

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL MONITOREO DE ÁREAS CON RIESGO HÍDRICO. PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA.

Dr. María Isabel Andrade¹, Lic. Nora Claudia Lucioni²

Centro de Investigaciones Geográficas.
IdIHCS. Facultad de Humanidades y Ciencias de Educación.
Universidad Nacional de La Plata.

¹miandrade1911@gmail.com / ²noraclucioni@gmail.com

Introducción:

El riego es una construcción social. Esto no se ha tenido lo suficientemente en cuenta en la gestión de áreas con riesgo recurrente de excesos o déficit hídricos. A mediados de septiembre de 2012, de las 29 millones de hectáreas de superficie total que abarca la Provincia de Buenos Aires, según datos recabados por la Dirección de Emergencia Agropecuaria, fueron afectadas por las intensas lluvias caídas unas 3.520.000 ha. La cuenca baja del Río Salado se vio comprometida por la gran masa de agua que debía salir por esta vía hacia el mar. En los primeros cuatro meses del año, se llegó a acumular 1000 mm; registro equivalente a un año promedio.

Las inundaciones provocaron daños sobre áreas rurales y urbanas expuestas, esto afectó la actividad agraria de la región en el centro y sudeste de la Provincia y comprometió la superficie sembrada, en especial, trigo y cebada. Este fenómeno produjo una pérdida total del 14% sobre el total del sembrado. También se registraron pérdidas en la actividad ganadera por anegamiento de superficie en pastoreo.

La recurrencia de este fenómeno, supone la presentación de alternativas de manejo del riesgo hídrico que tengan en cuenta las condiciones de criticidad a las inundaciones. Para ello, se propone una metodología capaz de alertar a los actores involucrados sobre el estado de las áreas identificadas como más vulnerables mediante la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que posibilitan integrar la información espacial con productos provenientes del procesamiento digital de imágenes satelitales.

Los principales objetivos de este trabajo son el análisis de las relaciones entre los procesos naturales y los procesos sociales que influyen sobre las inundaciones en el área de estudio así como, la identificación de criterios para la construcción de una metodología de evaluación de riesgo de inundación.

Palabras claves:

Riesgo hídrico, SIG, Emergencia agropecuaria

Metodología.

La metodología propuesta, se basa en la construcción de un modelo de análisis de riesgo de inundación a partir del tratamiento de sus componentes básicos:

- *Peligrosidad* es el potencial de peligro inherente a los fenómenos naturales que puede agudizarse por acciones humanas. En este trabajo se identifica la peligrosidad teniendo en cuenta la evolución espacial y temporal de las precipitaciones, la red hidrográfica superficial, la ocurrencia de las inundaciones, la altimetría del área, los usos de suelos y las obras de infraestructura que afectan el escurrimiento.
- *Exposición*: hace referencia a la distribución territorial de las personas y bienes que pueden verse afectados ante un evento catastrófico. La exposición precisa la interrelación entre peligrosidad y vulnerabilidad. Su construcción se elabora mediante la interpretación cartográfica y teledetección de usos de suelo y población afectada, para identificar áreas críticas.
- *Vulnerabilidad*: es la capacidad de hacer frente a un evento catastrófico. Se haya condicionada por la situación socioeconómica previa a la ocurrencia del evento. En este trabajo se han recolectado datos agropecuarios sobre los principales cultivos de la región correspondientes a la Campaña 2011-2012 publicados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGyP).
- *Incertidumbre*: alude a las limitaciones en el estado del conocimiento y las indeterminaciones jurisdiccionales y administrativas, así como normativa (incertidumbre técnico-científica e incertidumbre político-administrativa). Para analizar este componente se ha realizado un relevamiento de los proyectos nacionales, provinciales y municipales referidos al manejo de las inundaciones según fase alcanzada y resultados obtenidos, de las normas en materia de uso y ocupación del suelo, de los planes y programas de evacuación de la población afectada y sistemas de emergencia.

Materiales y Métodos:

Se utilizaron datos meteorológicos publicados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

El procesamiento digital de imágenes desarrollado en esta investigación fue realizado mediante el software ENVI®. Las imágenes utilizadas pertenecen a los sensores MODIS, respecto a la topografía, se decidió la utilización de las imágenes radar SRTM¹, debido a que el trabajo se llevó a cabo en un ámbito regional.

El sistema vectorial de información geográfica fue desarrollado bajo el entorno de ArcGis® con sus aplicaciones en Spatial Analyst®, 3d Analyst®; en donde se llevó a cabo el proceso de modelado, clasificación, digitalización, análisis y representación de los resultados finales en el entorno bidimensional y tridimensional.

El marco de análisis de este trabajo, como ya se mencionó, consiste en el tratamiento de las inundaciones en el área de estudio desde la **Teoría Social del Riesgo**, según la cual se estudian los riesgos a determinados eventos "catastróficos" desde el reconocimiento que el abordaje realizado por la ciencia "normal" es insuficiente para el tratamiento de estas temáticas. Entendemos por ciencia "normal" aquella que responde al paradigma vigente. La visión reduccionista que ésta aplica deja afuera

¹ Shuttle Radar Topography Mission utilizó una técnica llamada interferometría radar, en la cual dos imágenes radar son tomadas de un mismo sitio desde dos posiciones diferentes. fue un proyecto conjunto entre la *National Imagery and Mapping Agency* (NIMA), la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) y las Agencias Espaciales de Alemania (DLR) e Italia (ASI).

problemas importantes y/o manipula técnica o cuantitativamente variables de difícil cuantificación, como por ejemplo la incertidumbre (Funtowicz, 1994). La existencia de problemas ambientales reales, concretos, que afectan a una población real y concreta, suponen la búsqueda de herramientas metodológicas en un nuevo estilo de actividad científica que tenga en cuenta que lo “normal” puede ser la incertidumbre y la impredecibilidad.

