluvias (R), cuyo resultado es la pérdida potencial de suelo expresada en hectárea y año.

$$A = Ks \cdot LS \cdot R$$

Los resultados se ilustran en un mapa agrupados por clases de Riesgo de Erosión Potencial definidas por un rango de pérdidas en toneladas por hectárea y año y en centímetros de capa arable perdida para una densidad aparente crítica de 1,4 gr/cm<sup>3</sup>. Esta densidad surge de determinaciones realizadas en lotes muy deteriorados y compactados como resultado de malas prácticas agrícolas y ganaderas.

*RESPONSABLE DE LOS ESTUDIOS: Ing. Daniel Ligier - INTA – EEA Corrientes. Recursos Naturales*

*DISPONIBLE EN: Sistema de Información Geográfica de la provincia de Corrientes y Misiones: <http://sigctes.inta.gov.ar/sig/index.php> - Sistema de datos geograficos del INTA: <http://geointa.inta.gov.ar/>*

## EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL

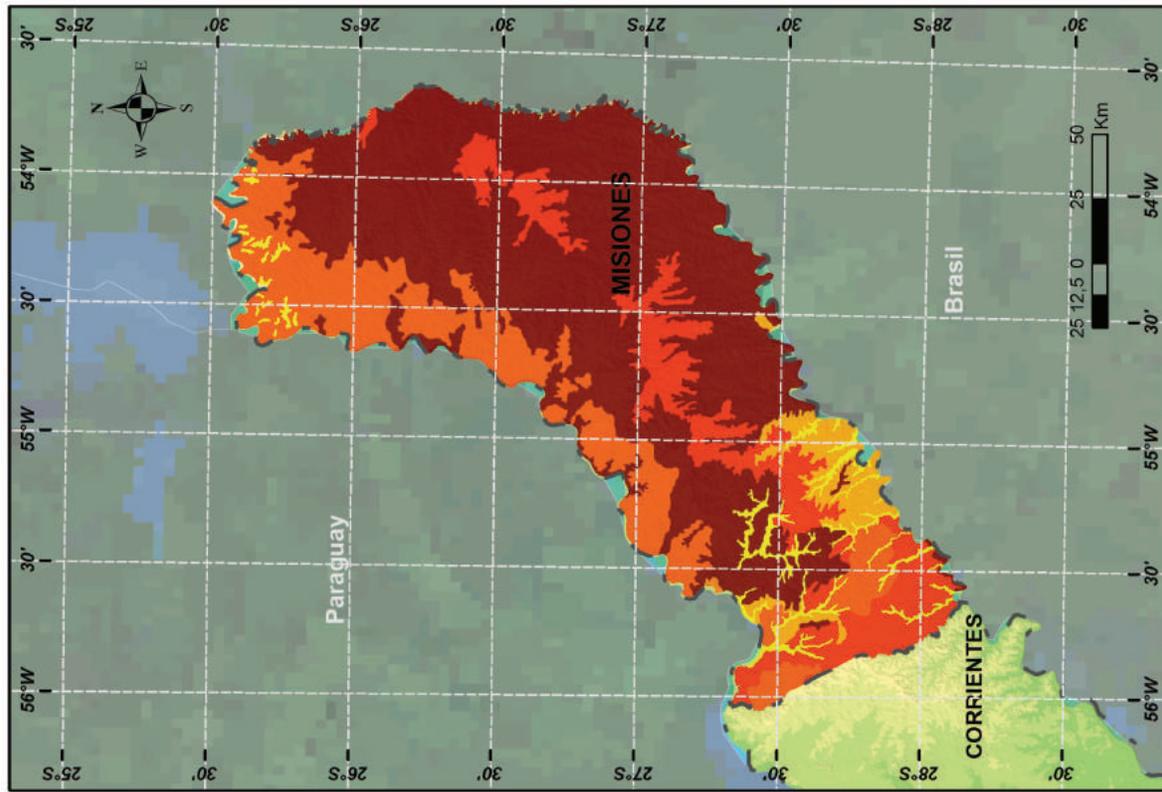
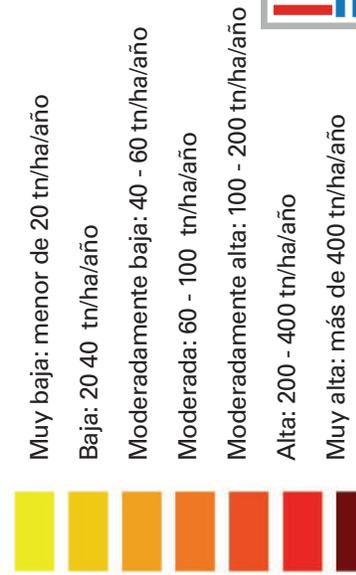
### PROVINCIA DE MISIONES

Fuente: INTA - EEA Corrientes. RRRN

Responsable: Ing. Daniel Ligier

Descripción: Áreas con riesgo de erosión hídrica potencial en tn/ha/año, aplicando la Ecuación universal de pérdida de suelos (UEPS o USLE - Universal soil loss equation) de Wischmeier y Smith (1978), tomando en cuenta algunas modificaciones propuestas con porterioridad (Lafien y otros, 1997).

### CLASES DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL



## Pérdida de suelo por erosión hídrica: Cuencas Arroyo Pergamino

La ecuación universal revisada de pérdida de suelo (RUSLE), es quizás la ecuación más difundida y aceptada en el mundo para estimar las pérdidas de suelo por erosión hídrica en zonas agrícolas con pendientes medias a bajas.

Es una ecuación empírica de tipo paramétrica multiplicativa, desarrollada sobre una gran base de datos experimentales, que permite calcular la pérdida promedio anual de suelo para una pendiente dada y bajo condiciones de uso y manejo de suelo específicas.

La expresión de la RUSLE es:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

donde:

- A: pérdida anual de suelo por unidad de superficie de Tn/ha/año
- R: factor de erosividad de la lluvia
- K: factor de erodibilidad de suelo
- L, S: factor topográfico de la longitud y el gradiente de la pendiente
- C: factor de cultivo y manejo
- P: factor de prácticas de conservación

La metodología para la aplicación de esta formulación a la cuenca del arroyo Pergamino se presenta a continuación, obteniéndose finalmente el mapa con la tasa de pérdida de suelo por erosión hídrica en toda la cuenca, siendo éste un claro indicador en la zona de estudio, de los sectores más susceptibles a presentar este tipo de problemas.

Sobre la base de la información suministrada por el INTA, se determinaron los parámetros necesarios para el cálculo de la pérdida de suelo o producción de sedimentos.

En primera instancia, con el modelo digital del terreno y con la correspondiente delimitación de la

cuenca, se definió la zona de trabajo en la que está incluida la ciudad de Pergamino a orillas del arroyo homónimo.

Respecto del factor de erosividad de la lluvia (R), se contó con información antecedente del INTA, en la que dicho parámetro ha sido estimado en una vasta zona de la provincia de Buenos Aires que incluye el área de estudio. En relación al grado de erodibilidad del suelo, y si bien se contó con el mapa de suelos del INTA, se adoptó para la zona un valor uniforme de 0,5.

Tomando como base el modelo digital del terreno (MDT), mediante módulos específicos, programados para operar dentro de sistemas de información geográfica (GIS), se determinó a escala de celdas de trabajo, el parámetro L – S que incluye los factores topográficos de la longitud y el gradiente de la pendiente.

El factor C, referido a los cultivos y su manejo, se determinó mediante la obtención de zonas homogéneas a partir del mapa de suelos. Respecto del factor de prácticas de conservación (P), en este análisis no se tuvo en cuenta, asumiéndose un valor de dicho parámetro igual a 1. A partir de la expresión de la RUSLE y operando celda a celda con los mapas de las distribuciones espaciales de los diversos factores mediante módulos del GIS, se obtuvo el mapa, con la tasa de pérdida de suelo por erosión hídrica en toneladas por hectárea por año .

El mapa presentado permite apreciar cuáles son las zonas donde el problema de la pérdida de suelo adquiere mayor importancia, siendo también una herramienta para identificar dónde y de qué forma deben implementarse acciones para controlar el deterioro del territorio.

Por otro lado este tipo de modelos sencillos permite analizar en forma rápida, cómo diversos cambios en las condiciones físicas de la cuenca o en las prácticas agrícolas, pueden afectar la pérdida de suelo.

*RESPONSABLES DE LOS ESTUDIOS: Pablo Daniel SPALLETTI – Laboratorio de Hidráulica – Instituto Nacional del Agua (INA)*

*DISPONIBLE EN: Laboratorio de Hidráulica: <http://www.ina.gov.ar> - Sistema de datos geograficos del INTA: <http://geointa.inta.gov.ar/>*

## PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA

### CUENCA ARROYO PERGAMINO

Fuente: Laboratorio de Hidráulica

Responsable: Ing. Pablo Spalletti

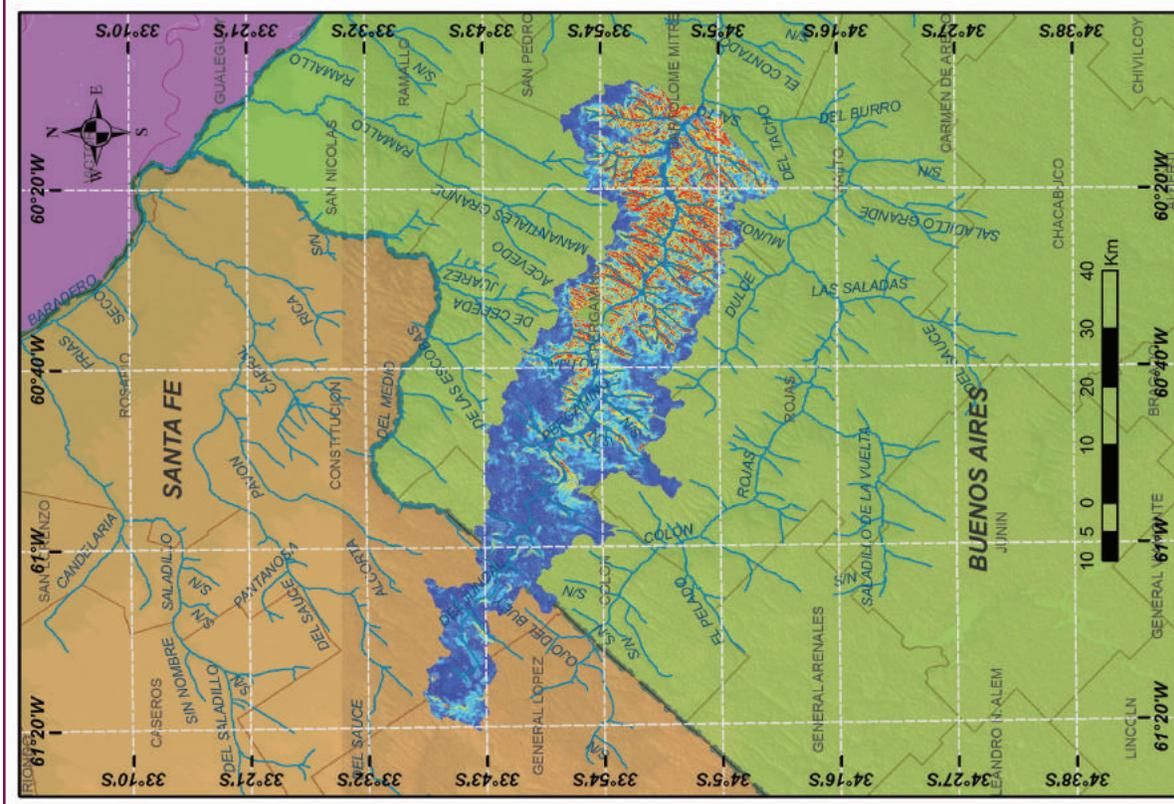
Descripción: Tasa de pérdida de suelo (tn/ha/año), basada en la ecuación RUSLE, obteniéndose un mapa indicador de los sectores más susceptibles a presentar erosión hídrica.

### TASA DE PÉRDIDA DE SUELO TN/HA/AÑO



High: 54,3782

Low: 0



## Mapa de riesgo hídrico y de suelos: Cuenca del Salado

El mapa de riesgo hídrico y de suelos escala 1:25.000 fueron generados a partir de la interpretación de 25 años de imágenes provenientes del satélite Landsat (300 imágenes facilitadas por la CONAE), el modelo digital de terreno SRTM de 90 m (USGS), datos históricos pluviométricos de 20 estaciones meteorológicas facilitadas por el SMN, las cartas de suelo del INTA 1:50.000 y el trabajo conjunto del INTA Cuenca del Salado, el Instituto de Hidrología de Llanuras (IHLLA), la CONAE, el Servicio Meteorológico Nacional y el área de Génesis de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias (Balcarce), de la Universidad de Mar del Plata.

En el mapa se pueden observar las frecuencias en

porcentajes de las áreas digitalizadas. La frecuencia "0" identifica áreas planas no inundables, pero susceptibles a falta de piso. Las frecuencias negativas indican relieves positivos (lomas). Cuanto más negativo el valor, más elevadas son las lomas.

Los valores de Índice de productividad (IP) cercanos a 100 indicarían que no hay restricciones para alcanzar los mejores rendimientos en una región.

En la medida que estos valores se acercan a 0 indicarían que existen limitantes en las propiedades del suelo para que este, en un período de 10 años, produzca el 70 % menos respecto de un suelo con IP = 100.

*RESPONSABLE DE LOS ESTUDIOS Ing. Agr. Pablo Vázquez - INTA – EEA Cuenca del Salado*

*DISPONIBLE EN: Sistema de datos geograficos del INTA: <http://geointa.inta.gov.ar/>*

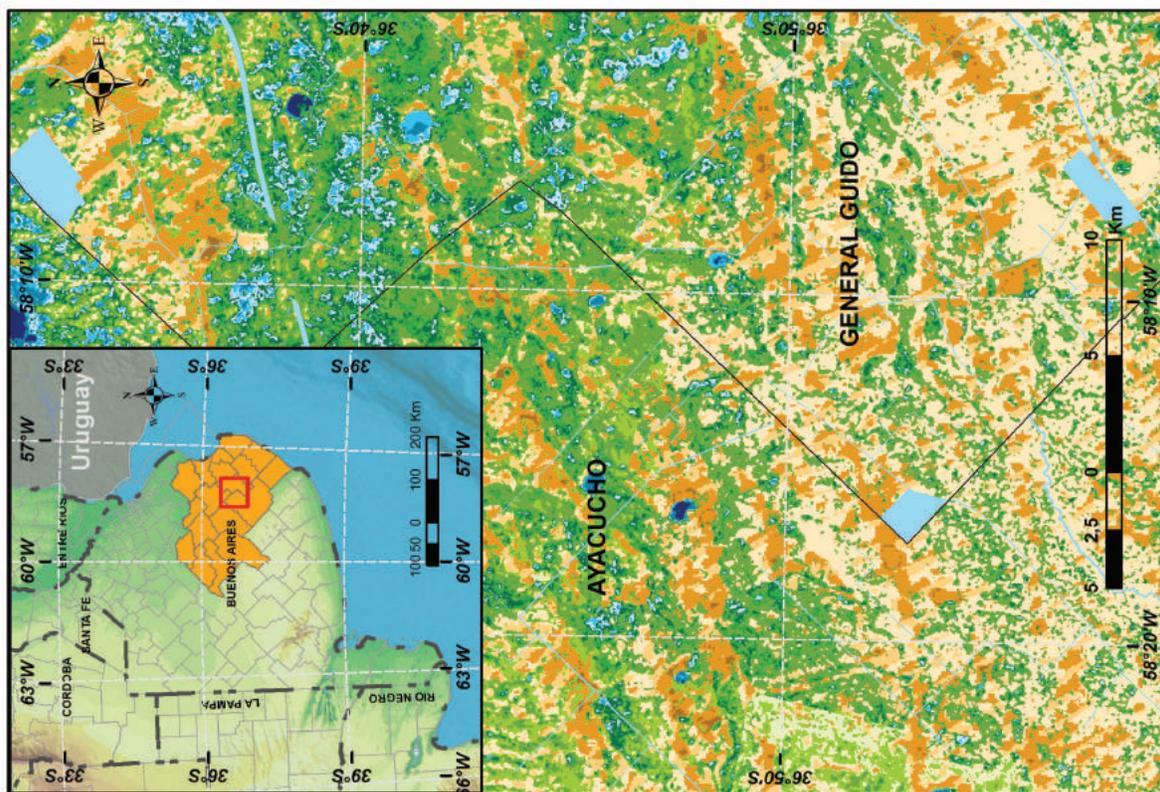
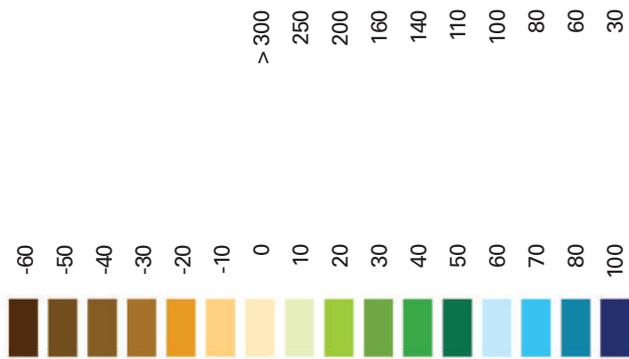
## MAPA DE RIESGO HÍDRICO Y DE SUELOS CUENCA DEL SALADO

Fuente: INTA - EEA Cuenca del Salado  
Responsable: Ing. Agr. Pablo Vázquez

Descripción: Los mapas de riesgo hídrico y de suelos escala 1:25.000 generados a partir de la interpretación de 25 años de imágenes provenientes del satélite Landsat (300 imágenes), el modelo digital de terreno SRTM (USGS), datos históricos pluviométricos de 20 estaciones meteorológicas facilitadas por el SMN, las cartas de suelo del INTA 1:50.000.

### RIESGO HÍDRICO PARA 25 AÑOS

Frecuencia  
Lluvia acumulada en 30 días  
necesaria para anegar el suelo (mm)



## Recurrencia de inundación Cuenca del Salado

Estado de avance del estudio de “Actualización del Impacto Ambiental, Económico y Territorial” realizado por la Facultad Regional Avellaneda de la Universidad Tecnológica Nacional para el Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, en el marco del Convenio firmado conjuntamente entre esa Casa de Altos Estudios, los Ministerios de Infraestructura, Vivienda y Servicios Públicos y Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, para el Plan de Desarrollo Integral de la Cuenca del Río Salado.

El estudio toma parte de los análisis, conclusiones y propuestas resultantes del Plan Maestro Integral (1999), e incorpora los siguientes elementos: Nuevas obras en el sistema más proyectos ejecutivos de obras con documentación para licitar más existencia del Fondo Hídrico; Nuevos eventos de inundación de naturaleza extraordinaria y riqueza hídrica (2000-2003) más una década de datos hidro-meteorológicos, en un contexto de Cambio Climático, lo que lle-

va a la redefinición del riesgo; nuevas herramientas computacionales con mayor precisión y posibilidad de transferencia efectiva (Modelo Matemático y Sistema de Información Geográfica), con posibilidad de seguimiento de los eventos y planificación y manejo a escala de tiempo estacional de las obras de la cuenca.

El plan fue diseñado para una recurrencia de eventos de caudal de 1:10 años (la probabilidad indica que será el máximo esperable dentro de un período de 10 años) y dentro de esta condición máxima, con un tiempo de retardo para la evacuación de la crecida de 60 días. Ante un evento que exceda la recurrencia de diseño, subsistirán fenómenos de anegamiento e inundación, pese a ello, la mejora de la capacidad de conducción y evacuación del sistema provocará que, aún en el caso indicado, los efectos de anegamiento e inundación persistan en una menor cantidad de días que lo que se hubiera verificado en forma “natural” (sin la construcción de las obras).

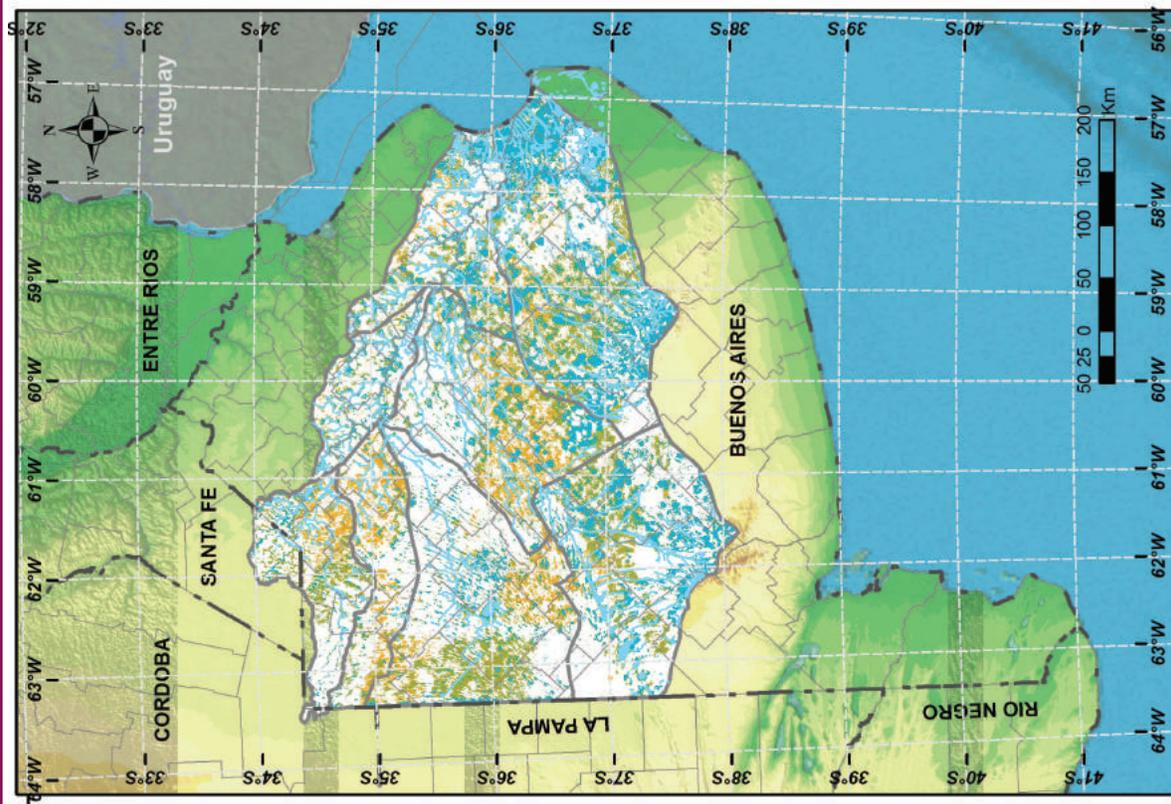
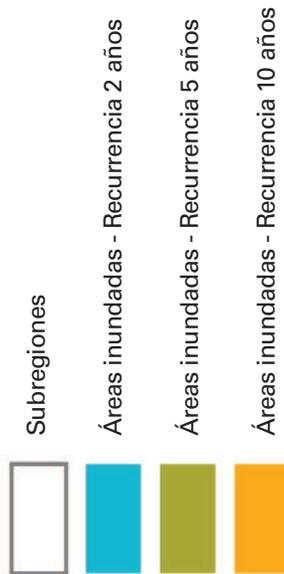
*RESPONSABLE DE LOS ESTUDIOS: Universidad Tecnológica Nacional (Facultad Regional Avellaneda) e INA*

# MAPA DE RECURRENCIA DE INUNDACIÓN CUENCA DEL SALADO

Fuente: Universidad Tecnológica Nacional (Facultad Regional Avellaneda) - INA

Responsable: UTN

Descripción: Plan de Desarrollo Integral de la Cuenca del Río Salado. Proyecto: Medición del impacto ambiental, económico y territorial de la Cuenca del río Salado de la provincia de Buenos Aires, 2006 - 2007.



## Vulnerabilidad de anegamiento

### Frecuencia de anegamiento mediante imágenes satelitales

La planificación de la producción agropecuaria a nivel de empresa, como su seguimiento y monitoreo a nivel institucional requiere del conocimiento de una serie de elementos que integran el proceso de aptitud productiva según las características de los suelos, condiciones climáticas y tipo de cultivos y análisis de factores de riesgo.

Uno de los factores de riesgo es la posibilidad de anegamiento e inundación y su frecuencia, necesarios es el conocimiento de los posibles riesgos que se pueden tener en una zona.

La determinación de áreas con igual respuesta a diferentes eventos climáticos se resuelve a partir de la información que proveen los sensores remotos en una secuencia temporal que permite elaborar "Mapas de Riesgo de Anegamiento e Inundación Agropecuario", con el apoyo de un Sistema de Información Geográfica.