En el marco de los diferentes procesos catastróficos que amenazan vastas regiones de la provincia de Buenos Aires, Argentina; el de las inundaciones ocupa un lugar relevante, por las consecuencias complejas que generan tanto a nivel social como físico-material. Sin embargo, pareciera que las estrategias de gestión aún no han encontrado una solución eficaz para estos problemas complejos; cuyos alcances se han ido intensificando espacial y temporalmente. Una prueba de ello, entre muchas otras, es la falta de información sistemática para evaluar el problema desde una perspectiva integral. El fenómeno de las inundaciones se ha considerado de manera fragmentaria; dando un tratamiento desigual a cada una de las dimensiones componentes del riesgo. Hay mucho esfuerzo invertido por muchos sectores en el tratamiento de esta temática que todavía no ha dado los frutos esperados.

La conceptualización del riesgo, en términos de una teoría social del mismo, permite incorporar otras dimensiones, cuya consideración apuntaría a la disminución de las consecuencias catastróficas. (Natenzon, 1995). Estas son peligrosidad, vulnerabilidad, exposición e incertidumbre. Las condiciones concretas en que cada grupo afectado se pueda preparar o reconstruir frente a una catástrofe pueden ser muy diferentes. (Blaikie *et al*, 1998). Así, “vulnerabilidad es un término relativo y específico, que siempre implica una vulnerabilidad a una amenaza particular”; en el caso que nos ocupa, las inundaciones. La vulnerabilidad social es una dimensión que permite identificar diferencias de respuesta ante un mismo fenómeno, y establecer gradientes de exclusión (Minujin, 1999).

En este sentido la metodología de trabajo consistió en reunir la información vectorial y raster existente a escala regional de toda la Provincia de Buenos Aires con la finalidad de construir la información de base de la región en estudio. Para ello, en una primera etapa de trabajo, se procedió a recopilar la información disponible en Organismos Nacionales y Provinciales creadores de la información de base:

- Cartografías digitales correspondientes a las Cartas Topográficas a escala 1:250.000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Cartografía sobre los Recursos Hídricos de la Provincia de Buenos Aires a escala 1:250.000, proveniente de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.
- Información climática proveniente del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) a escala 1:250.000 concerniente a la reserva de agua útil y las anomalías de reserva de agua en el suelo registrada durante el año 2012 con respecto a los últimos 40 años.
- Cartas de suelo provenientes del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) a escala 1:50.000 y a escala 1:500.000 de la Provincia de Buenos Aires.
- Información sobre Series Temporales de Cultivos, campaña 2011-2012 publicada por el MAGyP.
- Selección y recopilación de imágenes radar SRTM, año 2002.
- Selección de imágenes satelitales provenientes de diversos sensores: imágenes satelitales MODIS del mes de septiembre de 2012.

En la siguiente etapa de trabajo, se construyó información georreferenciada a partir de fuentes de información bibliográfica sobre: mapeo de las regiones hidrogeológicas; localización de las estaciones meteorológicas pertenecientes al SMN; mapeo de las Jurisdicciones declaradas de Emergencia Agropecuaria en el período considerado en la investigación.

En otra etapa se procedió en el procesamiento digital de imágenes satelitales SRTM y MODIS. Con las imágenes radar SRTM se construyó el modelo digital de terreno; mientras que con las imágenes MODIS se construyó un mosaico para determinar las áreas de anegabilidad durante el transcurso del mes de agosto de 2012.

Por otra parte, se reunió toda la información periodística sobre las áreas afectadas por el fenómeno climatológico.

Luego, se procedió a construir un mosaico de imágenes MODIS sobre el índice de vigor vegetal EVI (*Enhanced Vegetation Index*). Este índice es calculado a partir de un algoritmo que toma las bandas Roja, Infrarroja Cercana e incluye la banda azul junto con coeficientes de corrección atmosférica y del efecto del suelo desnudo.

La siguiente etapa de trabajo consistió en la construcción de un SIG de la provincia de Buenos Aires para ensayar diferentes mapas temáticos combinando distintas variables tales como el mapeo de tipos de suelos a escala 1:50.000; cartografía sobre susceptibilidad de suelos a escala 1:500.000; mapa de relieve con riesgo de anegabilidad combinado con la hidrografía, relieve, isotermas y la localización de estaciones meteorológicas; Mapeo sobre las regiones hidrogeológicas combinados con el relieve para determinar las condicionantes naturales que posee la red de drenaje de la Provincia de Buenos Aires.

A partir de los diversos mapas confeccionados se logró correlacionar el índice EVI con las zonas de inundación registradas en el mes de agosto y septiembre de 2012. Esta metodología de trabajo proporciona la detección de zonas anegadas.

Esta metodología ensayada en el estudio de caso elegido proporciona una manera ágil y de bajo costo para monitorear grandes áreas y analizar el comportamiento de la vegetación es el uso de índices de vegetación obtenidos de sensores remotos. Además, permite estudiar el comportamiento de la vegetación, e indirectamente la producción forrajera y ganadera.

De esta manera, se propone utilizar la combinación de cartografía de información de base vectorial con la obtenida a partir de los sensores remotos. Principalmente utilizar técnicas de procesamiento digital de imágenes satelitales en la obtención de Índices de Vegetación, tales como el EVI. La instrumentación de esta metodología a través del tiempo, sirve, como por ejemplo, para predecir si un campo en determinado mes o año, en términos de cobertura vegetal y/o biomasa, está en mejor o peor condición respecto de sus valores normales (históricos).

Resultados

El área de estudio:

Descripción General de la Provincia de Buenos Aires

La Provincia de Buenos Aires posee una extensión de 307.571 km la cual constituye la provincia más extensa del país, la cual ocupa el 11,06% de su superficie total. Se sitúa en la región centro-este, limita al norte con las provincias de Entre Ríos y Santa Fe, al oeste con las provincias de Córdoba, La Pampa y Río Negro, al sur y al este con el Atlántico y al nordeste con el Río de la Plata. Administrativamente se divide en 134

partidos, 24 de ellos ubicados alrededor de la ciudad capital de la República, formando parte del Gran Buenos Aires (**Figura N°1**)

Figura N° 1. Provincia de Buenos Aires



Fuente: IGN, 2012

Caracterización climática

Las grandes llanuras constituyen un escenario de suma fragilidad ante eventos hidrológicos extremos, tanto de déficit como de excedentes hídricos. En este último caso, la incapacidad del relieve para evacuar volúmenes importantes de agua suele concurrir, junto a otros factores, a la ocurrencia de vastos anegamientos que tienen a la persistencia como rasgo fundamental (Hernández *et al.*, 2003).

La llanura pampeana es la comarca de estas características más representativa en la Argentina. Con un período de lluvias por encima de la media histórica secular, persistente desde inicios de la década de los años '70, han entrado en crisis sistemas exorreicos (cuena del Río Salado-Vallimanca), endorreicos (cuena de las Lagunas Encadenadas del Oeste) y arreicos (región del noroeste, nordeste pampeano y sur santafecino), junto con una mutación progresiva del régimen climático desde semiárido, en algunas de ellas, a subhúmedo-húmedo (Hernández *et al.*, 2003).

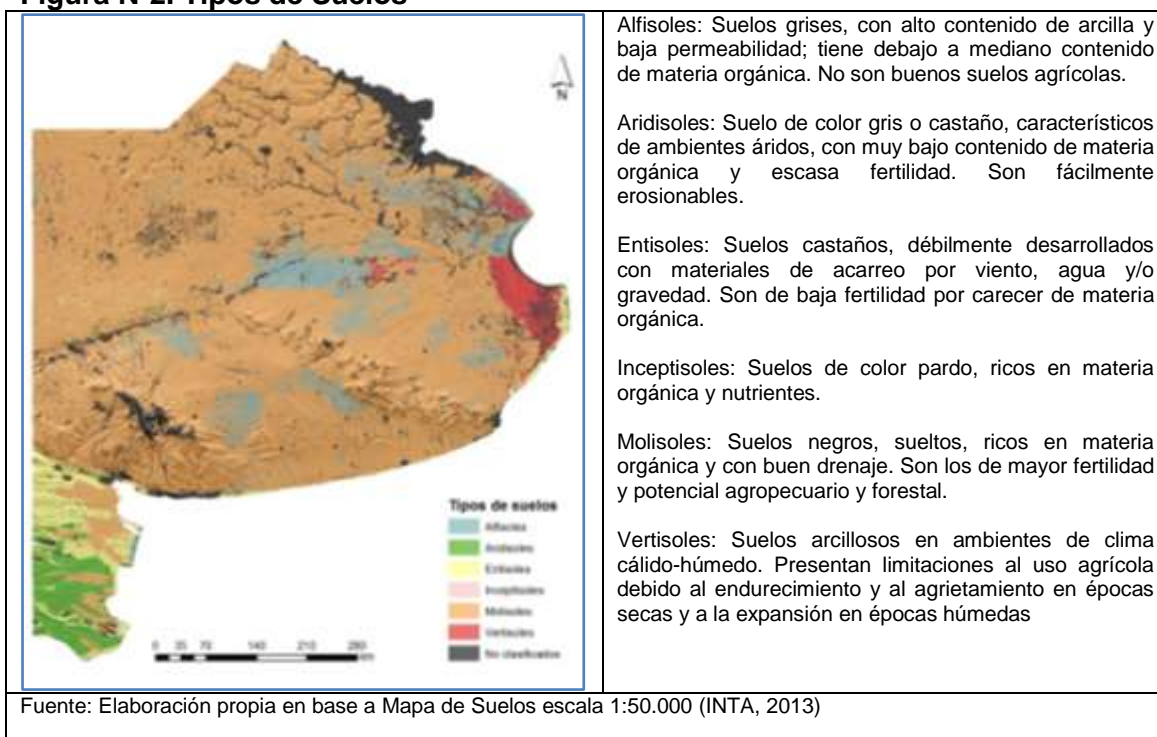
Caracterización ambiental

El relieve predominante es el de llanura, presentado una suave pendiente negativa hacia el Mar Argentino. Esta planicie está interrumpida por dos pequeños sistemas serranos, Tandilia de unos 500 msnm y Ventania de unos 1.100 msnm. Asimismo, dentro la llanura –cubierta mayormente de praderas- puede distinguirse diversas

subregiones. En el sector norte, el relieve se torna ondulado con algunas "lomas" o "cerrilladas", dando lugar a lo que se conoce como "pampa ondulada". La cuenca inferior del río Salado por su relativa inferior altitud a la del resto de la región pampeana constituye la llamada "pampa deprimida". Hacia el oeste, el relieve muestra largas ondulaciones arenosas norte-sudoeste alternadas con bajos sin drenaje superficial, la denominado "pampa arenosa". La región de la costa atlántica se caracteriza por la presencia de grandes dunas, naturalmente móviles y costas acantiladas o con barrancas que tocan al océano, generalmente con interpuestas amplias playas arenosas.

En cuanto a los suelos predominantes de la Provincia de Buenos Aires, la mayor parte son molisoles, de gran fertilidad y potencial agropecuario y forestal (**Figura N°2**) Los cuales han permitido la fuerte expansión de la actividad agrícola de los últimos 14 años, sumado a la incorporación de tecnificación mecánica y química; derivando de este modo, aumentos en la productividad, ampliación de la frontera agropecuaria.