El objetivo de este trabajo fue definir para el área núcleo agrícola un mapa de riesgo en base a la frecuencia de anegamientos e inundación observada en secuencias de imágenes satelitales.

Diferentes métodos de teledetección como clasificación asistida y fotointerpretación empleados en el Instituto de Clima y Agua, del INTA de Castelar, permitieron delinear y delimitar las áreas con distinta afectación producida por eventos climáticos extremos de excesos de precipitaciones y diferente tiempo de permanencia del agua para la región especificada por el proyecto, que cubre cerca de 20 millones de hectáreas.

Como parte de la elaboración de un Sistema de Información Geográfica de apoyo al análisis de riesgo para el seguro agropecuario, se requirió la elaboración de un mapa de riesgo de origen climático a partir de la información que proveen las Imágenes Satelitales de alta resolución Landsat TM 5 y 7 de los últimos 30 años.

*RESPONSABLE DE LOS ESTUDIOS: INTA - Instituto de Clima y Agua*

*DISPONIBLE EN: Sistema de datos geograficos del INTA: <http://geointa.inta.gov.ar/> - Sistema de Información Geográfica Oficina de Riesgo Agropecuario: <http://www.ora.gov.ar>*

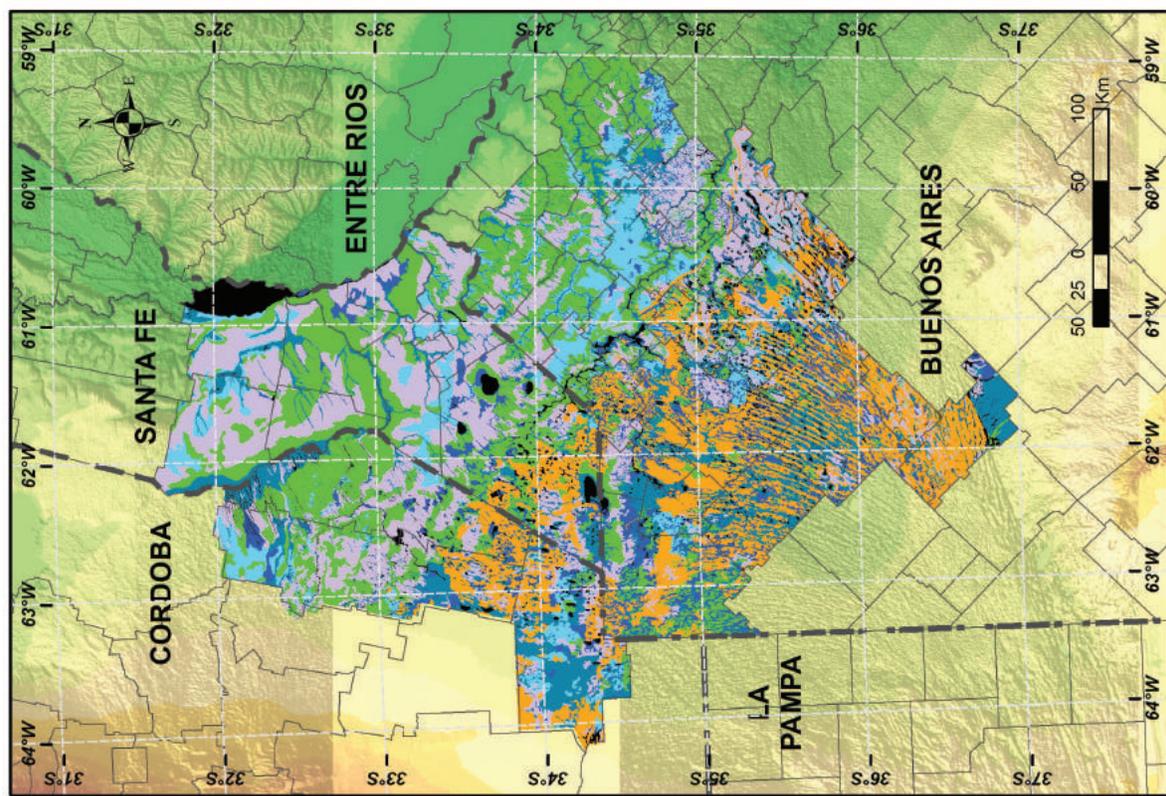
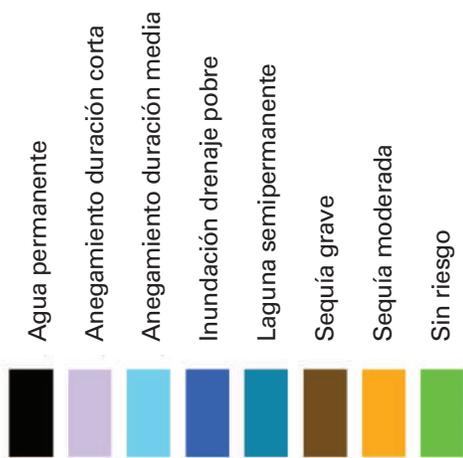
## VULNERABILIDAD DE ANEGAMIENTO EN BASE A IMÁGENES SATELITALES

Fuente: INTA - Instituto de Clima y Agua

Responsable: Lic. Stella Carballo, Lic. Tomás Hartmann

Descripción: Cartografía de riesgo hídrico a partir de imágenes Landsat TM y ETM indicativas de eventos extremos sucedidos en el período 1972 a 2004. La información que provee el mapa es la vulnerabilidad de los diversos ambientes para la actividad productiva frente a sucesos de terminados. Norte de la provincia de Buenos Aires, sur de las provincias de Córdoba y Santa Fe.

### VULNERABILIDAD ANEGAMIENTO



## Vulnerabilidad de anegamiento - Drenaje de los suelos Provincia de Buenos Aires

La cartografía del Mapa de Riesgo de Anegamiento por Drenaje se basa en las unidades cartográficas de la carta de suelos de la provincia de Buenos Aires a escala semidetalle 1:50.000 pertenecientes al Plan Mapa de Suelos, cuyos mapas fueron digitalizados en el Laboratorio de Teledetección y SIG del Instituto de Suelos. Esta digitalización se realizó en el sistema de coordenadas planas proyectado a faja 5, WGS84.

Dentro de la base de datos anexa, se completaron para cada uno de los símbolos cartográficos los siguientes campos: las componentes taxonómicas (Series de suelos), su porcentaje dentro de la unidad, clasificación taxonómica y clase de drenaje de la serie.

Se generó un campo en el cual se concatenaron los drenajes de los suelos componentes para cada una de las unidades cartográficas y luego se comenzó a realizar el agrupamiento de las distintas clases en primera instancia.

Las clases por drenaje adoptadas del Manual de Reconocimiento de Suelos son las siguientes:

**Drenaje 0:** suelos mal drenados (suelos sin escurrimiento o con escurrimiento muy lento).

**Drenaje 1:** suelos pobremente drenados (suelos que se mantienen encharcados la mayor parte del año o en periodos prolongados).

**Drenaje 2:** suelos imperfectamente drenados (los suelos mantienen el agua por periodos que no cubren todo el año).

**Drenaje 3:** suelos moderadamente bien drenados (suelos bien drenados pero con lentitud en la eliminación del exceso de agua).

**Drenaje 4:** suelos bien drenados (suelos en que el agua en exceso se elimina con facilidad aunque no rápidamente).

**Drenaje 5:** suelos algo excesivamente drenados (suelos en que el agua se elimina demasiado rápidamente).

**Drenaje 6:** suelos excesivamente drenados (suelos que prácticamente no retienen el agua).

Para los casos en que los suelos integrantes comparten la misma clase de drenaje se le asignó este a la clase final. Para el caso de las unidades cartográficas de drenaje mixto los criterios para definir las clases fueron:

Cuando el porcentaje de la serie dominante supera el 80%, la clase final está determinada por la clase de drenaje de ésta.

Si la serie dominante se encuentra entre el 50 y 80% y los suelos acompañantes (pueden ser varios) presentan una clase de drenaje de grado contiguo a la dominante se lo define por el drenaje principal en transición al que le sigue en dominancia, por ejemplo: 60% drenaje moderado y 40% drenaje imperfecto, la clase se define como Moderado a imperfecto, o 50% drenaje moderado + 40% drenaje imperfecto.

En el caso en que la composición presentara drenajes separados por más de un grado, por ejemplo moderado y algo excesivo, la sintaxis adoptada fue: Drenaje moderado, menos 50% drenaje algo excesivo.

Las superficies de la tabla han sido calculadas por sistema.

*RESPONSABLES DE LOS ESTUDIOS:* - INTA - Instituto de Suelos: Laboratorio Teledetección y SIG. - Ing. María Inés Puentes

*DISPONIBLE EN:* Sistema de datos geograficos del INTA: <http://geointa.inta.gov.ar/>

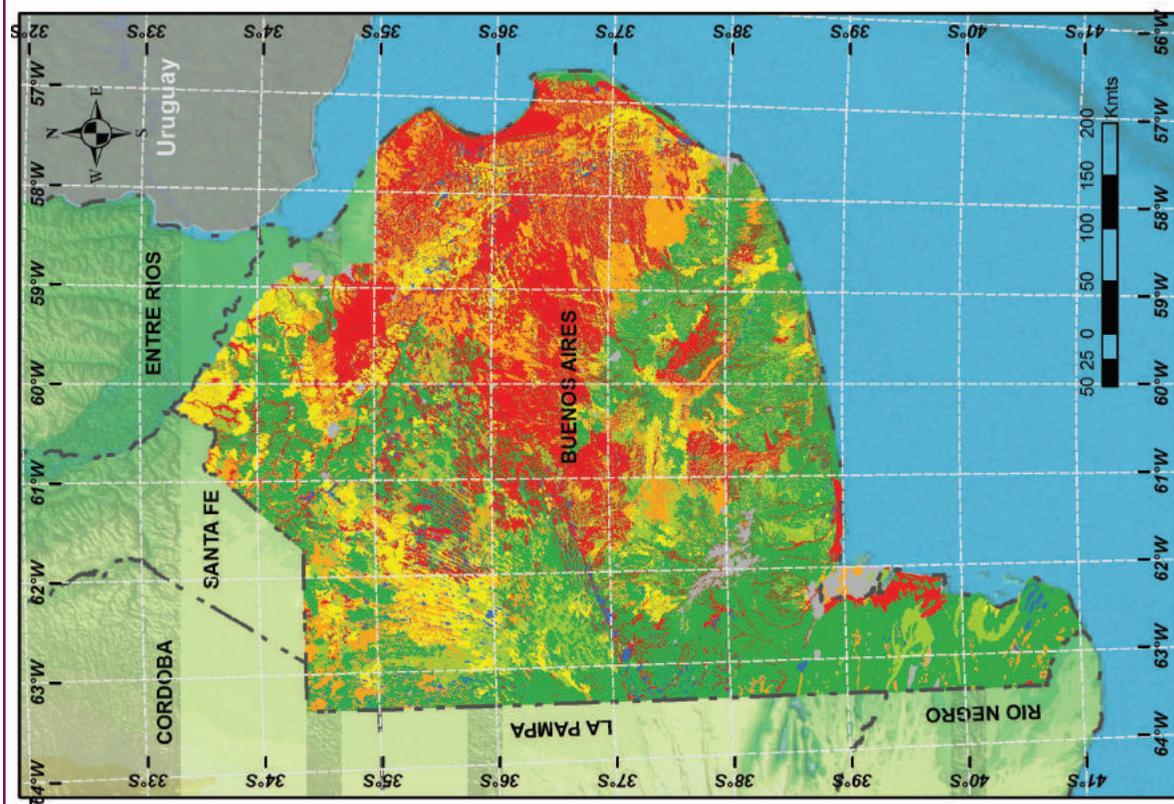
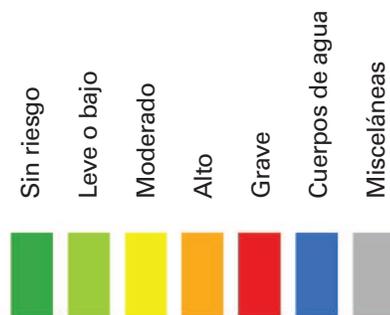
## VULNERABILIDAD DE ANEGAMIENTO EN BASE A IMÁGENES SATELITALES

Fuente: INTA - Instituto de Suelos

Responsable: Laboratorio de Teledetección y SIG - Ing. María Inés Puentes

Descripción: La cartografía del Mapa de vulnerabilidad de anegamiento por drenaje se basa en las unidades cartográficas de la carta de suelos de la provincia de Buenos Aires a escala semidetalle 1:50.000 pertenecientes al Plan Mapa de suelos. Las clases por drenaje se adoptaron del Manual de reconocimiento de suelos.

### VULNERABILIDAD DE ANEGAMIENTO POR DRENAJE



## Mosaico de imágenes satelitales Landsat de épocas de máximo anegamiento e inundación

Con el objetivo de cubrir la información necesaria para las investigaciones tendientes a valorar las ocurrencias de eventos de inundación y anegamiento que inciden directamente con la actividad agropecuaria, el Instituto de Clima y Agua del INTA genera capas de información que permiten establecer la ubicación geográfica de áreas inundadas por eventos extremos o que históricamente tienen mayor ocurrencia de anegamiento. Esta información es generada a partir del procesamiento de imágenes LandsatTM y ETM, en series de varios años.

### **AREAS ANEGADAS: Imágenes Landsat 1985 - 2003**

De manera de contar con una base de información de los máximos niveles de riesgo a anegamientos e inundaciones en áreas productivas se generó un mosaico de imágenes de los momentos de más agua en superficie del satélite Landsat, sensores TM y ETM, de 1985 al 2003 inclusive, con imágenes procedentes del INPE, CONAE y del USGS.

La selección de imágenes se realizó en base a la correspondencia con registros de precipitaciones acumuladas, referencias de anegamientos en medios diversos, y el análisis visual de múltiples vistas previas de las imágenes de este periodo.

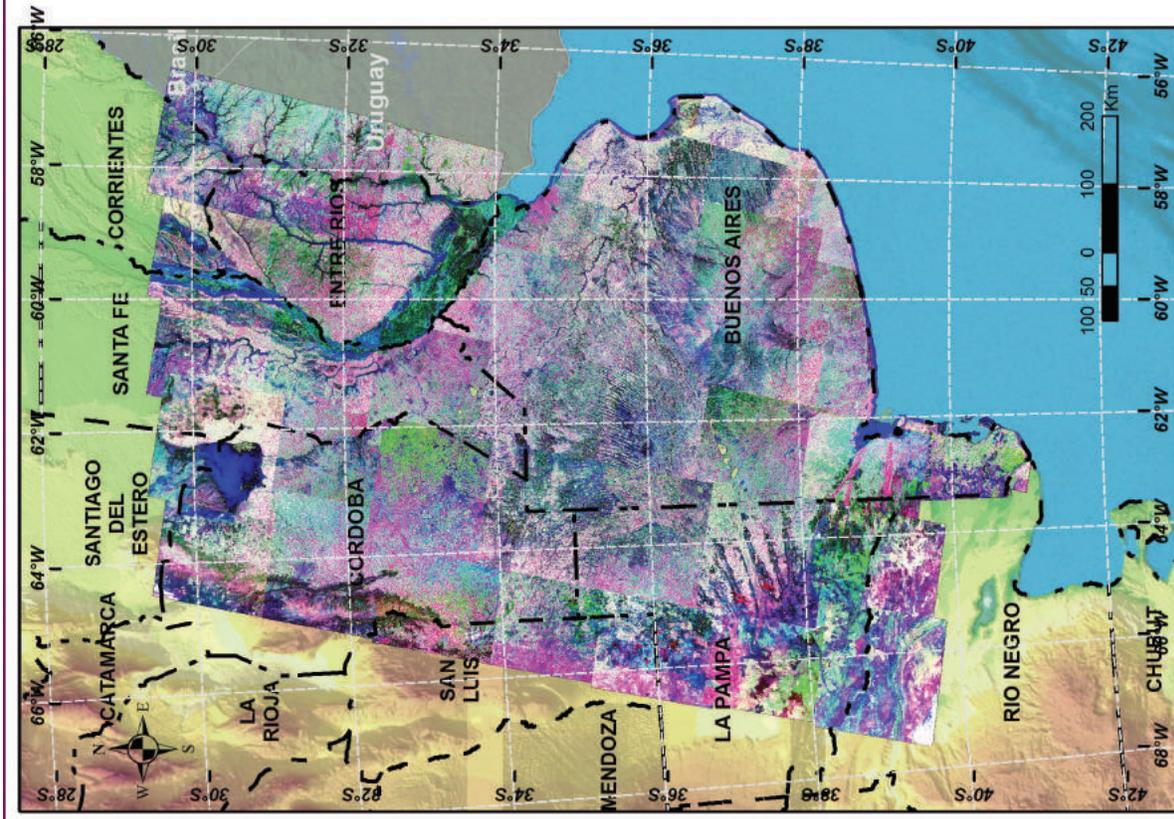
Esta capa permite constatar de manera geoferenciada los máximos niveles de riesgo en cada sitio sobre una resolución de píxel de 30 x 30 metros, en el sistema geográfico, datum y elipsoide WGS84.

Esta capa de información se encuentra disponible en formato raster, pudiendo ser exportada a formato vectorial, de acuerdo al estudio pertinente. Está disponible para su utilización y consulta tanto en un Sistema de Información Geográfica como en plataformas de consulta geoferenciada vía web, como GeoINTA.

Se actualiza periódicamente y cubre todas las escenas del área húmeda y subhúmeda del país. Está disponible para diferentes estudios e investigaciones.

*RESPONSABLE DE LOS ESTUDIOS: Ing. Sofía Havrylenko, Ing. Pablo Mercuri, Tca. María José Pizarro, Lic. Santiago Bancho - INTA – Instituto de Clima y Agua*

*DISPONIBLE EN: Sistema de datos geográficos del INTA: <http://geointa.inta.gov.ar/>*



## MOSAICO IMÁGENES LANDSAT

AÑOS EXCESO HÍDRICO 1985 - 2003

Fuente: INTA - Instituto de Clima y Agua

Responsables: Ing. Forestal Sofía Havrylenko, Ing. Pablo Mercuri

Descripción: Mosaico de imágenes Landsat TM y ETM durante los años de excesos hídricos en el período 1985 - 2003.



## Mapas de riesgo de excesos hídricos

En general, el análisis tradicional del riesgo climático se basa en estadísticas de las variables climatológicas. Por ejemplo, para evaluar el riesgo de sequía se analiza la serie pluviométrica de la localidad de interés. La pregunta es si una “sequía meteorológica” para determinado cultivo, por ejemplo, para el maíz, lo será también para la soja. Es muy probable que un mismo valor de lluvia, en un periodo dado, resulte insuficiente para el maíz y a la vez suficiente para la soja.

Lo adecuado sería entonces analizar la probabilidad de sequía para cada cultivo en particular, ya que los requerimientos hídricos de los mismos son diferentes. Lo mismo sucede con los excesos acumulados en un periodo, que no se pueden relacionar directamente con el concepto de “lluvia excesiva”, ya que dependen del mayor o menor consumo de la cobertura vegetal, la capacidad del suelo de incorporar agua, etc. Es por esto que la ORA ha optado por considerar la variable derivada “reserva o almacenaje de agua en el suelo”, en lugar de la variable básica “precipitación” en la evaluación de riesgo de sequía o excesos. Para esto es necesario contar con una estimación de la reserva, que es en realidad la resultante de la interacción de las variables climáticas con el suelo y el cultivo considerado.

Este tratamiento involucra un importante valor agregado al considerar el sistema completo: la atmósfera, el suelo y el cultivo. También representa un trabajo considerablemente mayor, que estimamos ampliamente justificado para arribar a resultados ajustados a la realidad de los cultivos. El conocimiento del comportamiento habitual de la dinámica del agua en el suelo en un lugar a lo largo del año, y a su vez la distribución geográfica de esa dinámica en áreas agropecuarias importantes como la región pampeana, ha sido uno de los principales desafíos que ha tenido siempre la agrometeorología, tanto en el país como en el extranjero.

Se propone entonces la utilización de modelos de balance hídrico diario, basados en registros diarios de precipitación, de los cuales es posible obtener series consistidas, de longitud apropiada. Este método se establece entre tres componentes: la oferta de agua que

es la precipitación (PP), la demanda potencial atmosférica de agua que es lo que denominamos evapotranspiración (ETP) y la caja o reservorio de agua el suelo (ALM). Como el suelo y la vegetación que lo cubre no siempre ceden a la atmósfera toda el agua que les es demandada, definimos el concepto de evapotranspiración real (ETR), que es la que realmente se produce ante una determinada evapotranspiración potencial y un determinado almacenaje. La evapotranspiración real es siempre menor o igual a la potencial. La disponibilidad de mayor información básica para el proyecto de Mapas de Riesgo Agropecuario (ORA – MAGyP) ha permitido incluir a este esquema inicial términos que, según el tipo de suelo y a la escala de trabajo considerada, resultan significativos.

### Mapas de Riesgo de Excesos Hídrico

El término “exceso hídrico” identifica situaciones en las que el agua precipitada supera la capacidad del suelo de incorporarla y genera encharcamientos más o menos duraderos, pero no necesariamente “inundaciones”. Se puede definir para cada cultivo y zona un periodo crítico en el cual los rendimientos podrían verse perjudicados sustancialmente en el caso de que se generaran excesos hídricos. Una vez identificadas las fechas, se puede proceder a contabilizar cuántos casos de excesos hídricos se han estimado según el balance hídrico diario utilizado entre 1970 y 2010.

Se consideró la cantidad de casos desfavorables, que llamaremos casos de EXCESOS HÍDRICOS, es decir, los que presentaron excedentes de agua en la mitad o más de los días que conforman el periodo vulnerable. Así, si para una zona en particular se determinan estas condiciones en 2 de los 40 años, la probabilidad de ocurrencia del fenómeno es del 5%.

**Información disponible:** El mismo cálculo se realizó en cada unidad de suelo dentro de la REGIÓN PAMPEANA y áreas del NEA, para los siguientes cultivos: TRIGO, MAÍZ, GIRASOL, SOJA DE PRIMERA, SOJA DE SEGUNDA y ALGODÓN. Una vez determinados los resultados de probabilidad de estrés o excesos hídricos para cada suelo y cultivo, se procedió a la realización de mapas.

*RESPONSABLES DE LOS ESTUDIOS: Lic. Adriana Basualdo, Lic. Silvana Boragno, Cart. Oscar Martínez - ORA – Oficina de Riesgo Agropecuario – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.*

*DISPONIBLE EN: Oficina de Riesgo Agropecuario [http://www.ora.gov.ar/riesgo\\_mapas.php](http://www.ora.gov.ar/riesgo_mapas.php)*

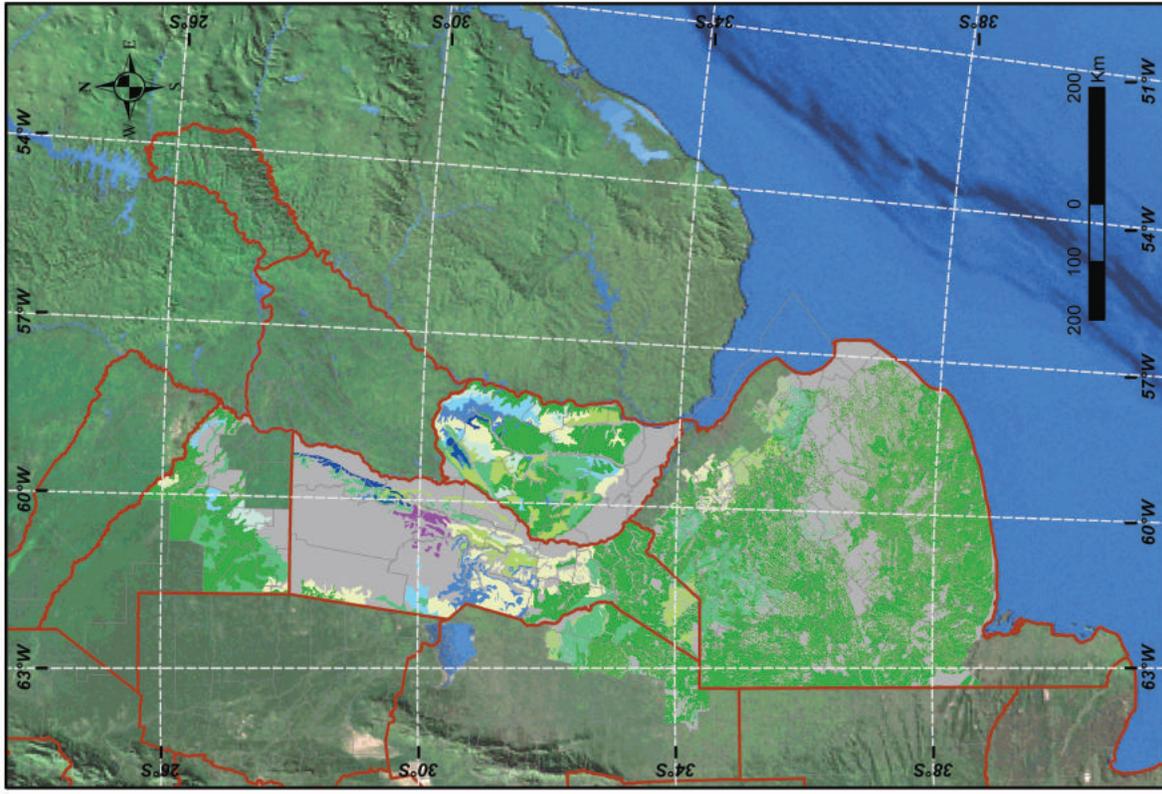
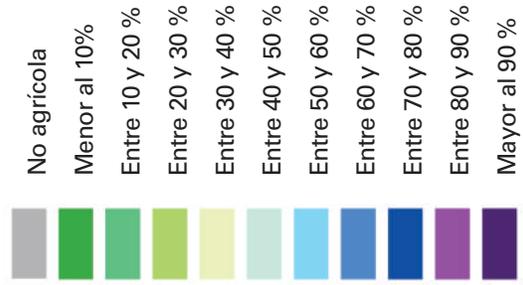
## MAPA DE RIESGO DE EXCESOS HÍDRICOS

Fuente: ORA - MAGyP

Responsable: Lic. Adriana Basualdo, Lic. Silvana Boragno,  
Cart. Oscar Martínez

Descripción: Probabilidad de excesos hídricos en el período crítico (de madurez fisiológica a cosecha), para el cultivo de soja de primera.  
Disponibles en [www.ora.gov.ar/riesgo\\_mapas.php](http://www.ora.gov.ar/riesgo_mapas.php)

### PROBABILIDAD DE EXCESOS HÍDRICOS



## Delta del río Paraná: mapas de excesos y de déficit hídricos

El área de estudio correspondió al delta del río Paraná, situado entre los 33° 30' y 36° 30' de latitud sur y entre los 60° 30' y 55° 30' de longitud oeste.