Figura N°2. Tipos de Suelos

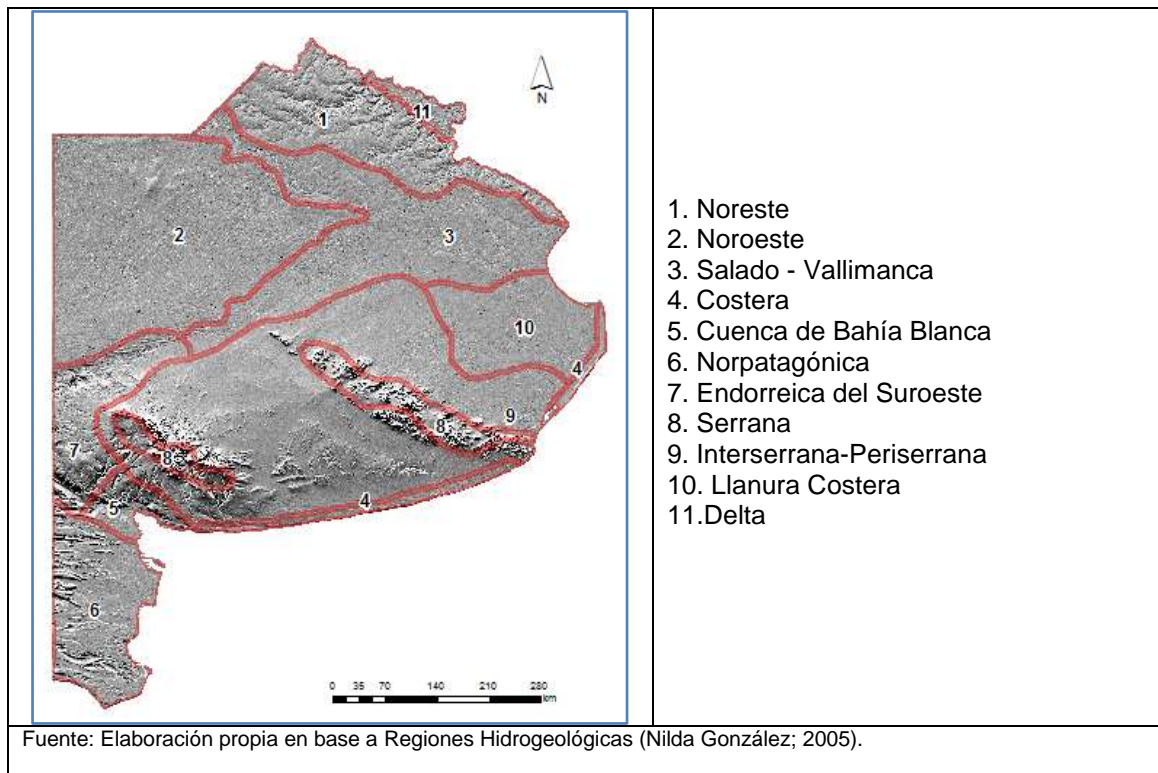


Características hidrogeológicas

Según Eduardo Kruse y Patricia Laurencena (2005) se caracteriza al sistema hidrológico de la Provincia de Buenos Aires como frágil, reconociendo que los impactos naturales más notables se vinculan a la alternancia de períodos con excesos de agua (anegamientos) y de períodos con déficit de agua (sequías), los cuales afectan en forma directa las actividades del hombre. Uno de los factores es que el territorio bonaerense tiene más del 90% de su superficie con ambientes llanos, lo cual le imprime una condición hidrológica particular como es el predominio de los movimientos verticales de agua (evapotranspiración – infiltración) sobre los horizontales (escurrimientos). Sumado a las características de las llanuras de climas húmedos, existe una estrecha interrelación entre las aguas superficiales y subterráneas. Como consecuencia de ello, en la alimentación de ríos, arroyos y lagunas en una alta proporción tiene influencia la descarga del flujo subterráneo local, lo cual a su vez incide en la magnitud e intensidad de los fenómenos de anegamiento.

En la siguiente **Figura N°3** se muestra una caracterización general de los sistemas hidrológicos estudiados en función de la conjunción de factores geomorfológicos y climáticos.

Figura N°3. Regiones Hidrogeológicas de la Provincia de Buenos Aires



Según Miguel Auge (2004) se resumen las siguientes regiones hidrogeológicas:

1 – Región del Noreste: bordeada por el Arroyo del Medio, ríos Paraná y de la Plata y la divisoria con la cuenca de los ríos Salado y Samborombón. La región posee una extensión de 31.900 km². Es el ambiente más propicio de la provincia, pues a la abundancia de agua superficial dulce (ríos Paraná y de la Plata), se agregan la calidad y la disponibilidad de agua subterránea, la aptitud de los suelos y el clima, y la favorable condición morfológica, que facilita el drenaje superficial y por ende limita los anegamientos al Delta del Paraná y a las planicies de inundación de ríos importantes como Luján, Reconquista, Matanza, Paraná y de la Plata.

2 – Región Noroeste: es la cuenca arreica conocida como pampa arenosa, lindante con la cuenca superior del río Salado. El 75% de su superficie está ocupada por médanos longitudinales (transversales a la pendiente topográfica regional) que dificulta notoriamente en algunos casos, e impide en otros, el escurrimiento superficial limitado por la baja inclinación topográfica.

3- Cuenca del Salado- Vallimanca: su característica distintiva es la escasísima pendiente topográfica (10-4 a 10-5), que deriva en un notorio impedimento para la evacuación de los derrames superficiales y por ende en un ámbito fácilmente inundable. Los suelos son pesados y arcillosos y el agua subterránea generalmente presenta contenidos salinos elevados.

4- Región Costera: en el mismo se emplaza una faja de dunas que poseen gran importancia hidrogeológica, pues constituyen la única fuente de abastecimiento de agua potable con que cuentan la mayoría de las ciudades balnearias.

5- Cuenca de Bahía Blanca: existencia de un sistema hidrotermal profundo con aguas de bajo tenor salino.

6- Cuenca Norpatagónica: pertenece al dominio Patagónico extrandino desarrollado al sur del río Colorado, tanto fisiográficamente como por el tipo de suelos, contenido florístico y régimen climático.

7- Cuenca Endorreica del Suroeste: la recarga del sistema es autóctona directa, a expensas de la buena permeabilidad de los depósitos aflorantes (arenas).

8- Cuenca Serranas: se corresponde con los dos sistemas serranos bonaerenses (Tandilia y Ventania), que en su conjunto ocupan unos 15.430 km² (5% de la superficie de la provincia). Esta unidad se caracteriza por su discontinuidad areal y está integrada por limos arenosos de origen eólico que se adosan a los faldeos serranos de Tandilia y de Ventania. En las depresiones (valles) predominan depósitos aluviales y coluviales, derivados de la acción fluvial y gravitacional respectivamente.

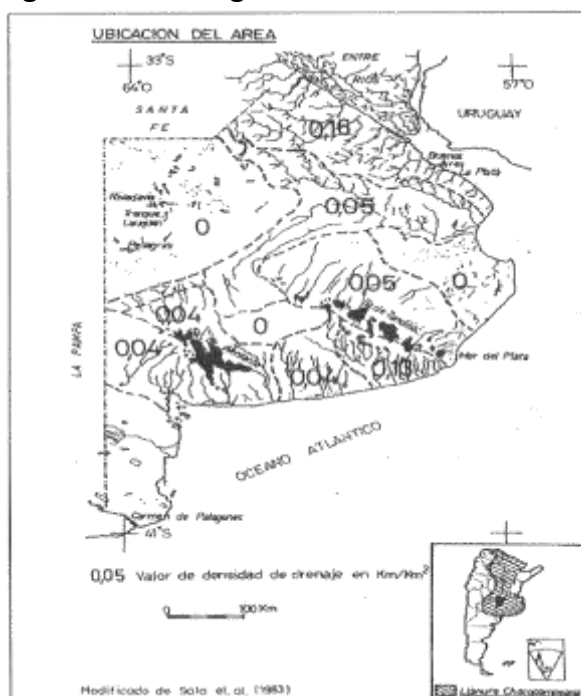
9 – Región Interserrana y Periserrana: está representado por depósitos discontinuos de origen aluvial, eólico y lagunar, de edad Holocena. La relación de los fenómenos exógenos en un ámbito de llanura con el régimen subterráneo es sumamente estrecha.

10 – Llanura Costera: predomina ampliamente la descarga consuntiva por sobre la lenta y dificultosa hacia la Bahía de Samborombón, complicada por la dinámica del río de la Plata exterior. Tiene un gradiente hídrico sumamente bajo y extrema anegabilidad.

11 – Región Delta: posee agua de baja a media salinidad con frecuente presencia de gas Metano.

En la **Figura N°4** se reconocen dos sistemas, uno con drenaje organizado denominado “lineal” y el otro carente de red de drenaje, denominado “areal”. Los sistemas lineales, son aquellos que poseen “densidad de drenaje > 0” y los sistemas areales con “densidad de drenaje = 0”. En éste último caso, la inexistencia de cursos fluviales hace que al producirse precipitaciones el agua no presente suficiente energía para escurrir por la superficie hacia un punto determinado de descarga. Mientras que en el caso de los sistemas lineales, existe un escurrimiento superficial local hacia los cauces, y a su vez regionalmente hacia un punto determinado de descarga.

Figura N° 4. Configuración General de la Red de drenaje por Densidad



Fuente: Extraído de Eduardo Kruse y Patricia Laurencena (2005)

Las inundaciones en la Cuenca Parano-Platense

Las inundaciones en la Cuenca deben su ocurrencia a dos factores: precipitaciones intensas en la alta cuenca y el fenómeno de sudestada. En cuanto al primer fenómeno del derrame de grandes volúmenes de agua causados por precipitaciones intensas en la alta cuenca se suma el efecto de las precipitaciones intensas que tiene lugar localmente. La zona central y norte de la provincia de Buenos Aires se ve afectada también con frecuencia por líneas de tormenta conocidas como líneas de inestabilidad y el paso de frentes fríos intensos durante el invierno. Esta región suele sufrir los efectos de inundaciones que se prolongan por espacio de varios meses. En la zona de bañados, el agua infiltra lentamente y escurre en forma subterránea hacia el noroeste de Buenos Aires, el sudoeste de Santa Fe y el norte de La Pampa. Este proceso puede verse potenciado a fines del verano y comienzos del otoño cuando se producen precipitaciones por encima de lo normal. Esta situación contribuye a aumentar la humedad de los suelos, haciendo que las aguas permanezcan en la región por largo tiempo. Por otra parte, la región está gobernada por una dinámica hidrometeorológica compleja, ya que el agua infiltra el terreno en los bañados del sudeste de Córdoba fluye luego lentamente para alimentar las napas subterráneas en las nacientes del río Salado en el noroeste bonaerense, que finalmente drena en el Océano Atlántico en la Bahía de Samborombón. La cuenca del río Salado se caracteriza por tener una muy escasa pendiente, motivo por el cual sus aguas drenan con gran lentitud. También suele presentar largos períodos con excesos hídricos, de modo que la ocurrencia de precipitaciones superiores a la normal provoca la saturación del terreno y el consiguiente anegamiento.