Uno de los objetivos de este trabajo fue definir los posibles escenarios hídricos para interpretarlos a través de imágenes satelitales. Para tal fin, se ha trabajado con la serie histórica de caudales medios mensuales del río Paraná en Corrientes, período 1904/05 - 2008/09. Para cada año se calculó el caudal medio del año hidrológico (Setiembre-Agosto) y se aplicaron sobre dicha serie temporal funciones de distribución (Pearson, Log-Pearson y Gumbel). La función que logró el mejor ajuste fue la de Gumbel. Sobre la base de estos resultados, se establecieron los límites para la clasificación del régimen hídrico del río Paraná. De la serie temporal de caudales medios anuales, se seleccionaron fechas a partir de 1980, año desde el cual se dispone de imágenes satelitales. Asimismo, la selección se realizó teniendo en cuenta las categorías de régimen hídrico seco, normal y húmedo considerando que estas clases incluyen situaciones extremas (año muy seco y muy húmedo respectivamente). Inicialmente, la selección de fechas se realizó tomando como referencia el puerto de Corrientes. Posteriormente, se incluyó información de alturas hidrométricas de puertos ribereños en el delta paranaense, aportados por profesionales del Sistema de Alerta Hidrológico del Instituto Nacional del Agua (INA). Estos datos correspondieron a alturas hidrométricas en el puerto de San Pedro. Con esta información se permitió acotar las fechas tomando en cuenta además que ante una onda de crecida, por más débil que fuera, existe un retardo de entre 30 y 60 días entre los puertos de Corrientes y Rosario.

Con respecto a los escenarios propuestos, se han seleccionado imágenes satelitales coincidentes con las fechas citadas y la ubicación geográfica del delta del río Paraná. Las imágenes empleadas para este análisis fueron adquiridas por el sensor Thematic Mapper (TM 5) del satélite Landsat. De las pasadas del satélite Landsat se tomó la correspondiente al path/row

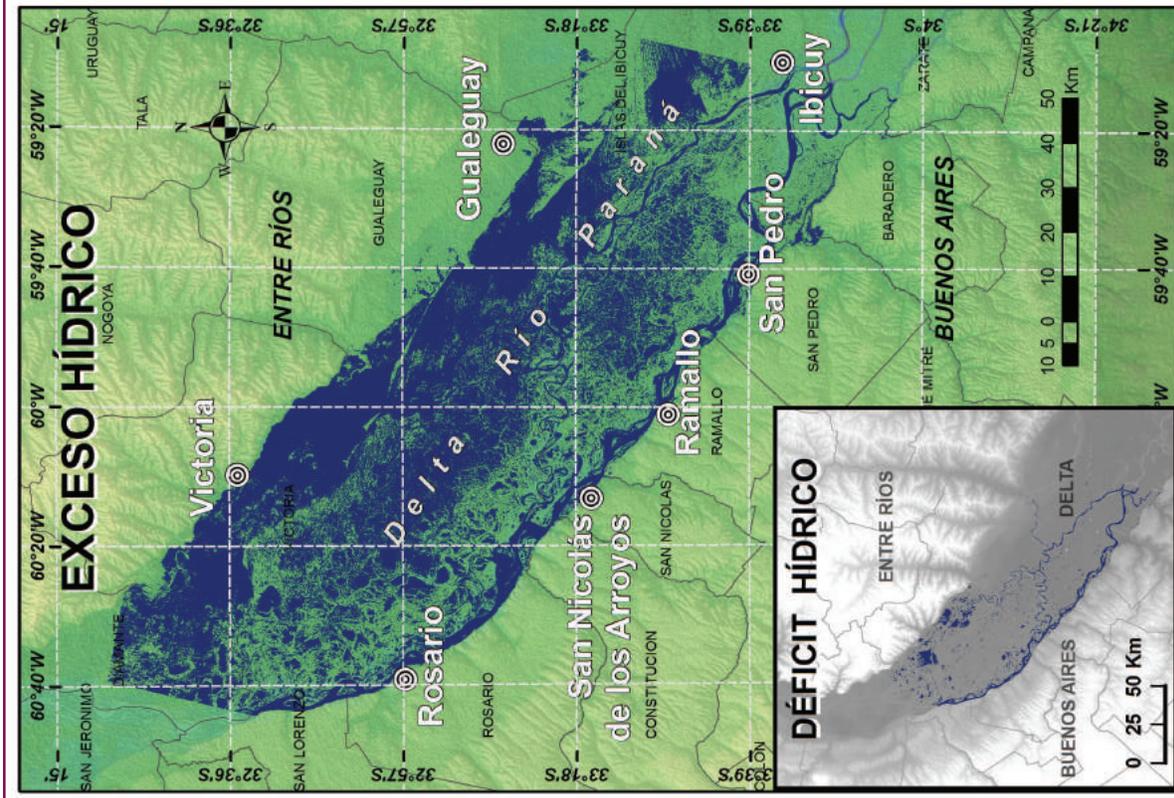
226-083 que captura principalmente la parte media del delta.

Cada imagen fue clasificada según la metodología ISODATA estableciendo un criterio de 30 clases como máximo. Una vez corrida la clasificación no supervisada, se procedió a clasificar cada píxel de cada imagen en dos posibles categorías: agua y no agua, asignando valores de 1 y 0 respectivamente. Cada una de estas imágenes se transformó a máscara de agua con el objetivo de visualizar independientemente cada escenario hídrico en un sistema de información geográfica (SIG). Por otra parte, con el conjunto de imágenes procesadas se estableció la frecuencia con que cada píxel estuvo ocupado por agua en todos los períodos evaluados (seco, normal y húmedo). Para ello, se agruparon las imágenes según período hídrico, húmedo normal y seco. Posteriormente se sumaron las imágenes obteniendo la frecuencia (de 0 a 1) con que cada píxel estuvo ocupado por agua. Los píxeles con una frecuencia cercana a 1 indican que esas zonas, independientemente del período, están ocupadas por agua.

Una vez obtenida la imagen resultante de frecuencia de píxeles ocupados por agua, se procedió a cartografiar los posibles escenarios hídricos. Para esto, a través del método estadístico de clasificación de umbrales naturales (natural breaks), se establecieron rangos que clasificaron las frecuencias en muy seco, seco, normal, húmedo y muy húmedo. Cada escenario hídrico cartografiado fue superpuesto a las cartas topográficas previamente digitalizadas y georeferenciadas.

Dentro del estado húmedo correspondiente con el sub período octubre-marzo se dispuso de una sola imagen. Esto indica que habría que continuar con la investigación y aportar imágenes actuales para completar la serie y aumentar el poder predictivo del mapa de susceptibilidad hídrica. A su vez, parte de las imágenes nuevas incorporadas a la serie permitirían realizar una validación del trabajo.

*RESPONSABLE DE LOS ESTUDIOS: Ing. Eduardo Flamenco, Ing. Gabriela Sepulcri, Lic. M. Gabriela Herrera, Téc. María José Pizarro- INTA – Instituto de Clima y Agua*



## DELTA DEL RÍO PARANÁ

### CARTOGRAFÍA DE SUSCEPTIBILIDAD HÍDRICA

Fuente: INTA - Instituto de Clima y Agua

Responsable: Ing. Eduardo Flamenco

Descripción: A partir de imágenes del satélite Landsat, correspondientes a la serie temporal 1980 - 2010, se generaron mapas de susceptibilidad hídrica del área media del delta del río Paraná, para posibles escenarios hídricos.

Agua en superficie



## Mapas de riesgo de déficit hídricos

En general, el análisis tradicional del riesgo climático se basa en estadísticas de las variables climatológicas. Por ejemplo, para evaluar el riesgo de sequía se analiza la serie pluviométrica de la localidad de interés. La pregunta es si una “sequía meteorológica” para determinado cultivo, por ejemplo, para el maíz, lo será también para la soja. Es muy probable que un mismo valor de lluvia, en un periodo dado, resulte insuficiente para el maíz y a la vez suficiente para la soja.

Lo adecuado sería entonces analizar la probabilidad de sequía para cada cultivo en particular, ya que los requerimientos hídricos de los mismos son diferentes. Lo mismo sucede con los excesos acumulados en un periodo, que no se pueden relacionar directamente con el concepto de “lluvia excesiva”, ya que dependen del mayor o menor consumo de la cobertura vegetal, la capacidad del suelo de incorporar agua, etc.

Es por esto que la ORA ha optado por considerar la variable derivada “reserva o almacenaje de agua en el suelo”, en lugar de la variable básica “precipitación” en la evaluación de riesgo de sequía o excesos. Para esto es necesario contar con una estimación de la reserva, que es en realidad la resultante de la interacción de las variables climáticas con el suelo y el cultivo considerado.

Este tratamiento involucra un importante valor agregado al considerar el sistema completo: la atmósfera, el suelo y el cultivo. También representa un trabajo considerablemente mayor, que estimamos ampliamente justificado para arribar a resultados ajustados a la realidad de los cultivos. El conocimiento del comportamiento habitual de la dinámica del agua en el suelo en un lugar a lo largo del año, y a su vez la distribución geográfica de esa dinámica en áreas agropecuarias importantes como la región pampeana, ha sido uno de los principales desafíos que ha tenido siempre la agrometeorología, tanto en el país como en el extranjero.

Se propone entonces la utilización de modelos de balance hídrico diario, basados en registros diarios de precipitación, de los cuales es posible obtener series

consistidas, de longitud apropiada. Este método se establece entre tres componentes: la oferta de agua que es la precipitación (PP), la demanda potencial atmosférica de agua que es lo que denominamos evapotranspiración (ETP) y la caja o reservorio de agua el suelo (ALM). Como el suelo y la vegetación que lo cubre no siempre ceden a la atmósfera toda el agua que les es demandada, definimos el concepto de evapotranspiración real (ETR), que es la que realmente se produce ante una determinada evapotranspiración potencial y un determinado almacenaje. La evapotranspiración real es siempre menor o igual a la potencial. La disponibilidad de mayor información básica para el proyecto de Mapas de Riesgo Agropecuario (ORA – MAGyP) ha permitido incluir a este esquema inicial términos que, según el tipo de suelo y a la escala de trabajo considerada, resultan significativos.

### Mapas de Riesgo de Déficit Hídrico

En primera instancia se define un periodo del cultivo en el que se considera que la disponibilidad restringida de agua resultará en alguna merma significativa en el rendimiento. Mediante la implementación del balance hídrico se obtiene el almacenaje diario de cada unidad de zonificación, entre el 01/01/1970 hasta el 31/12/2010, es decir, 40 años, ya que el primero se descarta. En función de esto se puede identificar la cantidad de veces en que el almacenaje estuvo por debajo de un cierto valor durante el periodo crítico de déficit hídrico de cada cultivo.

Se consideró la cantidad de casos desfavorables, que llamaremos casos de DÉFICIT HÍDRICO, es decir, los que presentaron niveles de reserva regulares o inferiores. Se computaron dentro de estos casos aquellas campañas para las cuales se estimó que, durante la mitad o más de los días que conforman el periodo vulnerable a estrés hídrico, las reservas hayan caído por debajo del nivel determinado por el punto de marchitez permanente más el 25% del agua útil (nivel de sequía condicional o nivel de déficit). Por ejemplo, si para una zona en particular se determinan estas condiciones en 10 de los 40 años, la probabilidad de ocurrencia del fenómeno es del 25%.

**RESPONSABLES DE LOS ESTUDIOS:** Lic. Adriana Basualdo, Lic. Silvana Boragno, Cart. Oscar Martínez - ORA – Oficina de Riesgo Agropecuario – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

**DISPONIBLE EN:** Oficina de Riesgo Agropecuario [http://www.ora.gov.ar/riesgo\\_mapas.php](http://www.ora.gov.ar/riesgo_mapas.php)

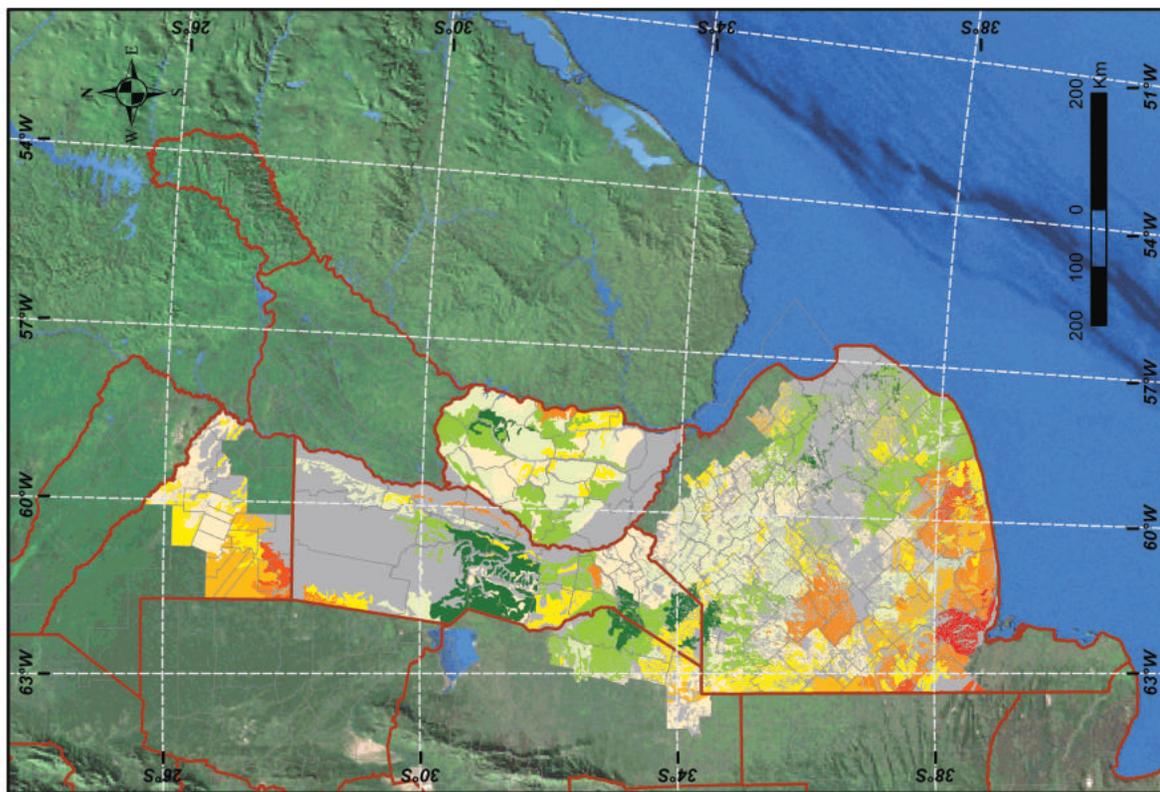
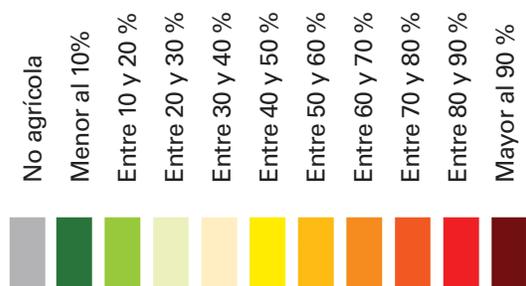
## MAPA DE RIESGO DE DÉFICIT HÍDRICO

Fuente: ORA - MAGyP

Responsable: Lic. Adiana Basualdo, Lic. Silvana Boragno,  
Cart. Oscar Martínez

Descripción: Probabilidad de déficit hídrico en el período crítico (10 días previos a R5 hasta R6), para el cultivo de soja de primera.  
Disponibles en [www.ora.gov.ar/riesgo\\_mapas.php](http://www.ora.gov.ar/riesgo_mapas.php)

### PROBABILIDAD DE DÉFICIT HÍDRICOS



## Sequía

Uno de los métodos más usados para medir sistemáticamente la sequía es el Índice de Severidad de Sequías de Palmer. Este índice fue desarrollado en 1965 por Palmer y se basa en el concepto de suministro de agua.

El Índice de Palmer es parte de un balance de humedad mensual y emplea para ello los registros de precipitación y temperatura. El método de cálculo asume que la capa superficial del suelo es capaz de almacenar hasta una pulgada de agua (25 mm) y lo considera como valor constante para todos los casos, en tanto que la segunda capa sub-superficial puede almacenar toda la capacidad potencial del suelo, menos 25 mm. No hay recarga de humedad en la capa inferior si no se ha recargado completamente la capa superior. Tampoco se ajusta a lugares con clima árido.

El objetivo del Índice de Severidad de Sequía de Palmer es proporcionar medidas estandarizadas de condiciones de humedad, de tal forma que permita hacer comparaciones entre distintas localidades y distinguir la duración de cada evento. Palmer desa-

rolló criterios para determinar cuándo una sequía (o un período húmedo) se inicia y termina. Puede realizarse para un punto en particular y analizar su evolución en el tiempo, o en muchos puntos a la vez a fin de establecer un mapa que muestre los valores del índice en distintas áreas.

La Oficina de Riesgo Agropecuario (MAGyP) realiza mapas mensuales de Índice de Palmer a nivel nacional utilizando datos meteorológicos provistos fundamentalmente por el Servicio Meteorológico Nacional.

Además de mapas que permiten ver la distribución de las eventuales áreas afectadas por sequía, es posible realizar seguimientos locales de la variación temporal del índice. La Figura 1 reproduce la evolución del índice de Palmer para la localidad de General Pico, al noreste de La Pampa, entre enero de 2007 y enero de 2010. Se pueden ver las oscilaciones del mismo hasta febrero de 2008. Luego el índice se mantiene en valores negativos (sequía) hasta octubre de 2009. El período más crítico corresponde a diciembre de 2008 a octubre de 2009, con un mínimo de -4.9 en el último mes.

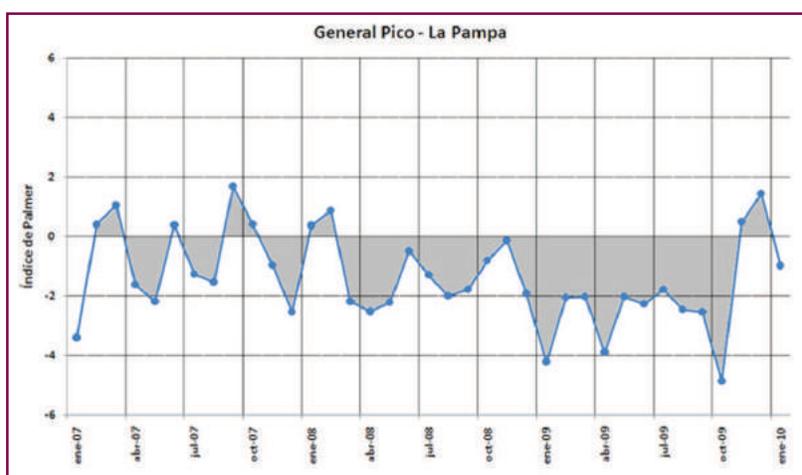


Figura 1. Índice de Palmer calculado para General Pico (La Pampa) entre enero de 2007 y enero de 2010

RESPONSABLES DE LOS ESTUDIOS: Lic. Adriana Basualdo, Lic. Silvana Boragno, Federico Claus - ORA – Oficina de Riesgo Agropecuario – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

DISPONIBLE EN: Oficina de Riesgo Agropecuario [http://www.ora.gov.ar/camp\\_actual\\_semanal.php](http://www.ora.gov.ar/camp_actual_semanal.php)

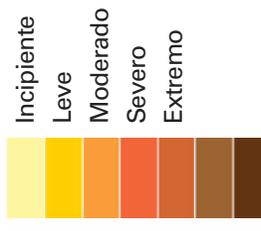
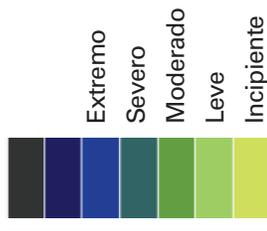
## ÍNDICE DE PALMER

Fuente: ORA - MAGyP

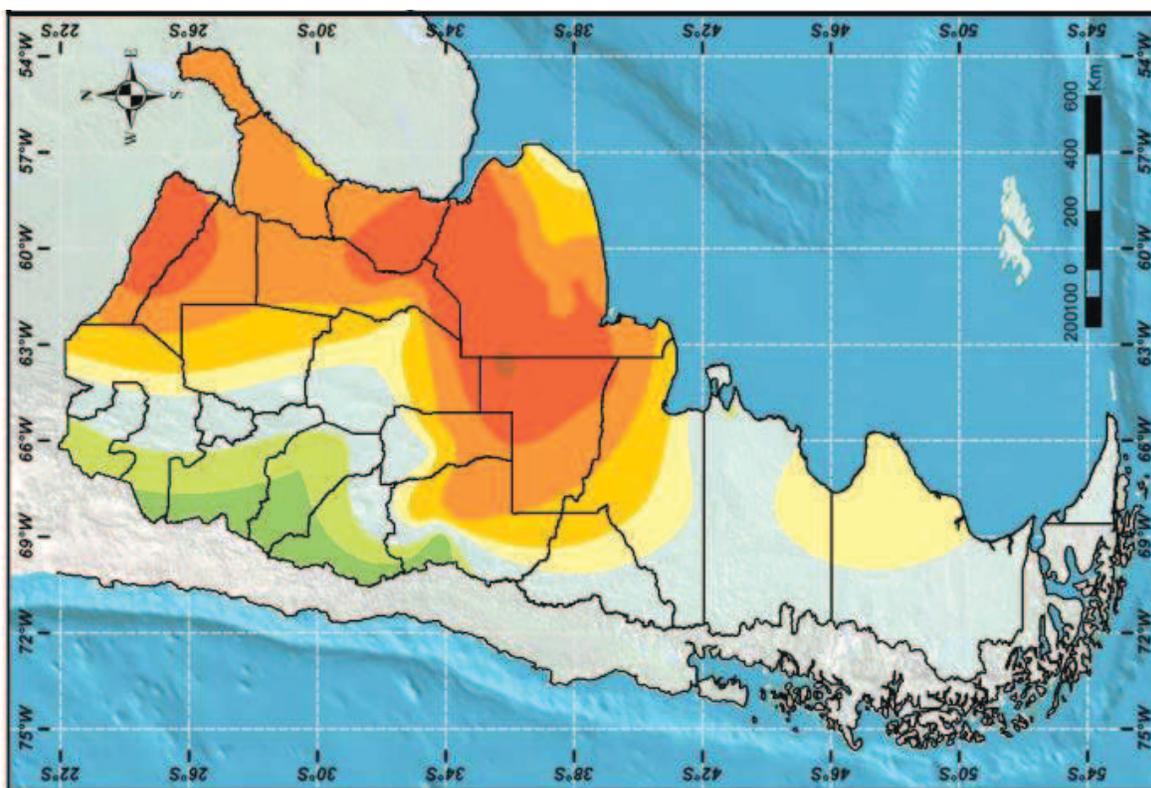
Responsable: Lic. Adiana Basualdo, Lic. Silvana Boragno, Federico Claus

Descripción: calculado para el mes de enero de 2009. Sequía severa en gran parte de la región pampeana. Disponibles en [www.ora.gov.ar/camp\\_actual\\_semanal.php](http://www.ora.gov.ar/camp_actual_semanal.php)

### PERÍODO HÚMEDO



### PERÍODO SECO



## Monitoreo de la sequía en Chubut

Por iniciativa de la Subsecretaría de Recursos Naturales de la Provincia del Chubut, en un esfuerzo conjunto entre Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP) y el Centro Nacional Patagónico (CENPAT) con el apoyo de la Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, se decidió efectuar un seguimiento del estado de la vegetación a través de sensores remotos.

Esta herramienta fue seleccionada con el fin de monitorear continuamente el estado del recurso forrajero en una provincia que depende activamente de la producción ovina y por la dificultad de hacerlo en toda la provincia, dado su enorme superficie y la poca cantidad de información meteorológica.

Se recurrió al uso del sensor MODIS operado por la NASA (National Aeronautics and Space Administration), el cual tiene pasadas diarias sobre la provincia de Chubut, un barrido de pasada suficientemente grande (2330km) y adquiere datos en 36 bandas espectrales, por lo que se puede llevar a cabo un seguimiento detallado, en tiempo real, con muy buena resolución espacial, comprendiendo toda la superficie estudiada y ampliarla a toda la región patagónica, en caso de ser necesario.

Combinando la información de varios canales que capta este sensor se elaboran índices numéricos, entre los cuales se encuentran el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) y el Índice de Vegetación Mejorado (EVI). Ambos representan la cantidad y vigor de la vegetación. El EVI particularmente responde a variaciones estructurales del dosel vegetal incorporan-

do factores de corrección por efectos atmosféricos y resulta óptimo para zonas con poca cobertura vegetal y mucha presencia de suelo desnudo. La condición hídrica también puede ser reconocida desde el espacio con otros índices más elaborados. En combinación, se puede distinguir superficie ocupada y estado hídrico del cultivo.

En la provincia de Chubut, el monitoreo de evaluación de la condición hídrica se lleva a cabo a través de dos productos: el EVI y un indicador que se llama Verde Relativo (VR).

En primer lugar se calcula para cada pixel de la imagen EVI una estadística de años precedentes y se construye una representación de la variación histórica del EVI. El VR es un indicador del apartamiento con respecto a esta serie de referencia. La metodología de seguimiento a partir del VR permite independizarse del tipo de vegetación, además de permitir la comparación con el promedio histórico, con lo que se cumple la meta de tener una herramienta de análisis objetivo. Este procedimiento se repite cada 16 días (mapa superior).

Un segundo seguimiento se efectúa con periodicidad anual al final de la etapa de crecimiento vegetal en la zona, la cual se estableció entre principios de septiembre y fines de abril del siguiente año. Se toma el EVI acumulado en todo ese período y se publica a fines de mayo el resultado del indicador del crecimiento vegetal en Chubut. Se calcularon medias históricas del EVI desde que comenzó a operar MODIS y se efectúa un seguimiento del apartamiento del EVI acumulado con respecto a esta otra serie de referencia (mapa inferior.).

*RESPONSABLE DE LOS ESTUDIOS: M.Sc. Geogr. Antje Siebert, Ing. Ftal. Diego Mohr Bell, Ing. Ftal. Mariano F. Gómez - CIEFAP (Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico) y CENPAT (Centro Nacional Patagónico)*

*DISPONIBLE EN: CIEFAP <http://www.ciefap.org.ar/monitoreo> y en Oficina de Riesgo Agropecuario <http://www.ora.gov.ar/ciefap.php>*

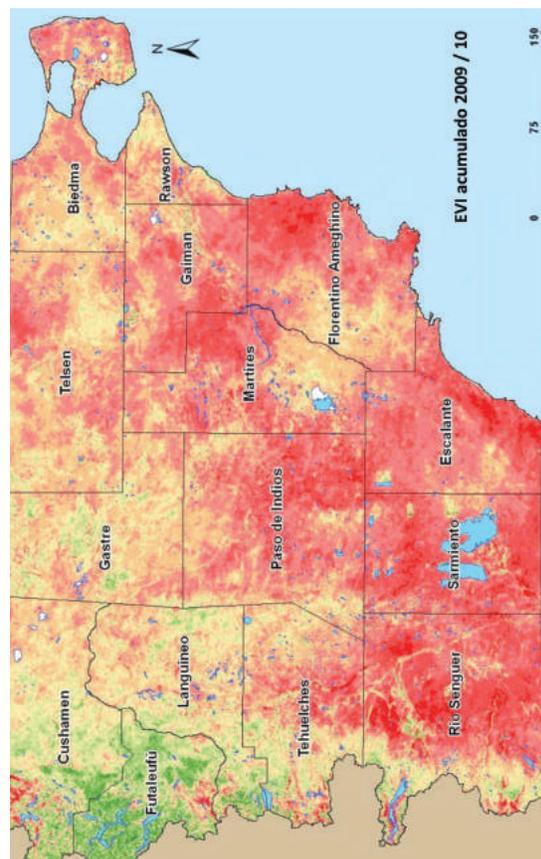
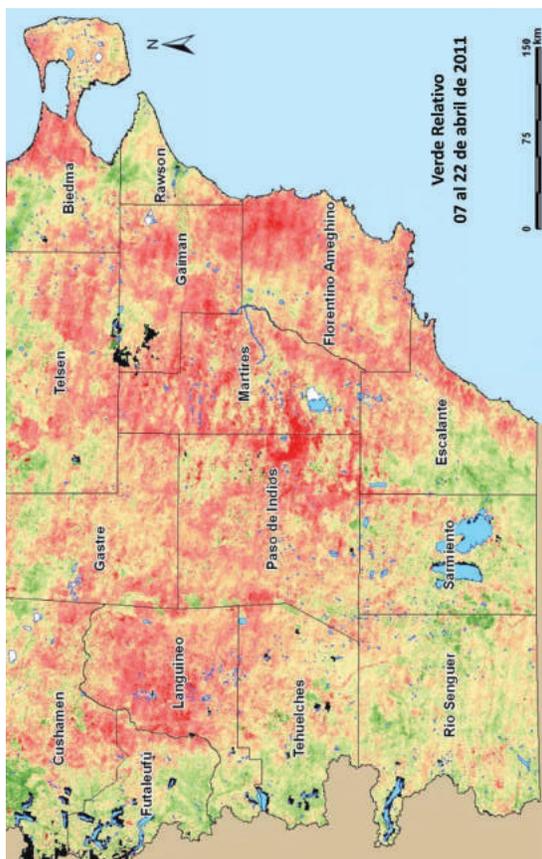
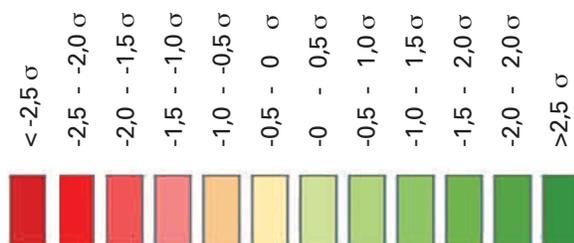
## MONITOREO DE LA SEQUÍA EN CHUBUT

Fuente: CIEFAP / CENPAT / ORA - MAGyP

Responsable: *Ing. Fta. Diego Mohr Bell, Ing. Fta. Mariano F. Gómez - CIEFAP (Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico) y CENPAT (Centro Nacional Patagónico)*

Descripción: **Verde relativo:** Se realiza cada 16 días. Describe la situación actual respecto al mismo periodo de tiempo en los años precedentes. **Evi acumulado:** Se calcula al fin de la temporada de crecimiento de cada año (mes de mayo). Evalúa la temporada de crecimiento actual respecto de la media de las precedentes. Disponibles en: [www.ciefap.org/monitoreo.php](http://www.ciefap.org/monitoreo.php)  
[www.ora.gov.ar/ciefap.php](http://www.ora.gov.ar/ciefap.php)

### DESVIOS RESPECTO DE LA SERIE DE REFERENCIA



## Ocurrencia de granizo en Argentina

Uno de los principales generadores de daños en cultivos son las tormentas de granizo. En Argentina se estima que el 85% de los seguros agropecuarios corresponden a granizo. Por este motivo es fundamental el estudio de eventos de granizo, el cual es un fenómeno aleatorio tanto en espacio como en el tiempo.

Mediante técnicas de análisis espacio-temporal se generaron mapas interpolados utilizando series diarias (1960-2008) de 93 estaciones meteorológicas: promedio anual de eventos de granizo, porcentaje de eventos por estación del año y porcentaje de eventos por estación del año.

Se observa a su vez que en la provincia de Buenos Aires hay gran variabilidad en cuanto a la media anual de eventos mientras que en la zona del Noreste del país y Norte del Litoral la región presenta un comportamiento más homogéneo.

Un máximo secundario se observa en el Sur de la provincia de Buenos Aires y está dado por la estación Tres Arroyos la cual posee una media de 2,18 eventos por año y en el Norte en la localidad de Pergamino con una media de 2,38 eventos por año. En Santa Rosa se registran en promedio 2,55 eventos por año. El mismo se asocia a las tormentas que provienen de la zona cordillerana de Mendoza, en la cual en el Sur es donde se producen la mayor cantidad de reportes de granizo en superficie y avanzan con dirección Este-Sudeste.

La región del Noreste del país presenta valores medios que oscilan los 0,6 y 0,9 y es una zona con baja frecuencia anual de eventos. Se ha asociado esta disminución de eventos hacia el Norte a la presencia de masas de aire más tropicales por ende a una atmósfera más homogénea térmicamente. Se encontró que el promedio anual de eventos de granizo es máximo sobre Córdoba y La Pampa y va disminuyendo hacia el norte del Litoral. Estos eventos se registran mayormente en la Primavera en el Noreste

del país, mientras que sobre Córdoba, La Pampa y sur de Buenos Aires el máximo se observa en el Verano, en los meses de Diciembre y Enero. Durante el Otoño la ocurrencia de eventos de granizo presenta un mínimo.

Las estaciones que presentaron menores valores en la media anual durante los últimos 15 años tuvieron mediciones trihorarias y solo diurnas. Esto sugiere que puede haber una subestimación en el valor medio debido a falta de datos producto del plan de labor de observación.

Frecuencia Estacional: los mapas de frecuencia estacional marcaron un claro patrón en cada una de las estaciones del año. Se generaron mapas de la primavera, el verano, el otoño y el invierno. Más del 60% de los eventos de granizo sobre Corrientes, norte de Santa Fe y norte de Córdoba ocurren en los meses de Primavera. En el resto de la región la frecuencia porcentual oscila entre los 30 y 50% durante esos meses con un máximo en Octubre en la zona norte de Buenos Aires y todo el Litoral. Hacia el Sur de la provincia de Buenos Aires y en La Pampa las máximas frecuencias se observan durante el Verano con valores cercanos al 40% y la mayor ocurrencia es en Diciembre y Enero. Esta frecuencia va disminuyendo hacia el Noreste de la región.

En los meses de invierno se observa un claro patrón Oeste-Este donde hay un máximo de frecuencia porcentual en el Noreste del país y la costa Bonaerense y un mínimo sobre la provincia de Córdoba. Los máximos ocurren principalmente en Agosto cuando aún permanece la atmósfera fría en sus niveles altos y pueden observarse ingresos de masas de aire húmedas y cálidas provenientes del norte por el comienzo del cambio de circulación atmosférica de la Primavera. El Otoño presenta la menor frecuencia con solo entre 5 y 20% de ocurrencia y los eventos se distribuyen en los tres meses salvo en el Sur de la provincia de Buenos Aires y La Pampa donde Marzo es el mes en el cual está la mayor cantidad de eventos.

*RESPONSABLE DE LOS ESTUDIOS: Lic. Romina Mezher, Lic. Natalia Gattinoni, Ing. Pablo Mercuri - INTA – Instituto de Clima y Agua*

*DISPONIBLE EN: Instituto de Clima y Agua – INTA: <http://climayagua.inta.gov.ar/> - El granizo en la Argentina: <http://granizo.inta.gov.ar/> - Sistema de datos geograficos del INTA: <http://geointa.inta.gov.ar/>*

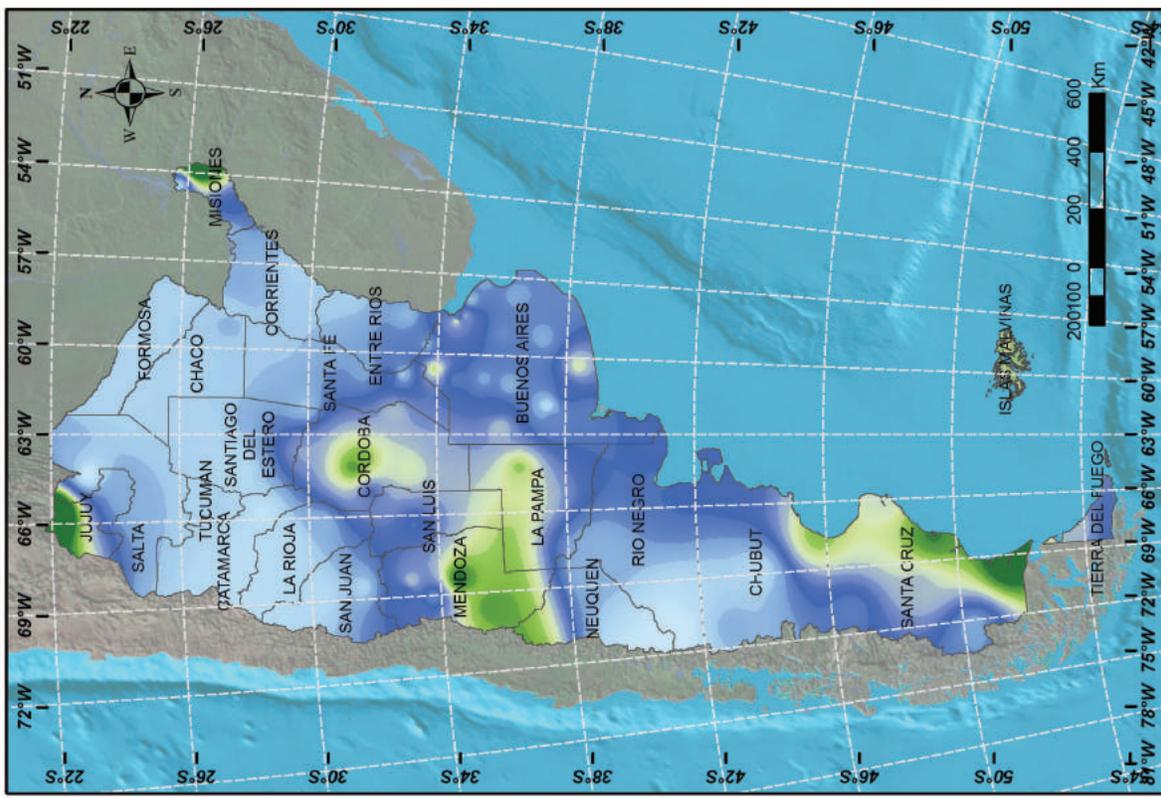
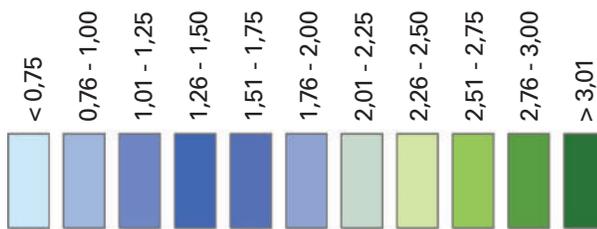
## DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LA FRECUENCIA PORCENTUAL DE EVENTOS DE GRANIZO

Fuente: INTA - Instituto de Clima y agua

Responsable: Lic. Romina Mehzer, Lic. Natalia Gattinoni, Ing. Pablo Mercuri

Descripción: Mapas interpolados utilizando series diarias (1960-2008) de 93 estaciones meteorológicas: promedio anual de eventos de granizo y porcentaje de eventos por estación del año.

### PROMEDIO DE EVENTOS ANUALES



## DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LA FRECUENCIA PORCENTUAL DE EVENTOS DE GRANIZO

### ESTACIÓN VERANO

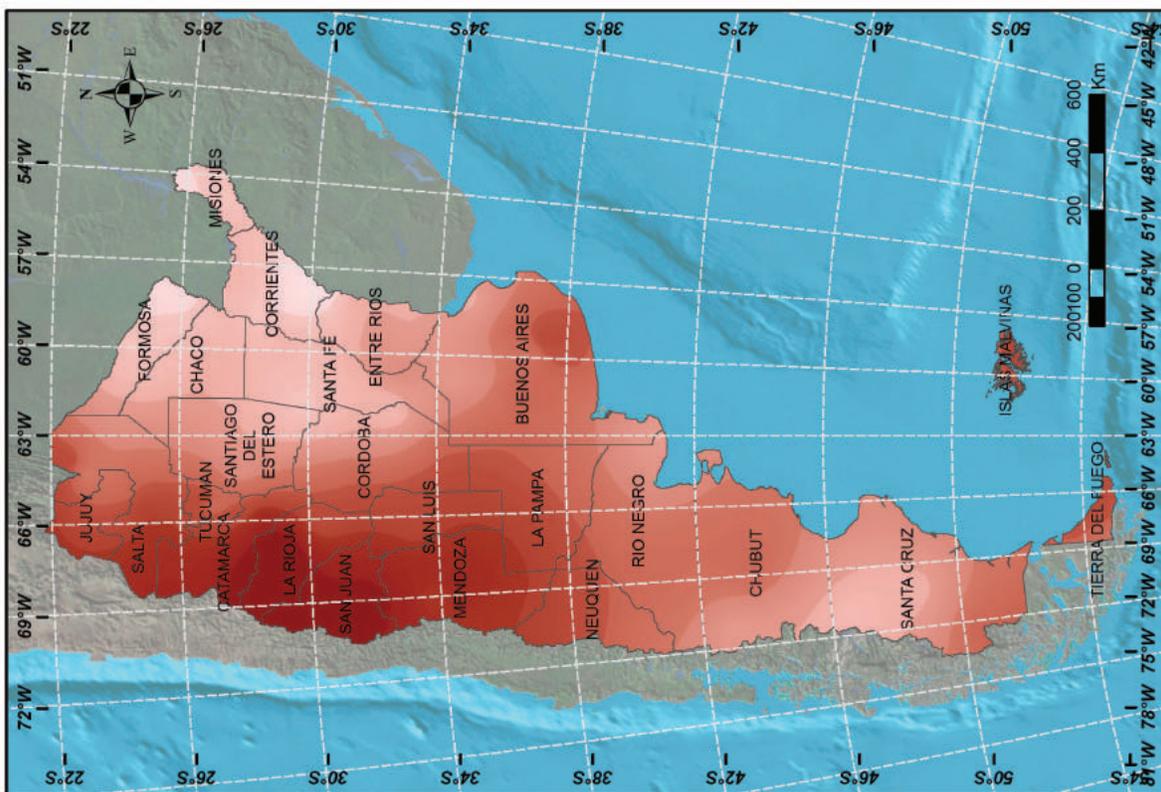
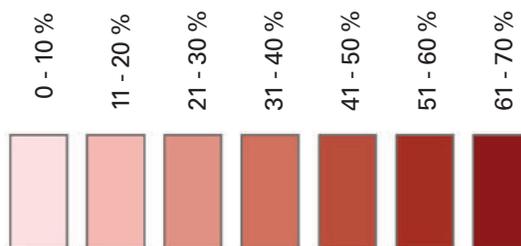
Fuente: INTA - Instituto de Clima y agua

Responsable: Lic. Romina Mehzer, Lic. Natalia Gattinoni, Ing. Pablo Mercuri

Descripción: Mapas interpolados utilizando series diarias (1960-2008) de 93 estaciones meteorológicas: promedio anual de eventos de granizo y porcentaje de eventos por estación del año.



### FRECUENCIA PORCENTUAL DE EVENTOS



## DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LA FRECUENCIA PORCENTUAL DE EVENTOS DE GRANIZO

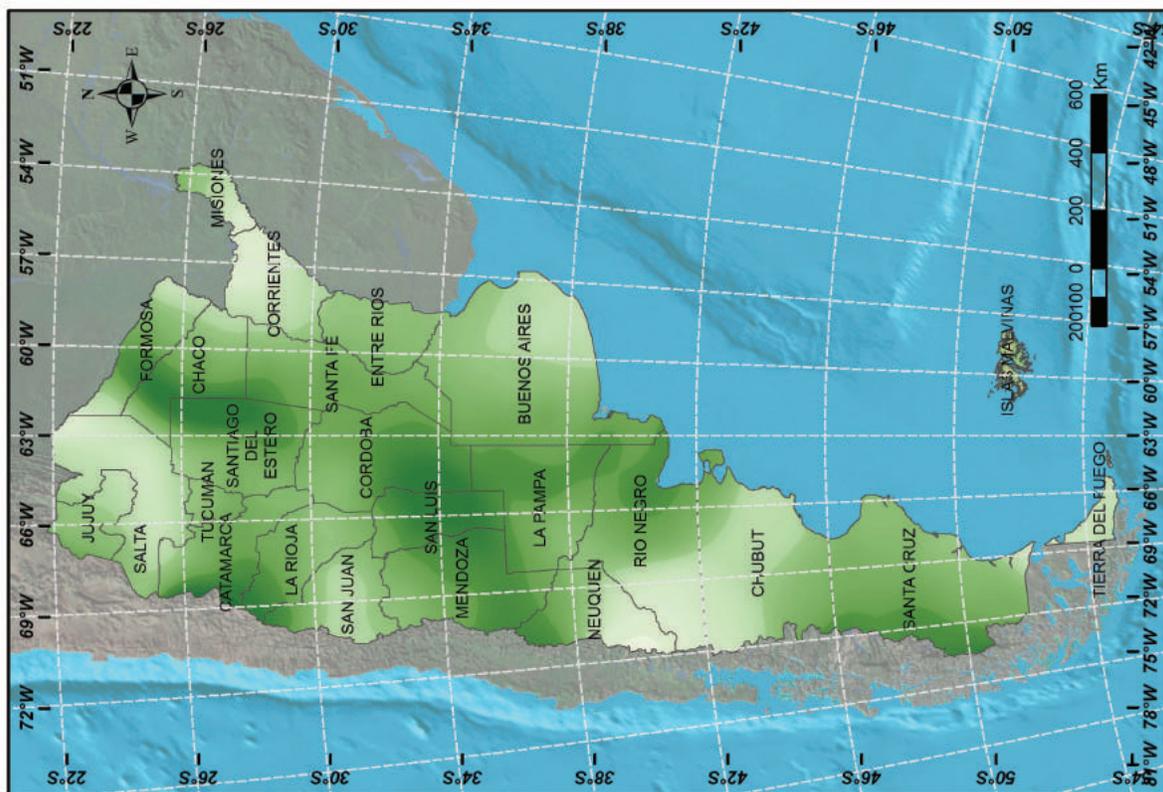
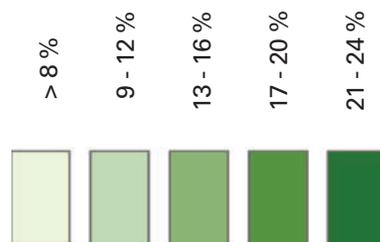
### ESTACIÓN OTOÑO

Fuente: INTA - Instituto de Clima y agua

Responsable: Lic. Romina Mehzer, Lic. Natalia Gattinoni, Ing. Pablo Mercuri

Descripción: Mapas interpolados utilizando series diarias (1960-2008) de 93 estaciones meteorológicas: promedio anual de eventos de granizo y porcentaje de eventos por estación del año.