Otro fenómeno que favorece al riesgo de inundaciones es el de la sudestada² que afecta principalmente a la zona del río de La Plata, sur de la provincia de Entre Ríos y nordeste de la provincia de Buenos Aires, y está acompañada por lluvias. La sudestada genera siempre una crecienta del río sobre la margen Argentina del estuario. Los vientos generalizados del sector este-sudeste hasta el sector sud-sudeste ejercen un efecto de fricción sobre las aguas del río de la Plata, que es opuesta al sentido en que las mismas drenan. La acción de estos vientos se traduce en una acumulación de agua oceánica en la desembocadura del río. Tal acumulación de agua reduce la pendiente de descarga del río, de modo tal que las aguas provenientes de los cursos superiores se ven dificultadas en su drenaje natural, provocando un aumento en el nivel de las mismas. La intensidad de la crecienta dependerá de la duración y la magnitud de la sudestada y de las lluvias que se produzcan en la zona. También se intensificará si los ríos Paraná y Uruguay bajan en crecienta (Berri, 2001).

Se suma a lo anterior, que desde la década de 1970 se transita un ciclo húmedo. El efecto climático global está gobernado por la acción de los océanos, Pacífico y Atlántico y también por la actividad volcánica, procesos naturales de acción prolongada en el tiempo, que no coinciden con los ciclos húmedos menores a 40 años. El efecto climático global genera corrientes húmedas en la atmósfera que descargan precipitaciones en diferentes zonas geográficas del mundo, siendo la “pampa húmeda”, una de ellas, en tanto que en otras opera un fenómeno contrario al descrito (Ventimiglia *et al.*, 2003).

La recurrencia del fenómeno de inundación no se debe sólo a causas naturales, sino también a factores antrópicos. Entre los factores naturales más relevantes se destacan: el régimen de precipitaciones, topografía del terreno plana, de muy bajo gradiente de pendiente y suelos hidromorfos de muy baja permeabilidad. Entre los

²Se identifica con el término de sudestada a un fenómeno que se caracteriza por la ocurrencia de vientos provenientes del sector sudeste, que soplan con persistencia regular y con intensidades moderadas a fuertes (Berri, 2001).

factores antrópicos más significativos, pueden citarse: la pérdida en la capacidad de captar y almacenar agua de lluvia de los suelos por deterioro físico, el diseño de una red vial que condiciona la acumulación y movimiento del agua en superficie y, la construcción de canales de manera anárquica, el aumento de la urbanización sin un criterio integral sobre el funcionamiento hidrológico regional. Cuando las lluvias superan la media histórica se produce una acumulación de agua en charcas o lagunas, el anegamiento de grandes extensiones de suelos y un muy lento traslado superficial del agua. En áreas urbanas este fenómeno se ve agudizado por la falta de ordenamiento territorial que tenga en cuenta las necesidades de evacuación del agua acumulada por los procesos de impermeabilización de suelos.

La teledetección para el estudio de tierras afectadas por inundación-anegamiento ha sido ampliamente utilizada por diferentes autores³, gracias al contraste del agua con el resto de las cubiertas terrestre en el espectro electromagnético. Por otra parte, la combinación del procesamiento digital de imágenes provenientes de sensores remotos, con las posibilidades de análisis que ofrecen los SIG, también han sido satisfactoriamente utilizados para este tipo de estudios. Debido a que el escurrimiento superficial de una llanura es muy lento a nulo, la principal estrategia de manejo de los excedentes hídricos debe estar enfocada sobre los componentes verticales del balance hídrico, principalmente infiltración, evaporación y evapotranspiración.

La eclosión de los efectos negativos producida desde los años 80 puso de manifiesto la magnificación de los problemas derivados de la ocupación antrópica de los espacios de alto riesgo hídrico. Hechos como la desaparición de localidades desaprensivamente situadas como Miramar (laguna Mar Chiquita, Córdoba) o Villa Epecuén (lago Epecuén, Buenos Aires), barrios completos anegados con alta tasa de evacuados, infraestructura inutilizada (planta depuradora de líquidos cloacales en Pehuajó), vías de comunicación interrumpidas, bajos naturalmente reguladores de crecidas canalizados, nivelados o labrados, entre otros ejemplos, marcan la decisiva participación de la ignorancia del riesgo hídrico en la planificación y el consiguiente agravamiento de las secuelas de las inundaciones (Hernández *et al.*, 2003).

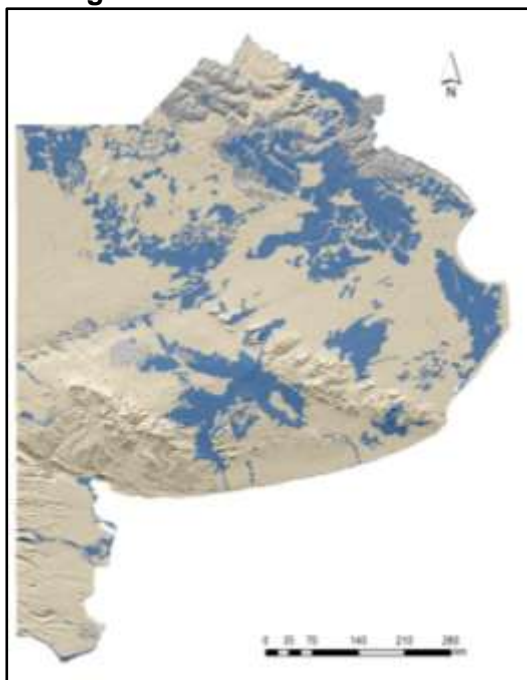
Desde el punto de vista físico, las áreas de riesgo hídrico son aquellos espacios susceptibles de ser afectados ante eventos extremos; en este caso, los excedentes producto de precipitaciones superiores a la media histórica, que a su vez, influyen en la posición relativa de los niveles freáticos, disminuyendo la capacidad de almacenaje subterráneo (**Figuras N°5 y N°6**) Las llanuras aluviales de los ríos y arroyos, las planicies marginales de lagos, lagunas y bajos, son naturalmente espacios de máximo riesgo hídrico (**Figuras N°7 y N°8**). El análisis de estas cuatro figuras ameritaría un espacio no disponible en esta publicación. Sin embargo, es de destacar, que con las herramientas disponibles es posible la prevención de catástrofes hídricas.