### FRECUENCIA PORCENTUAL DE EVENTOS



## DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LA FRECUENCIA PORCENTUAL DE EVENTOS DE GRANIZO

### ESTACIÓN INVIERNO

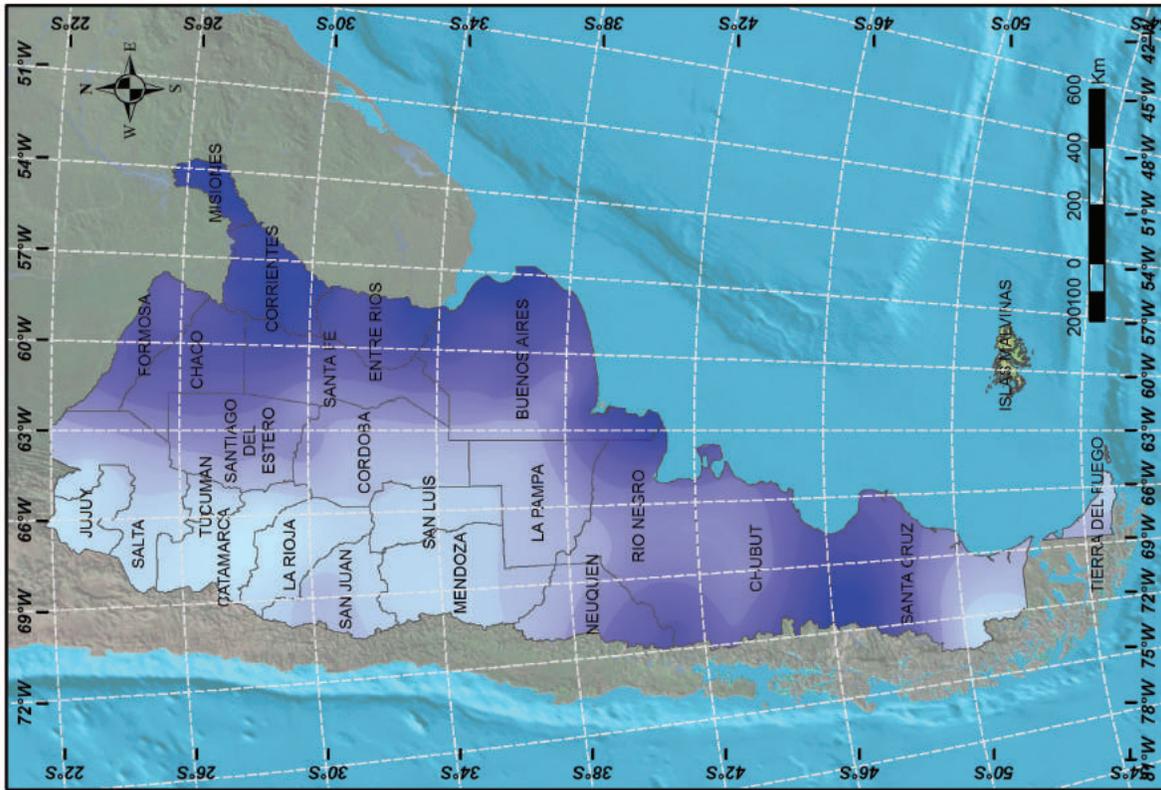
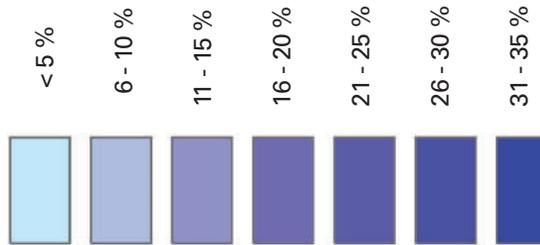
Fuente: INTA - Instituto de Clima y agua

Responsable: Lic. Romina Mehzer, Lic. Natalia Gattinoni, Ing. Pablo Mercuri

Descripción: Mapas interpolados utilizando series diarias (1960-2008) de 93 estaciones meteorológicas: promedio anual de eventos de granizo y porcentaje de eventos por estación del año.



### FRECUENCIA PORCENTUAL DE EVENTOS



## DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LA FRECUENCIA PORCENTUAL DE EVENTOS DE GRANIZO

### ESTACIÓN PRIMAVERA

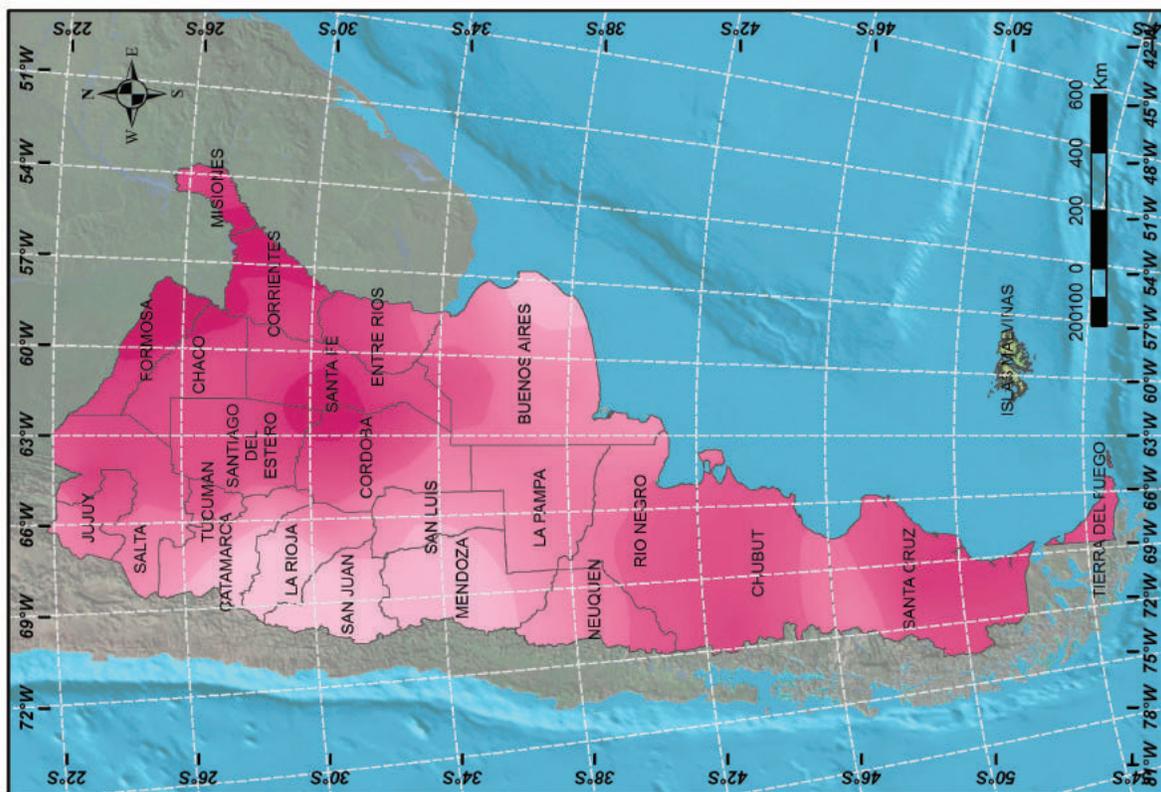
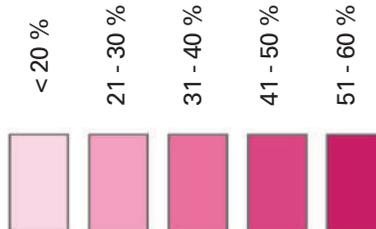
Fuente: INTA - Instituto de Clima y agua

Responsable: Lic. Romina Mehzer, Lic. Natalia Gattinoni, Ing. Pablo Mercuri

Descripción: Mapas interpolados utilizando series diarias (1960-2008) de 93 estaciones meteorológicas: promedio anual de eventos de granizo y porcentaje de eventos por estación del año.



### FRECUENCIA PORCENTUAL DE EVENTOS



## Áreas afectadas por granizo mediante imágenes de radares meteorológicos

### Mapas integrados de eventos ocurridos durante la campaña agrícola en el área de influencia Radar INTA Pergamino.

Los radares meteorológicos de la red del INTA permiten realizar un seguimiento en tiempo real del impacto de los eventos meteorológicos sobre las producciones agropecuarias y así, a través de un análisis combinado con datos históricos. También, pueden ubicar cada evento climático que ocurre en el contexto de cada zona.

El Instituto de Clima y Agua del INTA Castelar configuró una red de radares generadora de información meteorológica online, cuyo análisis y seguimiento es usado por los productores para el desarrollo de las campañas agrícolas.

La red cuenta con un radar en el INTA Pergamino, Buenos Aires, desde el 2006 y en 2009 se instalaron 2 radares meteorológicos más de última tecnología en las unidades del INTA de Anguil, La Pampa, y Paraná, Entre Ríos. Cada uno tiene un radio de alcance de 240 km alrededor de la antena. Los tres radares cubren 46 millones de hectáreas de la región Pampeana. Su centro de control y procesamiento se encuentra en el Instituto de Clima y Agua del INTA Castelar y la información es también utilizada por el SMN para la generación de pronósticos y alertas.

Un radar es un sistema de teledetección que posee una antena emisora de un haz energético en forma de pulsos en el rango de las microondas. Cuando un pulso se topa con un elemento genera un rebote o eco que se recibe en la misma antena. La intensidad del eco permite determinar si la precipitación se presenta como lluvia, nieve o granizo. Se representa en

imágenes la distribución de las partículas de agua y granizo detectados en la atmósfera, lo que permite visualizar la evolución de tormentas y predecir su desplazamiento sobre el terreno. Los radares son de última generación y, al ser de doble polarización, mejoran el estudio de la estructura de las tormentas y el potencial impacto de eventos severos.

Además del mapeo de áreas y cuencas afectadas por tormentas intensas, determinados algoritmos y métodos permiten la estimación cuantitativa de la precipitación. Otra aplicación principal es la determinación de granizo y la determinación de las áreas afectadas.

Es posible generar mapas integrados de eventos ocurridos durante la campaña agrícola en el área de influencia de los radares. En este caso se generó la imágenes de total de probabilidad de caída de Octubre 2009 a Abril de 2010.

Esta información permite conocer con mayor precisión dónde ocurren las lluvias, obtener totales diarios de precipitación y saber la distribución de las mismas y su impacto sobre las cuencas hídricas, las diferentes áreas productivas y otros sectores de interés para la sociedad.

O bien, se puede conocer el impacto de la distribución de las tormentas intensas en períodos de excesos hídricos.

Así, la agrometeorología –ciencia que estudia las condiciones meteorológicas, climáticas e hidrológicas y su interrelación con la producción agrícola– cuenta con herramientas tecnológicas innovadoras para permitir una mejor utilización de los recursos climáticos para la obtención de altos y mejores rendimientos.

**RESPONSABLE DE LOS ESTUDIOS:** Lic. Romina Mezher, Lic. Santiago Banchemo, Ing. Pablo Mercuri - INTA - Instituto de Clima y Agua

**DISPONIBLE EN:** Instituto de Clima y Agua – INTA: <http://climayagua.inta.gov.ar/> - El granizo en la Argentina: <http://granizo.inta.gov.ar/> - Red de Radares Meteorológicos del INTA: <http://radar.inta.gov.ar> Sistema de datos geográficos del INTA: <http://geointa.inta.gov.ar/>

## ÁREAS AFECTADAS POR GRANIZO MEDIANTE IMÁGENES DE RADARES METEOROLÓGICOS

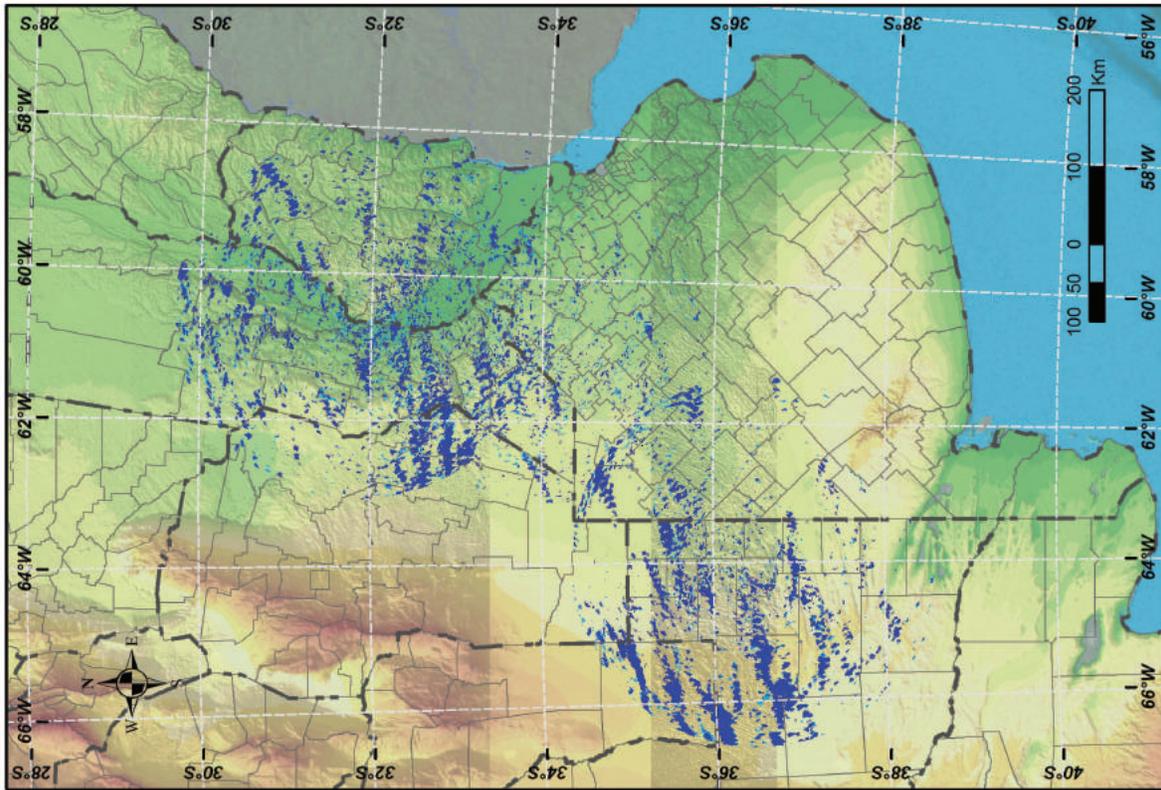
PERGAMINO, PARANÁ, ANGUIL

Fuente: INTA - Instituto de Clima y Agua

Responsable: Lic. Romina Mehzer, Lic. Natalia Gattinoni, Ing. Pablo Mercuri

Descripción: Identificación de tormentas de granizo en radares meteorológicos.

### PROBABILIDAD DE GRANIZO



## Mapa de heladas - Probabilidad de temperaturas mínimas

Uno de los principales generadores de daños en cultivos son las tormentas de granizo. En Argentina se estima que el 85% de los seguros agropecuarios corresponden a granizo. Por este motivo es fundamental el estudio de eventos de granizo, el cual es un fenómeno aleatorio tanto en espacio como en el tiempo.

Mediante técnicas de análisis espacio-temporal Se generaron mapas interpolados utilizando series diarias (1960-2008) de 93 estaciones meteorológicas.

Las temperaturas extremas frías, ya sean heladas o valores cercanos a cero, pueden provocar daños y pérdidas en rendimiento y/o calidad. En todos

los mapas, la temperatura mínima se calcula en condiciones de abrigo meteorológico (a 1,5 m de altura) y se determina para aquellas localidades donde se cuenta con estación meteorológica oficial, tanto del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) como del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). En el resto de las localidades o áreas que no cuentan con estación oficial, los valores de temperatura mínima pronosticados resultan de la aplicación de un método de interpolación. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que la interpolación no considerará características particulares de cada zona y será, de ese modo, un valor pronosticado y estimado a para esa área o región.

*RESPONSABLE DE LOS ESTUDIOS:: Ing. Rafael Rodríguez, Graciela Cazenave, Lic. Romina Mezher, Lic. Roberto De Ruyver, Ing. Pablo Mercuri. INTA - Instituto de Clima y Agua – Agrometeorología*

*DISPONIBLE EN: Instituto de Clima y Agua - INTA: <http://climayagua.inta.gov.ar/>  
Sistema de datos geograficos del INTA: <http://geointa.inta.gov.ar/>*

## HELADAS

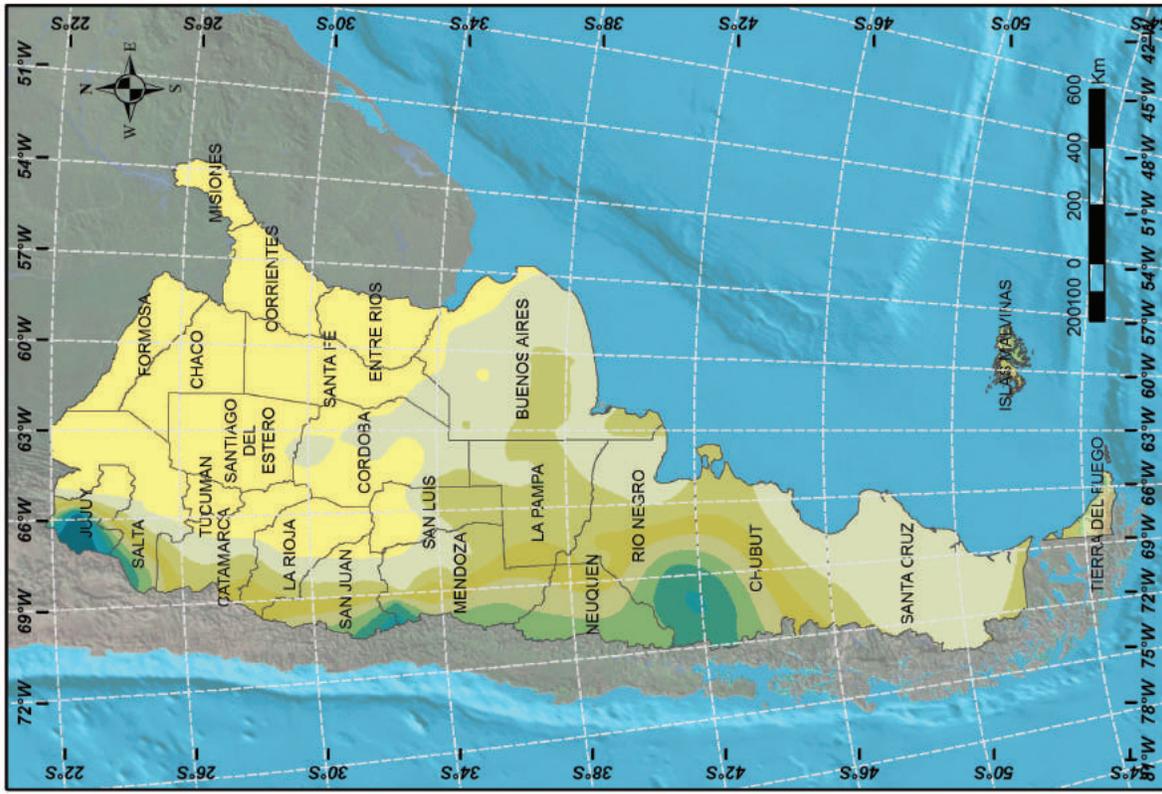
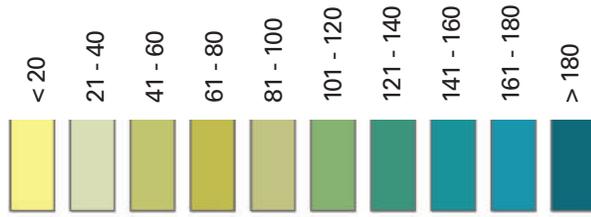
Fuente: INTA - Instituto de Clima y Agua - Agronometeorología

Responsable: Ing. Rafael Rodríguez, Graciela Cazenave, Lic. Romina Mehzer, Lic. Roberto de Ruyver, Ing. Pablo Mercuri

Descripción: Mapas interpolados mediante técnicas de análisis espacial. Serie 1960 - 2008, utilizando datos de 93 estaciones meteorológicas del SMN y del INTA.



### DÍAS DE HELADA ANUALES



## Mapa de riesgo de temperaturas mínimas extremas absolutas y promedio para el sur de la provincia de Buenos Aires

En este trabajo se calcularon mapas de riesgo para temperaturas extremas frías para el sur de la provincia de Buenos Aires utilizando la metodología propuesta por François y otros (1999).

Se construyeron funciones espaciales derivadas de la relación observada entre las temperaturas mínimas de estaciones meteorológicas y las temperaturas de superficie. Estas últimas fueron obtenidas a partir de imágenes de satélite en horarios previos y cercanos a la salida del sol. Se utilizó información de los canales 3, 4 y 5 del satélite NOAA de 1,09 km<sup>2</sup> de resolución espacial, obtenidas en el Instituto de Clima y Agua del INTA-Castelar entre 2005 y 2008, y datos diarios de temperaturas mínimas del período 1961-2008 de 13 estaciones de superficie del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Los mapas de riesgo, en este caso en particular, fueron calculados para el trigo para la segunda mitad del mes de octubre. Esta elección obedeció a la importancia que tiene el cultivo en la región y por ser dicho período el más sensible en relación a su estado fenológico.

El primer mapa determinó la temperatura mínima

extrema absoluta y promedio a escala de píxel (1,09 km<sup>2</sup>) en base a datos del período 1961-2004. En los dos mapas la mayor parte de los píxeles (85,6 % del total) pudieron ser relacionados a la temperatura mínima de una estación meteorológica del área con un buen grado de asociación medido a través del coeficiente de correlación ( $r > 0,84$ ). A partir de este análisis se pudo concluir que el área con temperaturas mínimas extremas promedio que pueden ser perjudiciales para el cultivo de trigo ( $T < 0^{\circ}\text{C}$  en abrigo meteorológico) es importante ya que cubre el 44,3% de la región.

Los resultados muestran que las áreas de mayor riesgo son aquellas que combinan menor altura sobre el nivel del mar y al mismo tiempo mayor distancia al mismo.

Estos mapas pueden ser utilizados tanto por el sector público como privado para una correcta planificación y manejo de fechas de implantación y el uso de variedades de trigo menos susceptibles en áreas con mayor riesgo. El empleo de esta metodología resulta de gran utilidad para ser aplicada, tanto al trigo como a otros cultivos o frutales, sea que se elija esta misma región o cualquier otra que se considere de interés.

*RESPONSABLE DE LOS ESTUDIOS: Lic. Roberto De Ruyver - INTA - Instituto de Clima y Agua*

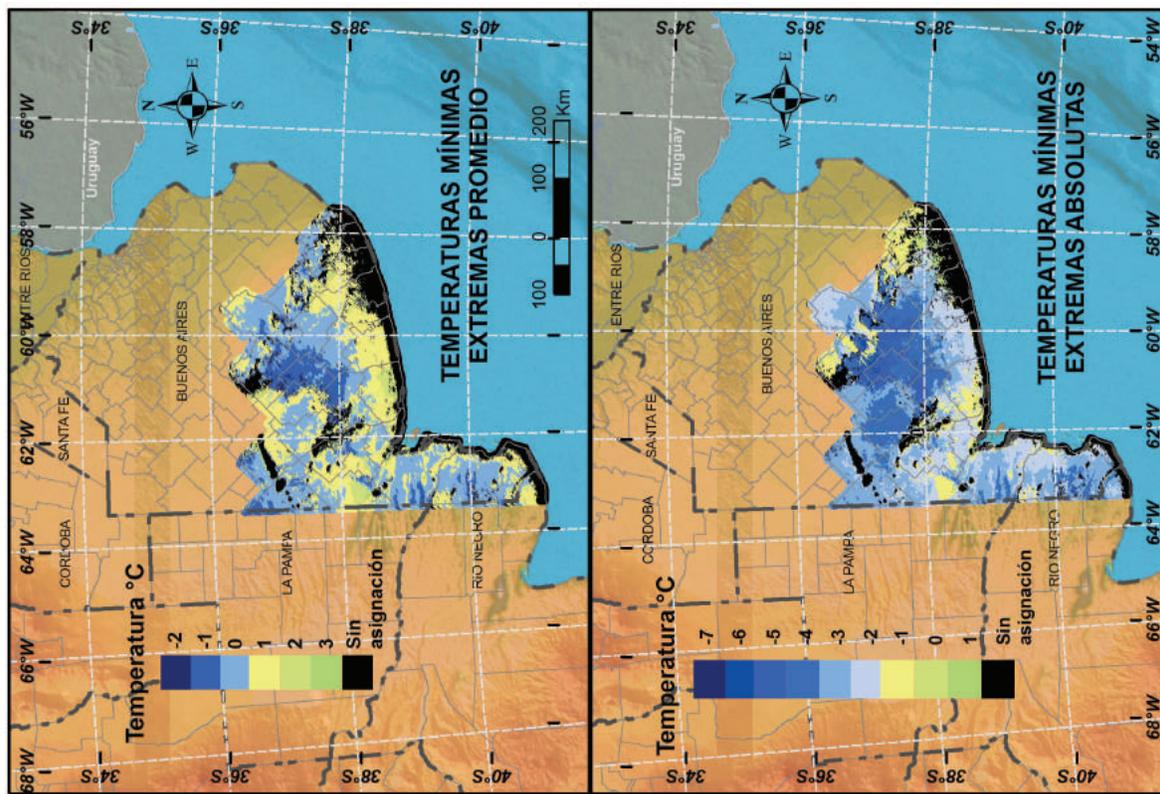
*DISPONIBLE EN: Instituto de Clima y Agua - INTA: <http://climayagua.inta.gov.ar/>  
Sistema de datos geograficos del INTA: <http://geointa.inta.gov.ar/>*

## TEMPERATURAS MÍNIMAS EXTREMAS PROMEDIO Y ABSOLUTAS

Fuente: INTA - Instituto de Clima y Agua - Agronometeorología

Responsable: Lic. Roberto de Ruyver

Descripción: Mapas de temperaturas mínimas extremas promedio y absoluta a escala de pixel (1,09 km<sup>2</sup>) para la segunda mitad de octubre en base a datos del periodo 1961 - 2004. Las áreas en color negro (sin asignación) son aquellas en las cuales se obtuvo un  $r < 0,04$  e indican las zonas que no se asocian a ninguna estación meteorológica de superficie.



## Cuencas y subcuencas hidrológicas

### Proyectos INTA en Convenio con otras Instituciones

Una de las incumbencias del Instituto es la Caracterización de Cuencas hidrológicas, que en forma interdisciplinaria e interinstitucional se lleva adelante en múltiples proyectos. Cada una de estas caracterizaciones incluye información generada como delimitación de cuencas, modelos digitales de elevación, uso del suelo, datos meteorológicos, suelos, pronósticos de alturas, planos anegables, modelización hidrológica, indicadores relativos a la conservación del suelo y el agua, entre otros.

Entre las cuencas que están bajo estudio se encuentran: Arrecifes, Pergamino, Pehuajó, Pillahuinco, Quequén, Belisario, Los Recuerdos, Cañadón de Gutierrez, Saladillo, Carcarañá, Miriñay, Corrientes, Paraná, Salí-Dulce, Paclín, Jachal, San Juan. El cúmulo de información para cada una de estas cuencas está disponible en diferentes formatos (capas geográficas vectoriales y raster, publicaciones científicas INTA, cuadros estadísticos, etc), a una escala local de detalle, y es base para modelización hidrológica e investigaciones y productos relativos a riesgo agropecuario, en constante actualización y ampliación.

*RESPONSABLE DE LOS ESTUDIOS: Ing. Pablo Mercuri - INTA – Instituto de Clima y Agua*

*DISPONIBLE EN: Instituto de Clima y Agua – INTA: <http://climayagua.inta.gob.ar/>  
Sistema de datos geograficos del INTA: <http://geointa.inta.gov.ar/>*

## CUENCAS Y SUBCUENCAS HIDROLÓGICAS

### Proyectos INTA en convenio con otras instituciones

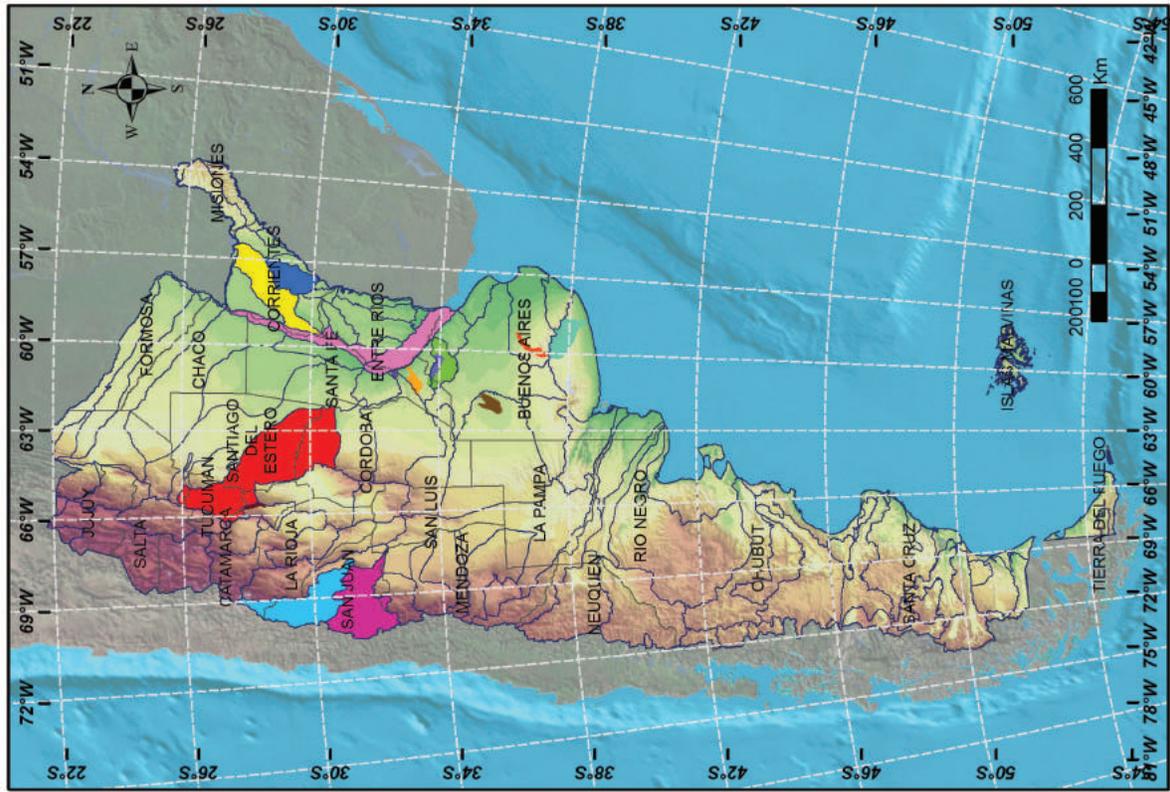
Fuente: INTA - Instituto de Clima y Agua

Responsable: Ing. Pablo Mercuri

*Descripción: Caracterización de cuencas hidrológicas pertenecientes a proyectos INTA e interinstitucionales, incluyendo: DEM, uso del suelo, datos meteorológicos, suelos, pronóstico de alturas (Paraná). En algunos casos, planos anegables y modelización hidrológica.*

### CUENCAS

- Río Quequén - Buenos Aires
- Pehuajó - Buenos Aires
- Cañadón de Gutiérrez - Arroyo del Azul - Buenos Aires
- Arroyo Belisario - Buenos Aires
- Arroyo Pillahuinco - Buenos Aires
- Los recuerdos - Buenos Aires
- Río Arrecifes - Buenos Aires, Santa Fe
- Arroyo Pergamino - Buenos Aires, Santa Fe
- Río Carcarañá inferior - Santa Fe
- Arroyo Saladillo - Santa Fe
- Paraná medio - Santa Fe, Entre Ríos, Chaco, Corrientes
- Delta del Paraná - Santa Fe, Entre Ríos, Buenos Aires
- Arroyo Paclín - Catamarca
- Río Corrientes - Corrientes
- Río Miriñay - Corrientes
- Río San Juan - San Juan
- Río Jachal - San Juan, La Rioja
- Río Salí-Dulce - Sgo. del Estero, Tucumán, Salta, Catamarca, Córdoba



## Índices de vegetación

La energía solar que llega a la superficie terrestre puede ser absorbida, reflejada o emitida acorde a distintas longitudes de onda del espectro electromagnético (VIS: 0,4 a 0,7  $\mu\text{m}$ ; NIR: 0,4-1,3  $\mu\text{m}$ ; MIR: 1,3-8  $\mu\text{m}$ ; TIR: 8-14  $\mu\text{m}$ ). La energía solar reflejada o la emitida por la superficie es captada por diferentes sensores a bordo de satélites que retransmiten esta información hacia una antena de recepción satelital para su procesamiento.

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, sigla en inglés), también llamado Índice Verde, es derivado de información captada por estos sensores, y está asociado a la fracción de la radiación solar absorbida por las plantas. Por este motivo, existe una fuerte relación del NDVI con variables de la vegetación como la biomasa, el índice de área foliar (IAF) o la productividad, entre otras. Conocer dichas variables en el tiempo y para los distintos lotes o potreros permite, por ejemplo, estimar la oferta forrajera, definir la carga animal óptima y planificar otras prácticas de manejo en los sistemas ganaderos; o predecir el rendimiento de los cultivos, asignar diferencialmente los recursos y comparar la campaña actual con anteriores en los sistemas agrícolas.

Se presentan a continuación los índices que indican el estado de la vegetación. El NDVI, el más comúnmente utilizado muestra en áreas agrícola, acorde estado del ciclo fenológico mayor o menor respues-

ta. En este caso gran parte de la región pampeana, este de Santiago del Estero y noreste de Santa Fe, áreas agrícolas de Salta y Tucumán, el bajo valor del NDVI es bajo (tonos amarillos y anaranjados), corresponde al final del ciclo vegetativo y el avance de la cosecha de soja, maíz girasol y sorgo, que deja residuos secos en superficie.

En áreas áridas o semiáridas hay muy baja respuesta espectral, salvo en zonas donde prevalecen las pasturas naturales o artificiales de ciclo otoño primaveral, y montes nativos y cultivados.

Otro índice de similar es el EVI (en inglés Enhanced Vegetation Index). El EVI es un índice diseñado para obtener respuesta de las variaciones estructurales de la vegetación. El EVI fue desarrollado para optimizar la señal de la vegetación con mayor sensibilidad en regiones de altas densidades de biomasa, lográndose esto mediante la separación de la señal proveniente de la vegetación, el suelo y la atmósfera. También es frecuentemente utilizado en aplicaciones y estudios de zonas semiáridas y áridas.

Eventos de riesgo destacados, inundaciones, efecto de sequías o prolongados déficit hídricos son observados en las variaciones de este índice.

El INTA dispone en el Instituto de Clima y Agua de antenas de recepción de los satélites NOAA-AVHRR, MODIS-Terra y Agua y GOES.

*RESPONSABLE DE LOS ESTUDIOS: Patricio Oricchio, Ing. Carlos Di Bella - INTA – Instituto de Clima y Agua.*

*DISPONIBLE EN: Instituto de Clima y Agua – INTA: <http://climayagua.inta.gov.ar/>*

*Sistema de Información Agropecuaria: <http://sepa.inta.gov.ar/>*

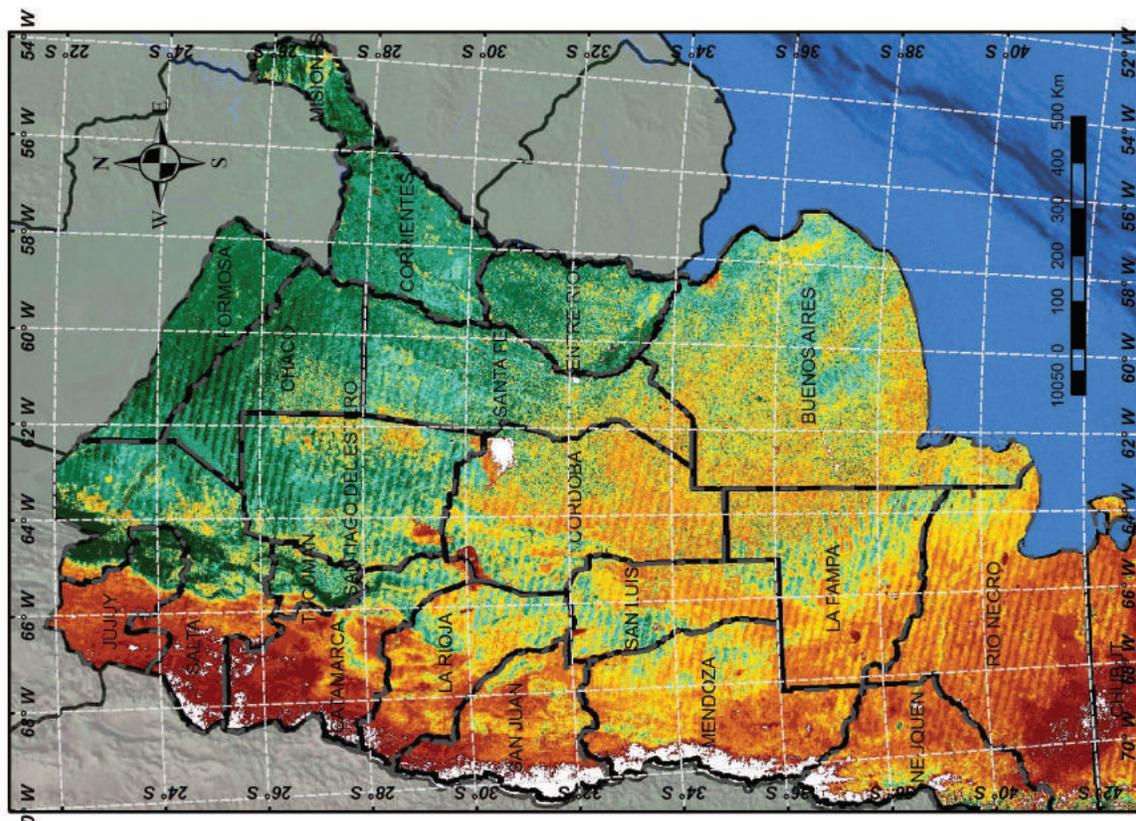
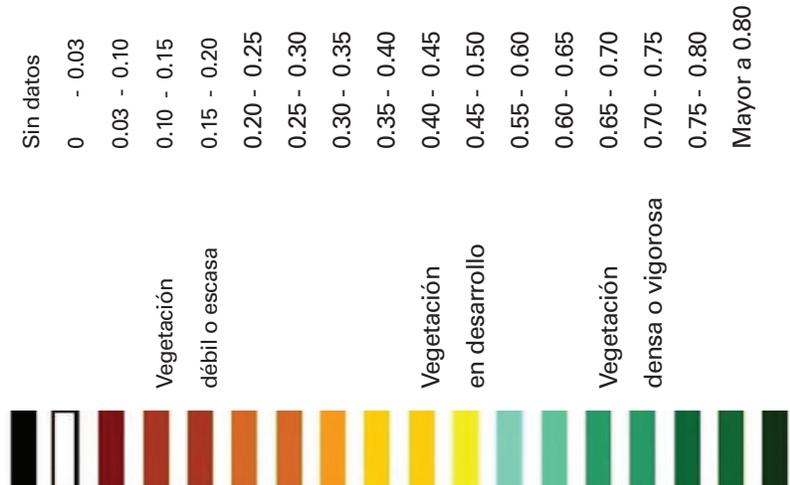
*Sistema de datos geográficos del INTA: <http://geointa.inta.gov.ar/>*

## ÍNDICES DE VEGETACIÓN

Fuente: INTA - Instituto de Clima y Agua

Responsable: Patricia Oricchio, Ing. Carlos Di Bella

Descripción: Mapa de Índice de Vegetación (MODIS, 250 m de píxel).



## Índice de vegetación comparativo

Los productos de comparativas del NDVI permiten evaluar el NDVI de un período de tiempo actual respecto del NDVI correspondiente a una serie histórica de información. Es decir, compara la situación actual de la cobertura vegetal respecto de lo sucedido en los últimos 10,15 o 20 años, de acuerdo a la serie tenida en cuenta.

El índice de vegetación comparado, muestra las diferencias respecto a los valores de la serie 1996-2009. Se destacan grandes áreas en las que es mejor el estado de la vegetación respecto al promedio de toda la serie (sectores en verde o amarillo). Es de destacar el sur y sudoeste de Buenos Aires, sudeste de La Pampa y noreste de Río Negro. Estas aéreas luego de muchos años en condiciones de sequía y degradación del tapiz vegetal revierten esta situación. Se

identifican claramente las áreas que continúan sufriendo el impacto del déficit hídrico y de las altas temperaturas sobre el desarrollo de la vegetación, como el noroeste y los sectores del sur de Córdoba, el suroeste de Santa Fe, el este de La Rioja y gran parte de Misiones.

Otro índice de similar es el EVI (en inglés Enhanced Vegetation Index). El EVI es un índice diseñado para obtener respuesta de las variaciones estructurales de la vegetación. El EVI fue desarrollado para optimizar la señal de la vegetación con mayor sensibilidad en regiones de altas densidades de biomasa, lográndose esto mediante la separación de la señal proveniente de la vegetación, el suelo y la atmósfera. También es frecuentemente utilizado en aplicaciones y estudios de zonas semiáridas y áridas.

*RESPONSABLE DE LOS ESTUDIOS: Patricio Oricchio, Ing. Pablo Mercuri,- INTA – Instituto de Clima y Agua.*

*DISPONIBLE EN: Instituto de Clima y Agua – INTA: <http://climayagua.inta.gov.ar/>*

*Sistema de Informacion Agropecuaria: <http://sepa.inta.gov.ar/>*

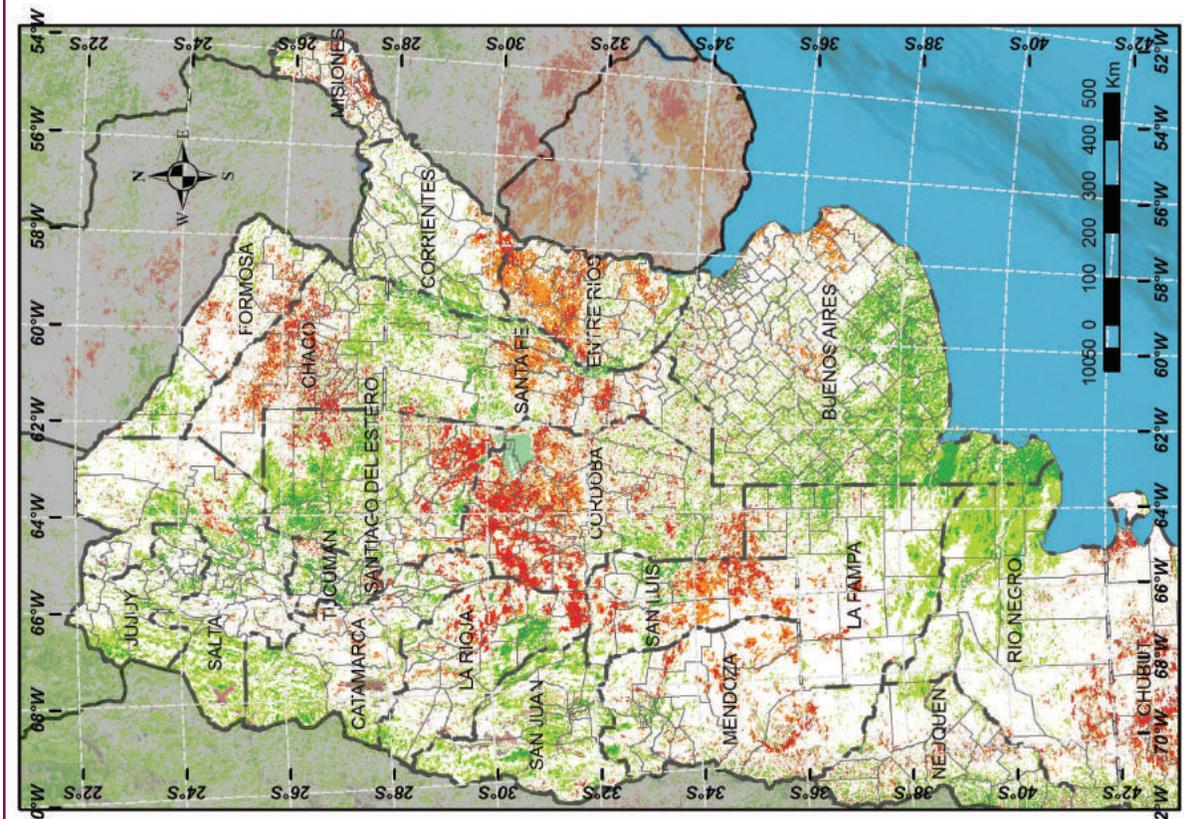
*Sistema de datos geograficos del INTA: <http://geointa.inta.gov.ar/>*

## ÍNDICES DE VEGETACIÓN COMPARATIVO

Fuente: INTA - Instituto de Clima y Agua

Responsable: Patricio Oricchio, Ing. Pablo Mercuri

Descripción: Mapa de Índice de Vegetación comparativo que muestra las diferencias respecto a los valores de la serie 1996 - 2009.



## Suelos de la República Argentina

Mapa de Suelos por atributos de Limitación principal, secundaria y terciaria por inundación y/o anegamiento de la unidad cartográfica, Limitantes, Sectores Bajos, Drenaje. Esta secuencia de mapas corresponde al uso de los atributos de de la base de datos, correspondiente a los suelos de posición baja, inundables, anegados o susceptibles de anegarse ante una lluvia considerada normal y local y comprenden a las lagunas permanentes y temporales, bañados, bajos, tendidos bajos y tendidos medios.

El mapa de suelos de la República Argentina es el inventario del recurso suelo del país, proporciona una clasificación de los suelos y evaluación de las tierras. Corresponde a la escala gráfica 1:500.000, salvo las provincias de Neuquén, Mendoza, San Juan, La Rioja, Chubut y Santa Cruz están a escala 1:1.000.000.

Características de este mapa son:

- Nivel de levantamiento: Reconocimiento.
- Unidades cartográficas simples.
- Unidades taxonómicas a nivel de Subgrupo.
- La Clasificación taxonómica que se publica es de acuerdo al Soil Taxonomy 1975.

Este Atlas de Suelos delimita las distintas unidades

edáficas, llamadas unidades cartográficas de suelos (UC) compuestas por uno o más suelos. Se describen las características geomorfológicas de cada UC y se ha evaluado por sus limitaciones y capacidad productiva. Los suelos que integran las UC están clasificados taxonómicamente y se presentan sus propiedades intrínsecas y posición en el paisaje. Las descripciones se han hecho respondiendo a regiones naturales, ambientes fisiográficos, geomorfológicos, agrológicos, de vegetación y climáticos. Se ha uniformizado una serie de geoformas con el objetivo de representar a nivel de país, debido a que en la mayoría de los casos cada provincia ha utilizado vocablos de uso regional o local.

Teniendo en cuenta la clasificación taxonómica y las geoformas, se han agrupado los suelos susceptibles de anegarse.

La versión digital corregida y ajustada en base a la información original vectorizada a partir de los mapas de suelos provinciales que integran el Atlas de Suelos de la República Argentina (INTA, 1990), digitalizados en el Instituto de Suelos. Incluye múltiples correcciones y ajustes mediante técnicas actuales de ingeniería SIG realizado entre 2008 y 2009.

*Autores: SAGyP - INTA - Proyecto PNUD ARG/85/019. Con la participación del Instituto de Suelos y EEAs del INTA.*

*La Provincia de Santiago del Estero fue actualizada en 2007 por: Angueira, G.; Prieto, D.; Lopez, J.; Ibarraza, G. (Sistema de Información Geográfica de Santiago del Estero SIGSE 2.0 INTA Centro Regional Tucumán - Santiago del Estero - EEA Santiago del Estero, Publicación en CD).*

*La Provincia de Neuquén fue actualizada por el Ing. R. Guadagnone 2009.*

*La provincia de Corriente fue actualizada por el Ing. D. Ligier, 2007.*

*Versión Digital Corregida, Revisada y Aumentada (Versión 1.0): G. Cruzate, L. Gomez, M. J. Pizarro, P. Mercuri, S. Banchemo (2009, GeoINTA).*

**RESPONSABLES DE LOS ESTUDIOS:** INTA - Instituto de Suelos

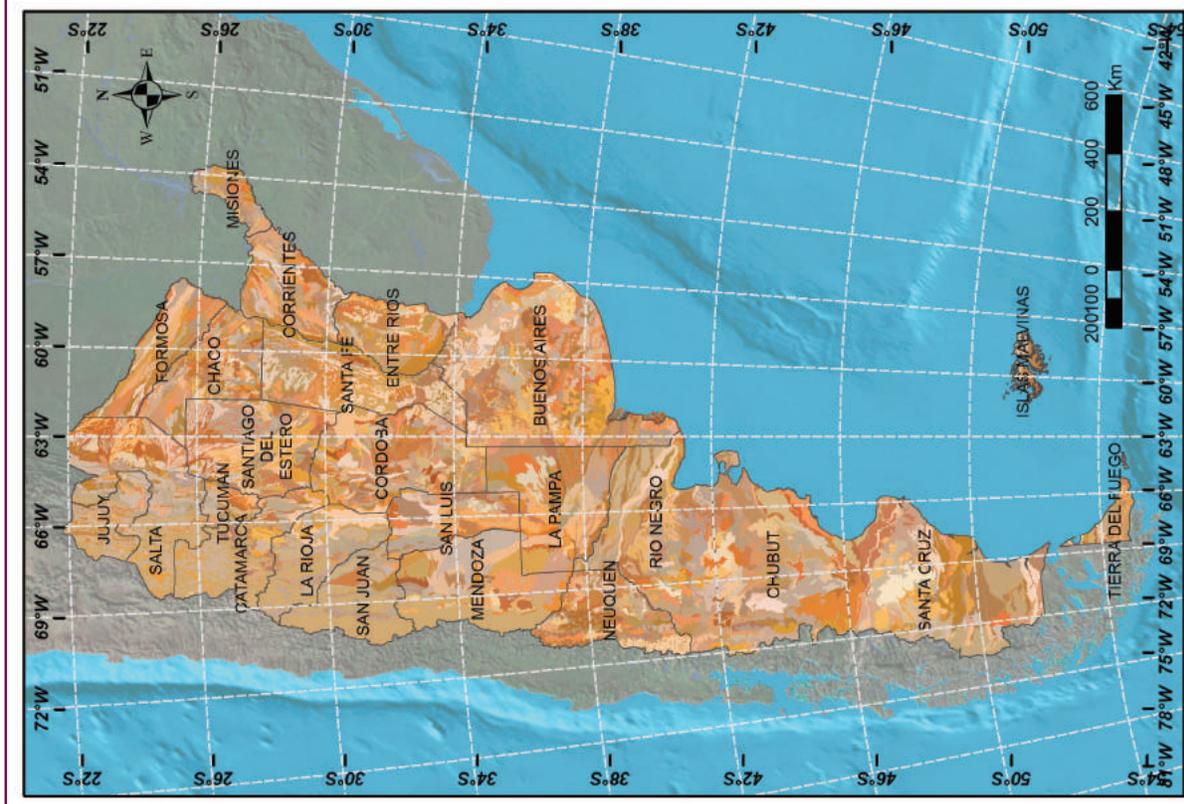
**DISPONIBLE EN:** Sistema de datos geograficos del INTA: <http://geointa.inta.gov.ar/>

## SUELOS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

Fuente: INTA - Instituto de Suelos

Responsable: SAGyP - INTA - Proyecto PNUD ARG/85/019.  
Con la participación del Instituto de Suelos y EEA del INTA.