El concepto de riesgo comprende a las actividades actuales o potenciales, agro-ganaderas o recreativas, la infraestructura instalada y las consecuencias socio-económicas de la afectación (salud, educación, transporte, comunicaciones, producción). En el caso de los ríos, la ocupación antrópica de las planicies aluviales reduce la sección de pasaje del agua e incrementa las superficies inundadas y la velocidad del curso, además, de afectar personas y bienes que no debería estar allí radicados (Hernández *et al.*, 2003).

³ Entre los principales autores que han utilizado la teledetección para el estudio de tierras afectadas por inundación-anegamiento pueden citarse: Andrade (2003 a y b, 2004, 2007, 2009, 2010, 2012), Chuvieco (2002), Degioanni *et al.* (2001), Del Barco *et al.* (2003), González Alonso (1994), Lucioni (2006, 2012), Rebella *et al.* (2003), Ormeño Vallejos (1993), Tchilinguirian *et al.* (2003), MOPU (1990), Ventimiglia *et al.* (2003).

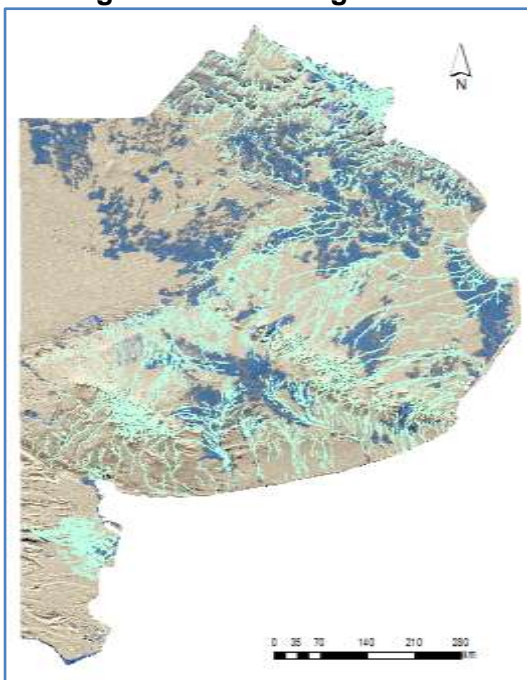
Consideramos que el riesgo es una construcción social, y que la utilización de herramientas como las descritas aquí, permitiría mitigarlo.

Figura N°5. Mapa de Relieve con riesgo de anegabilidad



Relieve con riesgo de anegabilidad (superposición de mapa de susceptibilidad de suelos (INTA, 1995) y mapa de relieve a partir de procesamiento de imágenes SRTM)

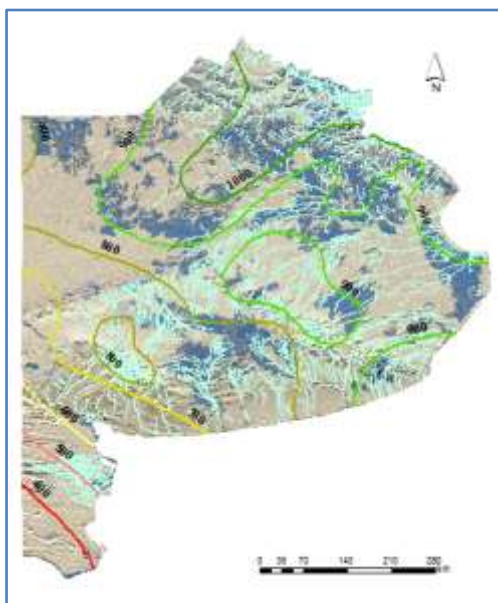
Figura N°6. Mapa de Relieve con riesgo de anegabilidad e hidrografía



Relieve con riesgo de anegabilidad (superposición de mapa de susceptibilidad de suelos (INTA, 1995), hidrografía (IGM, 1995) y mapa de relieve a partir de procesamiento de imágenes SRTM)

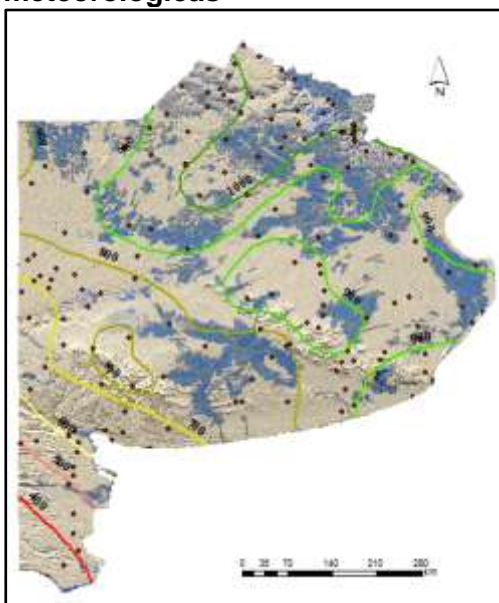
Fuente: Elaboración propia en base a Mapa de suelos escala 1:500.000 INTA - 1995