Descripción: Inventario del recurso suelo: proporciona una clasificación de los suelos y evaluación de las tierras. Unidades cartográficas simples. Unidades taxonómicas a nivel de Subgrupo. La clasificación taxonómica de acuerdo al Soil Taxonomy 1975.



## LIMITACIÓN PRINCIPAL DE LAS UNIDADES CARTOGRAFICAS DE SUELOS

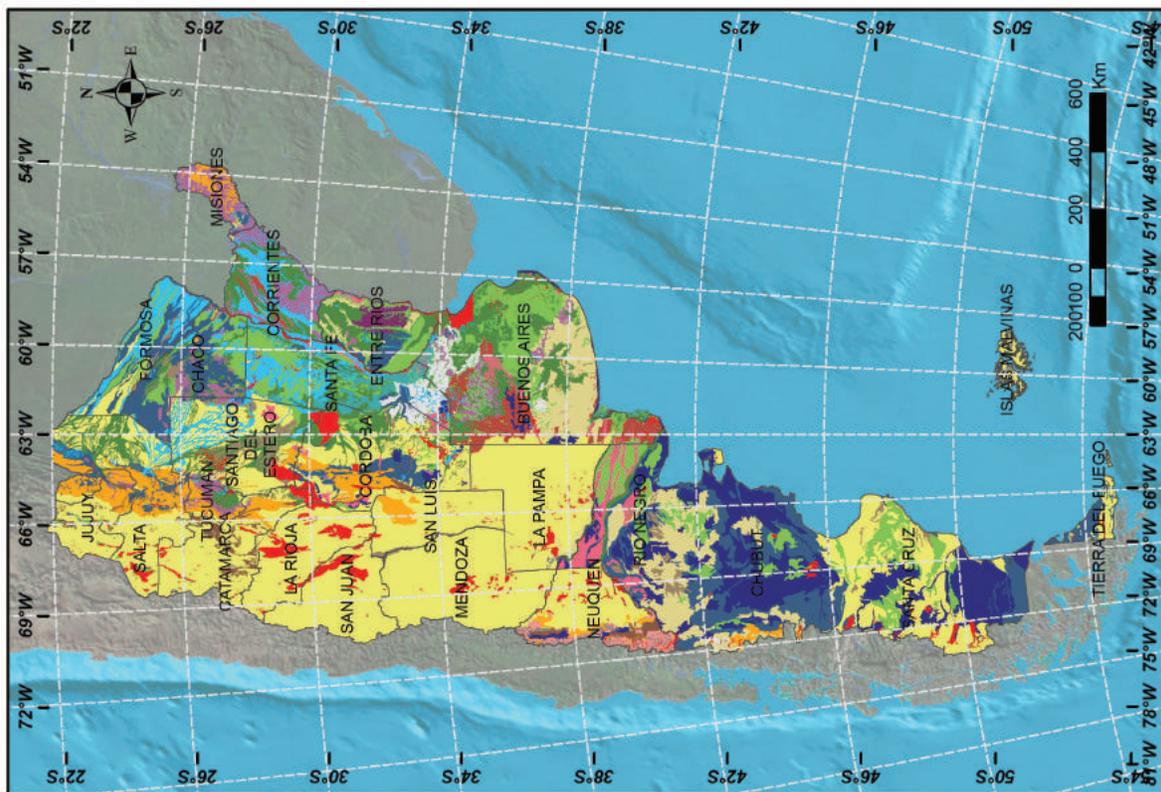
Fuente: INTA - Instituto de Suelos - SAGyP

Responsable: Proyecto PNUD\_ARG/85/019. Con la participación del Instituto de Suelos y EEA's del INTA.

Descripción: Inventario del recurso suelo; proporciona una clasificación de los suelos y evaluación de las tierras. Unidades cartográficas simples. Unidades taxonómicas a nivel de subgrupo. La clasificación taxonómica de acuerdo al Soil Taxonomy 1975.

### LIMITANTE PRINCIPAL

	Sin limitaciones		Pedregosidad
	Acidez		Pendientes
	Alcalinidad menos 50 cm		Prof. efectiva somera
	Baja fertilidad		Profundidad Gilgay
	Baja permeabilidad		Rociedad
	Baja retención humedad		Salinidad en 1ros. 50 cm
	Climática		Suscep. erosión eólica
	Drenaje deficiente		Suscep. erosión hídrica
	Erosión eólica actual		Suscep. inundación o anegam.
	Erosión hídrica actual		Textura horizontal superficial
	No apto agricultura		Topografía



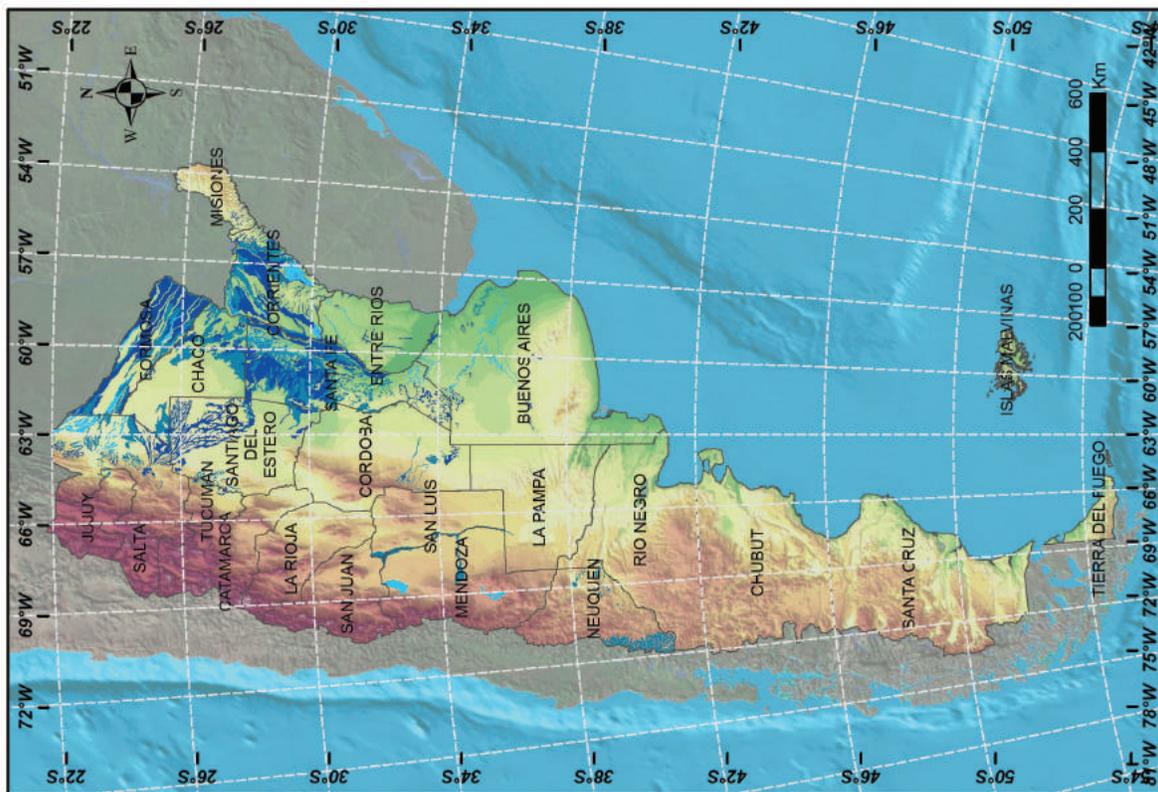
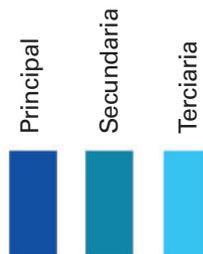
## LIMITACIÓN PRINCIPAL, SECUNDARIA Y TERCIARIA POR INUNDACIÓN Y/O ANEGAMIENTO DE LA U.C.

Fuente: INTA - Instituto de Suelos - SAGyP

Responsable: Proyecto PNUD ARG/85/019. Con la participación del Instituto de Suelos y EEAs del INTA.

Descripción: Inventario del recurso suelo: proporciona una clasificación de los suelos y evaluación de las tierras. Unidades cartográficas simples. Unidades taxonómicas a nivel de subgrupo. La clasificación taxonómica de acuerdo al Soil Taxonomy 1975.

### LIMITACIÓN POR INUNDACIÓN



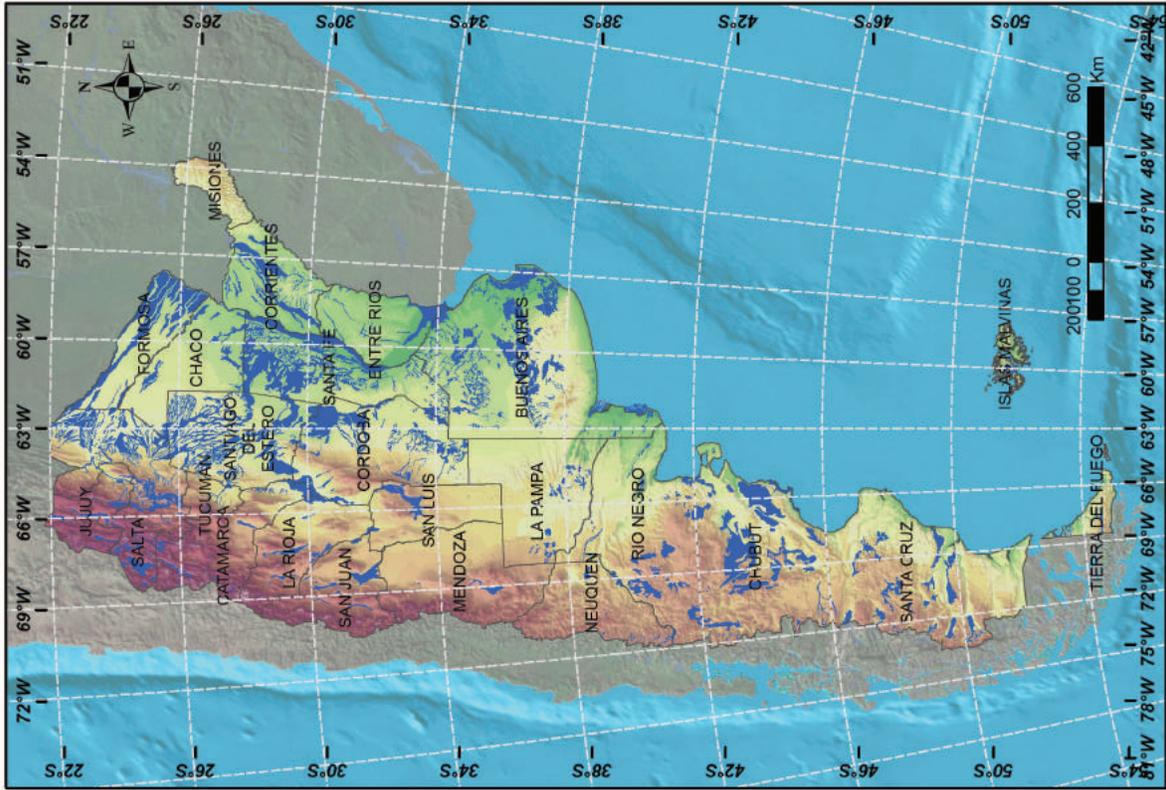
## POSICIÓN EN EL PAISAJE: SECTORES BAJOS

Fuente: INTA - Instituto de Suelos

Responsable: Proyecto PNUD ARG/85/019. Con la participación del Instituto de Suelos y EEAs del INTA.

Descripción: Inventario del recurso suelo: proporciona una clasificación de los suelos y evaluación de las tierras. Unidades cartográficas simples. Unidades taxonómicas a nivel de Subgrupo. La clasificación taxonómica de acuerdo al SoilTaxonomy 1975.

sectores bajos



# 7

## Estrategias de gestión de riesgos agropecuarios

Las restricciones y adversidades climáticas que enfrenta el sector agropecuario durante el proceso de producción, generan un alto grado de incertidumbre sobre el resultado final de la actividad, lo cual conlleva un elevado nivel de riesgo asociado a las explotaciones agropecuarias.

Dada la gran diversidad de climas y suelos que presenta nuestro país, prácticamente no existe lugar donde el productor agropecuario no enfrente el riesgo de sufrir pérdidas debido a factores climáticos, ya sea por sequías, heladas, granizo, exceso de agua, vientos fuertes o inundaciones, entre otras adversidades.

Un concepto básico en términos económicos sobre el desarrollo de las actividades productivas, de cualquier índole, nos dice que el productor percibirá beneficios, fruto de su actividad, y por lo tanto es el productor quien debe asumir los riesgos que resultan inherentes a esa actividad. Sin embargo, una de las características centrales de la actividad agropecuaria consiste en que sus diferentes procesos productivos están estrechamente asociados al comportamiento del clima. Es decir, que la producción agropecuaria está expuesta a riesgos de la naturaleza fuera del control de los productores.

Los resultados en la producción agropecuaria dependen de las previsiones que se tomen, que por lo general se realizan considerando un comportamiento "normal" de las variables climáticas, no gobernadas por el productor. En forma directa e indirecta, el comportamiento del productor afecta a toda la cadena de agentes asociados a esta actividad: entidades financieras,

proveedores, clientes, entidades gubernamentales, recaudadores, entidades crediticias, etc. Ante la aparición de efectos adversos inesperados, los cálculos efectuados para sustentar las decisiones no se cumplen y como consecuencia de ello se multiplican las pérdidas en toda la cadena de valor.

Si no se cuenta con coberturas adecuadas, esos riesgos pueden provocar daños de relevancia, que pueden afectar seriamente las finanzas de la empresa. La falta de manejo de riesgo implica una pérdida económica elevada y esto viene acompañado de la inestabilidad de los ingresos y el agravamiento de la pobreza.

Es por ello que se hace relevante para los productores ampliar sus conocimientos sobre el manejo del riesgo y la consecuente adopción de estrategias de mitigación y coberturas que protejan la producción agropecuaria de los eventos climáticos. Esta relevancia se hace evidente en la medida que afecta a los ingresos de segmentos importantes de la población, pudiendo llegar a afectar incluso su supervivencia.

Si bien los riesgos no pueden ser eliminados en su totalidad, pueden ser reducidos y manejados. El abordaje de este tipo de riesgos tiene implicancias financieras y económicas, y los productores han basado sus estrategias en dos categorías generales: mitigación y transferencia de riesgos. Estas alternativas pueden ser complementarias, y deben ser contempladas en los momentos más adecuados dentro del proceso de toma de decisiones a efectos de avanzar hacia una gestión eficiente e inteligente del riesgo agropecuario.

### 7.1. Reducción o mitigación de riesgos

Básicamente estas estrategias son desarrolladas por el productor agropecuario en su propia explotación, sin la intervención de otras instituciones, y fundamentalmente tienden a reducir la vulnerabilidad de la explotación ante los factores climáticos adversos.

Un ejemplo tradicional de estos instrumentos lo constituye la protección activa del cultivo, como la aplicación de riego por aspersión como método para

reducir el impacto de las heladas en los frutales, la colocación de mallas antigranizo en el cultivo de vid o la aplicación de riego complementario para reducir el impacto del déficit hídrico.

Otra herramienta que puede ser utilizada por el productor para compensar las posibles pérdidas que pueda generar la ocurrencia de siniestros es la diversificación temporal (cosechas en distintos momentos del año) y espacial (cultivos en distintas zonas) de su pro-

ducción. No obstante, estas estrategias pueden estar limitadas por las condiciones climáticas y ecológicas de la zona de producción o bien por falta de disponibilidad de recursos financieros o incluso por las propias características culturales del productor agropecuario.

Los productores de cereales y oleaginosas en la región pampeana adoptan medidas de manejo en sus cultivos, de forma de reducir el impacto de los eventos climáticos adversos sobre los mismos. La elección de fechas de siembra, variedades o híbridos que

se adapten mejor a los períodos de estrés hídrico en floración, así como el uso de fertilizantes, barbechos cubiertos y labranza mínima mejoran la eficiencia en el uso del agua, permitiendo rendimientos más estables en condiciones de sequía.

En relación a la producción ganadera, las prácticas recomendadas para reducir el impacto de la sequía incluyen un manejo racional del pastoreo, evitando la sobrecarga de animales y suplementando con granos o rollos en las etapas críticas.

## 7.2. Transferencia de riesgos: los seguros agropecuarios

Los seguros agropecuarios son un instrumento financiero que permite estabilizar los ingresos de la empresa, evitando consecuencias no deseadas en su marcha.

Es un contrato en el cual el asegurador se obliga a resarcir un daño en caso que ocurra un evento cubierto, por el cual el asegurado paga una prima. Es decir que, mediante el seguro, un sujeto o empresa sometida a un riesgo con un costo variable e incierto obtiene un costo fijo y conocido que es la prima que paga por el seguro.

La empresa aseguradora, al diseñar sus productos, se apoya en diversas herramientas de cálculo para evaluar, en términos de su capacidad financiera, si está en condiciones de asumir la responsabilidad que implicarían las indemnizaciones, en caso de verificarse siniestros. Para ello toma en cuenta la probabilidad de ocurrencia de los eventos y su intensidad, los daños que pueden provocar tomando en cuenta el capital involucrado y la concentración (cúmulos de riesgos) o dispersión geográfica del cultivo o rubro de producción a garantizar.

Para realizar sus cálculos, las empresas aseguradoras tienen que considerar todas las situaciones posibles y particularmente las que puedan provocar los mayores daños (Pérdida Máxima Probable, PMP),

para ver si pueden o no asumir esa responsabilidad. Si de ese análisis surge que es factible ofrecer esa cobertura, se procede al cálculo de la tarifa que deberían pagar los asegurados. De estas consideraciones generales surge que estos análisis implican contar con suficiente información de base (clima, suelos, características de los rubros de producción, tecnología aplicada) y procedimientos de cálculo (estadística para analizar las probabilidades de eventos, capital involucrado, etc.). De la conjunción de información y procedimientos de cálculo surgen las coberturas y el valor de la primas.

En la póliza se especifican los términos de un seguro, entre los cuales es importante considerar:

- Qué se asegura
- Qué riesgos se cubren
- El momento desde el cual se asumen los riesgos y el plazo de vigencia
- El costo del seguro o prima
- La suma asegurada
- Las condiciones que se deben cumplir para que se indemnice al asegurado

## a. Tipos de seguros

- Seguro de daños

Son las coberturas previstas para resarcir al asegurado ante la ocurrencia de uno o más eventos específicos (riesgos nominados) que pueden ocasionar un daño al bien asegurado. Dicho daño es medido en términos de porcentaje de pérdidas sobre el total del bien asegurado. Luego, ese porcentaje es aplicado al capital asegurado, de modo de obtener como resultado el monto de la indemnización.

Siguiendo con el ejemplo de los cultivos, la cobertura más conocida es la que indemniza por daños provocados por el granizo. Actualmente, a este seguro tradicional se han incorporado otros riesgos: por ejemplo, daños ocasionados por vientos fuertes, helada e incendio, comúnmente conocidos como “adicionales” al granizo.

- Seguro de rendimientos

En este caso se toma como base la productividad histórica del asegurado o de la zona para el cultivo específico y se asegura una parte, expresada en porcentaje, de ese rendimiento medio esperado. Eso quiere decir que el productor asume parte del riesgo (porcentaje del rendimiento medio no cubierto, denominado deducible), quedando el resto a cargo del asegurador.

Esta modalidad puede ser implementada para todo riesgo o para determinados riesgos (nominados). En este último caso, tiene que ocurrir uno de los eventos para que se dispare la cobertura.

- Nuevas tendencias del mercado internacional de seguros agropecuarios: coberturas basadas en índices

En los últimos años han surgido nuevas formas de coberturas destinadas al sector agropecuario. Mediante estos instrumentos de coberturas, el proceso de las indemnizaciones se dispara cuando un índice determinado objetivamente alcanza ciertos niveles preestablecidos. La cobertura otorgada a los productores está basada en el supuesto de que el índice está correlacionado significativamente con las pérdidas de producción. Las dos categorías principales de los seguros basados en índices son:

### *Índices de rendimiento de área*

Esta modalidad puede considerarse un paso intermedio entre el seguro tradicional y los segu-

## Gestión de riesgos climáticos en ganadería

En los últimos años, la producción ganadera en Argentina ha estado expuesta a grandes pérdidas ocasionadas fundamentalmente por severos eventos climáticos adversos, entre los cuales podemos mencionar la sequía, que ha afectado la producción forrajera tanto de la región pampeana como patagónica.

Las características de producción ganadera extensiva, la escasez de estaciones de medición para evaluar la frecuencia de los fenómenos adversos en vastas regiones y la característica sistémica de eventos climáticos extremos como la sequía son algunas de las causas que han contribuido a la ausencia del desarrollo de coberturas o seguros para esta actividad productiva.

Por esta razón, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca se propone desarrollar un instrumento de transferencia de riesgos (seguro índice de producción forrajera) que permita cubrir el déficit forrajero que afecta la producción ganadera, provocado por eventos extremos como la sequía, basado en el uso de sensores remotos (satélites).

Este tipo de seguros es de bajo costo ya que no requiere de peritación individual de cada establecimiento. El índice verde está relacionado con un determinado nivel de productividad forrajera de una región, por lo tanto, cuando el mismo cae por debajo de determinado nivel que se establece como crítico, el seguro indemniza un monto que se estipule, por ejemplo el costo necesario de suplementación para contrarrestar la pérdida de forraje.

Este trabajo se está desarrollando en la Oficina de Riesgo Agropecuario, a través de un Convenio con el Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección (LART) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires y cuenta con la colaboración de la Dirección Nacional de Producción Ganadera del MAGyP, el Consejo de Desarrollo del Sudoeste Bonaerense y del Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires. Asimismo, el Banco Mundial brindará asistencia técnica para los cálculos actuariales y diversos aspectos regulatorios, operacionales y técnicos para la implementación de este tipo de seguros.

ros basados en índices climáticos. Los índices de rendimiento por área se basan en un indicador de producción promedio dentro de un área predeterminada (p.e. departamento o condado). Si el rendimiento obtenido está por debajo del límite preestablecido, los productores asegurados reciben una indemnización.

La región con cobertura de contrato de rendimiento por área debe tener un tamaño tal que incluya a productores que enfrentan condiciones y riesgos similares (Zonas de Riesgo Homogéneo). Si los límites geográficos de la cobertura se definen apropiadamente, el riesgo moral se reduce o elimina, creándose las condiciones para que los productores mejoren sus estrategias de reducción de riesgos. Ello es así porque las indemnizaciones están basadas en el rendimiento promedio obtenido por el conjunto de productores asegurados y no son influenciadas por el desempeño individual.

#### *Índices climáticos*

Bajo esta modalidad, el evento asegurado se mide como un índice climático que tiene una fuerte correlación con las pérdidas de las cosechas y proporciona una cobertura a partir de la medición objetiva del fenómeno meteorológico. El índice debe satisfacer una serie de propiedades adicionales que aseguren que el índice sea creíble, confiable y vacío de manipulación.

Los índices más frecuentes son mediciones de precipitación o de temperatura a través de un período de tiempo. Algunos ejemplos incluyen el exceso o deficiencia de precipitación durante diferentes épocas del año, fenómenos meteorológicos tropicales tales como huracanes, diversas medidas de la temperatura del aire por debajo o por encima de determinado umbral, etc. En este tipo de contratos no se realiza verificación de pérdidas a nivel individual y la indemnización se realiza cuando se verifica la ocurrencia



## b. Los seguros agropecuarios en Argentina

del evento climático en la estación meteorológica establecida en la póliza, para todas las unidades aseguradas en el área de influencia de la misma.

La eficacia de los seguros paramétricos depende de la existencia de correlación positiva entre las pérdidas de rendimiento y el índice meteorológico. Por esta razón, en zonas más homogéneas hay menor riesgo de base y el seguro índice será una herramienta más eficaz para transferir riesgos.

De acuerdo a la información suministrada por la Encuesta Censal de Seguros Agropecuarios que releva la Superintendencia de Seguros de la Nación (SSN), la situación del mercado asegurador a junio de 2010 revela que existen 28 compañías de seguros operando que cubren seguros agrícolas, de las cuales sólo tres cubren seguros pecuarios. Para la campaña 2009-2010, las cifras que explican el mercado son:

● Primas: \$ 811,9 millones

● Hectáreas Aseguradas (ha) 18,9 millones

● Capital Asegurado: \$ 25.192 millones

● Pólizas Emitidas: 156.190

De acuerdo a los datos anteriores, puede observarse que la superficie asegurada llega al 50% de la superficie implantada. Con respecto a los cultivos cubiertos, el 95% corresponde a cultivos anuales (cereales y oleaginosas) y el 4,6 % restante a cultivos perennes, básicamente frutas de pepita y carozo, vid, olivos y cítricos. En cuanto a los riesgos cubiertos, la mayor parte corresponde a seguros de granizo y granizo con adicionales (52,8% y 49,6 % de las primas respectivamente) y el resto a coberturas multirisgo.

En consecuencia, se observa que algunas actividades productivas de gran importancia para las economías regionales, como el algodón, la horticultura o la ganadería, tienen un escaso nivel de cobertura de seguros.

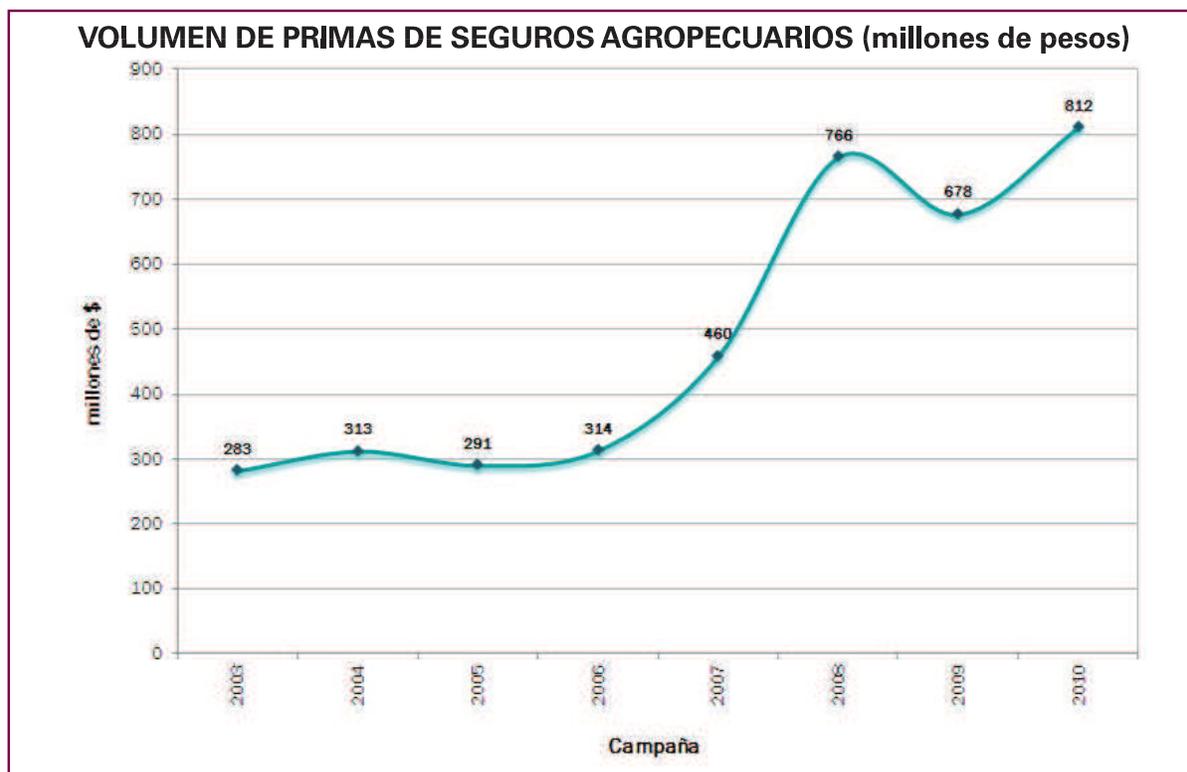


Figura 1. Evolución del mercado seguros agropecuarios.

## c. Las políticas públicas y la gestión de riesgos agroclimáticos

En función de la alta probabilidad de ocurrencia de los fenómenos climáticos adversos es objetivo del MAGyP generar e implementar las acciones necesarias que promuevan el acceso de los productores agropecuarios a sistemas de cobertura para los riesgos que enfrentan, así como desarrollar acciones e instrumentos para atender al sector agropecuario en casos de emergencia y desastre.

### La Oficina de Riesgo Agropecuario

Entre los años 1998 y 1999, la SAGPyA y el Instituto Nacional de Tecnología Agraria (INTA) elaboraron una serie de estudios preliminares que tenían como propósito evaluar el riesgo climático y su impacto económico en el sector agropecuario.

La creación de una Oficina especializada en la gestión de riesgos en el sector agropecuario surgió como consecuencia del diagnóstico realizado por ambas instituciones donde se identificó la escasa información para la evaluación de riesgos climáticos, la insuficiente protección contra eventos climáticos severos y la debilidad en la coordinación de acciones entre el sector público y privado que permitan generar y promover el uso de instrumentos para

el manejo de riesgos. Estos documentos permitieron alcanzar una primera caracterización del riesgo climático, una evaluación de las herramientas utilizadas y una aproximación inicial a los posibles instrumentos que podrían utilizarse para aminorar los efectos de las adversidades meteorológicas.

Dada la complejidad técnica de los distintos aspectos inherentes a la evaluación y mitigación de los riesgos que afectan la producción agropecuaria, en el año 1999 se crea la Oficina de Riesgo Agropecuario de la ex Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación con el objetivo de coordinar y potenciar el accionar de las distintas dependencias y organismos descentralizados en todo lo vinculado a los riesgos productivos, comerciales y financieros del sector.

El desarrollo de un área técnica especializada en evaluar el impacto de los fenómenos meteorológicos sobre la producción agropecuaria tiene un beneficio directo para los productores -que pueden acceder libremente a dicha información- e indirecto, al brindar fuentes de datos validadas al sector asegurador y contribuir de este modo a reducir las primas de seguros.

### Participación del Estado en la gestión de riesgos y promoción del seguro agropecuario:

- Mendoza: Programa Integral de Gestión de Riesgo Agrícola subsidiado por el estado provincial. Seguro de Granizo y Helada en frutales y vid Actualmente el programa beneficia a 18.000 productores, con 300.000 hectáreas cubiertas
- Programa de Seguro contra granizo en frutales de carozo y pepita de la provincia de Río Negro. El MAGyP subsidió la prima de este seguro para productores de menos de 50 hectáreas. Productores beneficiados en la campaña 2010/11: 800 productores, con una superficie de 6.000 ha aproximadamente.
- Fondo Compensador de Daños ocasionados por granizo para productores de frutas de carozo y pepita, implementado por la provincia de Neuquén. El MAGyP aportó fondos para facilitar el acceso de los pequeños productores al programa. Total de productores adheridos: 200.
- Chubut: Seguro contra granizo y heladas para fruta fina.
- Chaco: Seguro multirriesgo para algodón y financiamiento de costos operativos subsidiado con fondos de la Ley 26.060. Pequeños productores beneficiados: 800.

En este sentido, entre las acciones que ha desarrollado el MAGyP a través de la Oficina de Riesgo Agropecuario, se destacan:

- Realizar estudios técnicos y recopilar datos estadísticos sobre la incidencia de los fenómenos adversos para la elaboración de mapas de riesgo agro-climáticos.
- Brindar asistencia técnica y financiera a productores y gobiernos provinciales, promoviendo la gestión de riesgos y los programas de seguros.
- Otorgar subsidios a programas de seguro en economías regionales con el objeto de mejorar el acceso de los pequeños productores agropecuarios a coberturas de riesgo.
- Aplicación de fondos para pérdidas extraordinarias.

### **Dirección Nacional de Emergencia Agropecuaria.**

Es responsable, dentro del ámbito del MAGyP de la aplicación del Sistema Nacional para la Prevención y Mitigación de Emergencias y Desastres Agropecuarios, creado por Ley 26.509/2009. Algunas de las acciones desarrolladas son:

- Coordinar las tareas de análisis y evaluación de las distintas actuaciones referidas a situaciones de emergencia y/o desastre agropecuario declaradas o en trámite.
- Entender en la elaboración y actualización permanente del diagnóstico de las situaciones de emergencia y/o desastre agropecuario en forma coordinada con organismos nacionales, provinciales y municipales.
- Diseñar y proponer medidas destinadas a la organización y protección de los sectores que se encuentren en situación de emergencia y/o desastre agropecuario.
- Evaluar y proponer el otorgamiento de beneficios en materia impositiva, financiera y fiscal a los productores comprendidos en las zonas de desastre que se encontraren afectados en su producción o capacidad de producción.
- Asesorar y asistir en lo relativo a la administración del Fondo Nacional para la Mitigación de Emergencias y Desastres Agropecuarios (FONEDA), en materia de asignación de aportes no

reembolsables, en el establecimiento de líneas de crédito especiales y otros.

### **El Instituto de Clima y Agua de INTA**

Forma parte del Centro de Investigación de Recursos Naturales (CIRN) del INTA, genera datos, información y modelos para evaluación y monitoreo de riesgos agropecuarios derivados del impacto del clima.

El INTA es un organismo creado en 1956, con el propósito de "impulsar y vigorizar el desarrollo de la investigación y extensión agropecuarias y acelerar con los beneficios de estas funciones fundamentales: la tecnificación y el mejoramiento de la empresa agraria y de la vida rural". Depende del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, con autarquía operativa y financiera.

El objetivo central del INTA es contribuir a la competitividad del sector agropecuario, forestal y agroindustrial en todo el territorio nacional, en un marco de sostenibilidad ecológica y social. Prioriza entre sus acciones la generación de información y tecnologías para procesos y productos de este vasto sector, poniendo los mismos al servicio del productor rural a través de su sistema de extensión.

Entre las actividades de investigación y desarrollo del Instituto de Clima y Agua en relación a riesgo agropecuario se destacan:

- Evaluar el impacto sobre la producción de los eventos climáticos extremos derivados del clima y de la variabilidad y cambio climático sobre la producción agrícola.
- Desarrollar variables e índices agrometeorológicos para la gestión del riesgo agropecuario.
- Desarrollar, validar y aplicar modelos de pronóstico estacional de lluvias y temperaturas para las diferentes ecorregiones.
- Generar y distribuir boletines e informes periódicos sobre la evaluación del impacto de las variables climáticas sobre la producción y las perspectivas semanales, trimestrales y estacionales.

El Instituto integra la red de información agrometeorológica del INTA a través de sistemas de bases de datos, opera la red de radares meteorológicos del INTA y las antenas de recepción satelital. Distribuye una amplia gama de productos y recibe

una creciente demanda de datos e información del sector público y privado. Detalles sobre las actividades y productos que realiza el Instituto pueden consultarse en:

<http://www.inta.gov.ar/cya>

Asimismo el Instituto de Suelos, también integrante del CIRN genera información cartográfica y atributos para las unidades cartográficas de suelos en diferentes escalas que son de utilidad para la determinación de vulnerabilidad a diferentes procesos de riesgo como sequía, anegamientos e inundaciones.

### **El Instituto Nacional del Agua**

Es un organismo científico tecnológico descentralizado que tiene por objetivo satisfacer los requerimientos de estudio, investigación, desarrollo y prestación de servicios especializados en el cam-

po del aprovechamiento y preservación del agua. Depende de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, del Ministerio de Panificación Federal, Inversión Pública y Servicios de la República Argentina. Continuador de las tareas iniciadas en el año 1973 por el Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH), lleva 36 años contribuyendo al crecimiento económico, al bienestar social y a la salud ambiental, a través de una gestión equitativa y sustentable del agua.

- La Dirección de Sistemas de Información y Alerta Hidrológico (SlyAH) tiene como objetivo principal es desarrollar y operar el servicio de pronóstico y alerta hidrológico de la Cuenca del Plata y coordinar la información numérica y documental referida a los recursos hídricos.
- El Laboratorio de Hidráulica, desde 1986 está dedicado al estudio de problemas hidráulicos, mediante el análisis teórico y experimental, y la simulación en modelos físicos y matemáticos.

# 8

## Conclusiones

**E**ste estudio promovido por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca permitió conformar un equipo de expertos interdisciplinario e interinstitucional, integrar datos, evaluar metodologías y elaborar las siguientes conclusiones y recomendaciones.

Se observó una alta heterogeneidad en la cantidad y calidad de la información disponible a nivel institucional. La misma se presenta en diferentes formatos, escalas y se han identificado vacíos de información en varios de los procesos de riesgo.

Así, la información de los mapas de suelos a escalas de semidetalle (ej. 1:50.000) presenta una alta utilidad para determinaciones de vulnerabilidad a excesos o déficit hídrico y procesos erosivos hídricos y eólicos, y hay una alta vacancia en muchas áreas productivas del país, vacancia que se incrementa debido a la expansión de las fronteras productivas.

Abordajes integrados a nivel de cuencas son escasos o se encuentran muy fragmentados y no dispo-

nibles para el análisis de riesgos.

La mayor disponibilidad de datos se encuentra en escalas de reconocimiento (1:250.000, 1:500.000 o 1:1.000.000), lo que solo permite evaluaciones y análisis a nivel nacional o regional.

La región pampeana es la que presenta mayor disponibilidad de datos en escalas de semidetalle, lo que permite realizar un análisis de mayor detalle, sobre todo en lo que hace a déficit y exceso hídrico, así como de procesos erosivos.

Por otra parte la red terrestre de captura de datos meteorológicos es escasa y de baja densidad para la extensión de nuestro territorio. Las series largas, útiles para determinar promedios, anomalías y eventos extremos solo están disponibles en las redes sinópticas. Estaciones automáticas aun no han logrado registros largos y de calidad.

Las fortalezas y debilidades identificadas a través de este estudio permiten organizar las siguientes ideas y recomendaciones:

### En cuanto a la integración de datos de varias instituciones:

- Resulta fundamental conocer y catalogar los datos existentes, su extensión territorial y determinar áreas de vacancia.
- La integración de los datos de los distintos organismos e instituciones públicas y científicas, permite consolidar y organizar los datos existentes en sistemas de información para la evaluación de riesgo agropecuario a tiempo real.
- Conocer y disponer de esta información de manera organizada contribuirá a la generación de sistemas de monitoreo y alerta de desastres que permitirán tomar decisiones en forma anticipada, como así también el desarrollo de estrategias y políticas que tengan en cuenta la vulnerabilidad de los sistemas productivos locales para hacer frente a los distintos riesgos provocados por el clima.
- La fragmentación y heterogeneidad de la información geo-referenciada es un tema crítico en el ámbito de los riesgos y las emergencias. Abordar esta problemática requiere de la aplicación de técnicas avanzadas de sistemas de información geográfica y conceptos informáticos de bases de datos.
- La integración de datos permite la identificación de las zonas críticas que requieran intervención, una priorización de las zonas o áreas para definir estrategias de generación de cartografías y bases de datos de vulnerabilidad y riesgo, y realizar un diagnóstico de las necesidades de información que actualmente no esté disponible.

## En cuanto a las necesidades de generación y edición de datos e información:

- Es necesario priorizar la generación de cartografías temáticas de vulnerabilidad a anegamiento, inundaciones, déficit y exceso hídrico, sequía, granizo, heladas, etc., a escalas de semidetalle, que son las más útiles y necesarias para un adecuado abordaje de problemáticas a escalas municipales o distritales.
- Se pueden definir dos niveles de información necesaria: la que es útil para determinar la vulnerabilidad de un área a determinados riesgos, y que está disponible en cartografías y levantamientos de suelos, geomorfología, mapas de frecuencia de anegamientos sobre imágenes satelitales, etc., y la información que es útil para determinar del nivel de peligrosidad y riesgo actual, a tiempo real ante la ocurrencia de eventos climáticos diversos, como los balances hídricos, los modelos hidrológicos, y modelos para seguimiento de agro-ecosistemas a tiempo real.
- Es necesario conocer la distribución territorial y los perfiles de riesgos agropecuarios para diferentes zonas del país. Debe implementarse un sistema que integre información de áreas vulnerables, con los datos de redes de monitoreo agroclimático privilegiando el uso de series suficientemente largas para generar datos útiles en cuanto a frecuencias y tendencias.

## En cuanto a la disponibilidad de datos e información:

- Se observa que si bien es amplia la disponibilidad de datos primarios en las instituciones participantes, la generación de cartografías temáticas y modelizaciones avanzadas para la determinación de la vulnerabilidad a determinados riesgos es escasa. Así, por ejemplo, es amplia la disponibilidad y accesibilidad a los datos satelitales, pero estos no son procesados para la determinación de atributos de vulnerabilidad en las cartografías de suelos, o no se han integrado mosaicos de frecuencia de anegamiento e inundaciones. Es necesario aumentar la transformación de datos satelitales en mapas temáticos para la determinación de vulnerabilidades.
- Hay un amplio conocimiento y capacidades profesionales para el desarrollo de aplicaciones mediante SIG para evaluación y seguimiento de riesgos, en especial anegamientos e inundación. Sin embargo, en general se generan a partir de la ocurrencia de emergencias, y no de manera sistematizada para dar cobertura a nivel regional o nacional.
- La evaluación y el análisis de riesgo y emergencia agropecuaria requiere de herramientas y datos procesados a tiempo real. Se debe priorizar el pasaje de datos a sistemas de información orientados y de sistemas de información a modelos de ayuda a la toma de decisiones.

## En cuanto a la accesibilidad de los datos:

- Se asume una gran disponibilidad de datos, pero sin embargo, no están accesibles o es desconocido su estado de completitud. Habitualmente los resultados incluidos en trabajos científicos y publicaciones no quedan disponibles o no son transferidos a sistemas de información o capas geográficas temáticas transferibles, aún cuando esos trabajos académicos evalúan un área o región. En otros casos, se realizan en ámbitos científicos y académicos muchos desarrollos que no son conocidos o difundidos en los ámbitos públicos o ministeriales. Asimismo sigue difundida la dificultad de acceso

a datos primarios y cartografías temáticas por la implementación de requerimientos burocráticos para acceder a los datos públicos, lo que impiden su disponibilidad a tiempo real.

- Es fundamental que la información disponible este accesible por medios on line o vía internet, de manera que pueda ser usada rápidamente por el tomador de decisiones acerca de riesgo y emergencia agropecuaria y transferible en forma eficiente al sector productivo.
- Nuevos enfoques orientados a la interoperabili-

dad de datos facilitan la difusión y acceso a datos e información.

- La accesibilidad a los datos primarios mejora si se aplican soluciones tecnológicas, como la migración de sistemas de información geográfica institucionales hacia Infraestructuras de Datos Espaciales que permiten la integración de los datos de diferentes organismos y su disponibilidad y accesibilidad directa, sin que cada organismo propietario pierda la autoría y la propiedad física del mismo, pero facilitando el uso compartido del mismo.

## Recomendaciones

Recomendaciones prácticas para dar continuidad a las iniciativas institucionales para la integración de datos y redes, y cubrir las necesidades de información oficiales para abordajes de riesgos y emergencias:

- Generar ámbitos de amplia participación de instituciones que posean datos e información, incluyendo organismos provinciales y científicos.
- Formalizar la realización de proyectos específicos interinstitucionales para avanzar en el

sistema de análisis de riesgo y vulnerabilidad para la producción agropecuaria y en el diseño e implementación de instrumentos de gestión de riesgos, programas de seguro agropecuario y ordenamiento territorial.

- Diseñar y desarrollar sistemas informáticos que den soporte al seguimiento a tiempo real de los eventos de riesgo y su integración con la vulnerabilidad de cada zona. Estos sistemas deberían incluir modelos de simulación fenológica de los cultivos que permitan estimar las pérdidas probables de producción de granos.

## Bibliografía consultada

Capdevila, Joan y Subirana. Instituto Geográfico Nacional – España . <http://www.idee.es>

D'Alvia, A. L. Cartografía Matemática – Publicación técnica N°1 – Centro Argentino de Cartografía.

David, Arthur y Zelier, Michael. Designing Geodatabases - Cases Studies in GIS Data Modeling. - ESRI PRESS

FAO, 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – FAO irrigation and drainage paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

González Aguayo, Rafael. Diccionario de términos SIG. Fac. de Cs Naturales y Museo, Univ. Nacional de La Plata. 1999

Instituto Geográfico Militar. Lectura de cartografía (sistema UTM) – Departamento Geográfico Militar del I.G.N

Lal, Rattan. Métodos y Normas para evaluar el uso sostenible de los recursos suelo y agua en el trópico. Adaptación para la Argentina. SMSS. 1994. 96 P.

Penman, H. L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil, and grass. Proceedings to the Royal Society, Series A. 193:120-145.

Ramez A. Elmasri y Shamkant B. Navathe. Fundamentos de Sistemas de Base de Datos. 3ra Edición

Ritchie, J.T; L. F. Ratliff and D. K. Cassel. 1987. Soil laboratory data, field descriptions and field measuring soil water limits for soils of the United States. Agr. Soil Survey. Technical Bulletin. USDA.

Rivas, Raúl; Carmona, Facundo y Ocampo, Dora. Teledetección: Recientes aplicaciones en la región pampeana. 2011. Editorial MARTIN

Rodríguez, Rubén C. Sistemas de referencia y proyecciones cartográficas – XXI Reunión Científica AAGG. 2002

Scarpati, Olga E.; Forte Lay, Juan Alberto; Capriolo, Alberto D. La inundación del año 2001 en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Mundo Agrario, vol. 9, n° 17. 2008. Centro de Estudios Histórico Rurales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.

Zeiler, Michael. Modeling our World – The ESRI guide to Geodatabase Design - System Design Strategies An ESRI Technical Document March 2006. Dave Peters – ESRI

## Acrónimos

BD Base de Datos

CBERS Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres

CEMPAT Centro Nacional Patagónico

CIEFAP Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico

CIRN Centro de Investigación de Recursos Naturales

CONAE Comisión Nacional de Actividades Espaciales

EEA Estación Experimental Agropecuaria (INTA)

EVI Enhanced Vegetation Index

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación

FONEDA Fondo Nacional para la Mitigación de Emergencias y Desastres Agropecuarios

IDE Infraestructura de Datos Espaciales

IGN Instituto Geográfico Nacional

INA Instituto Nacional del Agua

INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

INTA Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

LART Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección

MAGyP Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca

MODIS Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

NASA National Aeronautics and Space Administration

NDVI Normalized Difference Vegetation Index

NOAA National Oceanic Atmospheric Administration

MSS Multispectral Scanner

POES Polar orbiting Operacional Environmental satellites

POSGAR 94 Posiciones Geodésicas Argentinas

OGC Open GIS Consortium

ORA Oficina de Riesgo Agropecuario

SAC-C Satélite Argentino de Observación de la Tierra

SGBD Sistemas Gestores de Bases de Datos

SAGyP Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca

SIG Sistema de Información Geográfica

SMN Servicio Meteorológico Nacional

TM Thematic Mapper

TRMM Tropical Rainfall Measuring Mission

USGS United States Geological Survey

VR Verde Relativo

WGS-84 World Geodetic System 1984