Figura N°7. Relieve con riesgo de anegabilidad, hidrografía e isotermas



Relieve con riesgo de anegabilidad (superposición de mapa de susceptibilidad de suelos (INTA, 1995), hidrografía (IGM, 1995), isotermas y mapa de relieve a partir de procesamiento de imágenes SRTM)

Figura N°8. Relieve con riesgo de anegabilidad, isotermas y estaciones meteorológicas



Relieve con riesgo de anegabilidad (superposición de mapa de susceptibilidad de suelos (INTA, 1995), isotermas, estaciones meteorológicas (SMN y Automáticas, 2013) y mapa de relieve a partir de procesamiento de imágenes SRTM)

Fuente: Elaboración propia en base a Mapa de suelos escala 1:500.000 (INTA, 1995)

Caracterización productiva de la Provincia de Buenos Aires:

Agricultura

La provincia reúne aproximadamente el 33%, tanto de la superficie sembrada como de la producción de cereales y oleaginosas anuales del total nacional, de acuerdo a relevamientos de la Dirección de Estimaciones Agropecuarias del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGyP). La superficie sembrada con estos cultivos creció a un ritmo sostenido pasando de 8.617.000 ha en 2002/2003 a 10.852.000 ha en 2007/2008 determinando un incremento del 26% entre ambas campañas.

De acuerdo al área ocupada los cultivos más importantes son trigo y soja. Entre 2002/03 y 2007/08 su importancia relativa se invierte, principalmente debido a la expansión del cultivo de soja en regiones que hasta entonces eran consideradas marginales. En términos productivos, Buenos Aires participa con alrededor del 56% de la producción nacional de trigo, 50% de girasol, 30% de maíz, 26% de soja y el 97% de cebada cervecera (MAGyP, 2012).

Ganadería

La ganadería bovina provincial, según registros de la Dirección Nacional de Sanidad Animal, SENASA, es desarrollada en 2009 por más de 53.000 establecimientos, concentrando aproximadamente el 37% de las cabezas vacunas a nivel nacional.

Las existencias se mantienen entre 2002 y 2007 relativamente estables, sin embargo la relación novillos-novillitos con respecto a vacas desciende de 45% a 40% señalando una disminución de la actividad de engorde de animales probablemente por el desplazamiento por parte de la agricultura, de la invernada de las regiones de mejor aptitud productiva.

La producción láctea se concentra en cuatro cuencas: Oeste, Abasto Sur, Abasto Norte y Mar y Sierras. La primera contribuye con el 60% de la producción de leche de la provincia y el 18% del total nacional. (Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, 2007).

La actividad ovina está presente en 17.742 establecimientos registrados por SENASA en 2009, reuniendo un total algo superior a 1.607.000 cabezas (10% del total de existencias ovinas en el País). La provincia es productora básicamente de lana cruda media y cruda gruesa, aportando aproximadamente el 70% del total nacional de esta lana, finura cuya demanda es de escasa importancia relativa. Producciones animales como la avicultura y porcicultura adquieren también relevancia provincial, particularmente en el noreste provincial. Con aproximadamente 19,1 millones de unidades faenadas en 2008, la provincia ocupa el segundo lugar como productora de carne aviar, aportando el 42% del total nacional (SENASA, 2009).

Esta caracterización productiva de la provincia amerita que se preste atención a herramientas que permitan evitar consecuencias negativas derivadas de eventos de inundación.

Inundaciones en la Provincia de Buenos Aires en agosto de 2012

Durante el mes de agosto de 2012 la región centro-este de Argentina, y en particular la Provincia de Buenos Aires, se vio severamente afectada por la ocurrencia de varios episodios de tormentas con abundantes precipitaciones. El registro de lluvias superó, en algunos casos, de 4 a 5 veces la media histórica para ese mes de agosto. Las

áreas más afectadas de la Provincia de Buenos Aires fueron la región central y sureste con una concentración de mayor intensidad sobre el cordón serrano del sistema de Tandilia. En las áreas rurales se colmaron los bajos y lagunas en las zonas altas, que provocaron el incremento de escurrimientos en arroyos y desbordes de los mismos en la cuenca baja. En la ciudad de Azul, de manera de disminuir las cíclicas crecidas y desbordes del arroyo Azul, se trabajó intensamente debido al gran avance de las aguas ya que la retirada de aguas en esta zona fue más lenta. En la zona del noreste de la provincia, han funcionado satisfactoriamente las obras de infraestructura hídrica como son: la limpieza del Río Areco, la Construcción de los Aliviadores del Puente Gavino – Tapía y la Limpieza del Arroyo Pergamino. La región noroeste se caracteriza por la ausencia de ríos, arroyos y cursos de agua que sean capaces de organizar un drenaje natural y la existencia de grandes bajos entre dunas longitudinales y lagunas. Dada esta situación, a través de años de trabajos planificados se ha logrado la posibilidad de un drenaje franco de toda la zona noroeste por medio del Canal Mercante – Jauretche – República de Italia, hacia el Río Salado, y han resultado satisfactorias todas las defensas de las localidades con riesgo de inundación (terraplenes de defensa y estaciones de bombeo).

El área sembrada de trigo y cebada al 28 de agosto es de 3.028.030 ha de las cuales 412.590 ha se vieron afectadas por el fenómeno climático, produciendo una pérdida total del 14% sobre el total del sembrado. Ver **Figuras N°9 y N°10** según datos publicados por el MAGyP. Las precipitaciones ocurridas en agosto -mes que se caracteriza por índices mínimos- generaron excesos de agua muy elevados en el centro y sudeste de la provincia con pérdidas además sobre el stock ganadero (principal actividad de la zona afectada) y también la producción apícola. La ganadería tuvo gran perjuicio en la pérdida de superficie en pastoreo (pasturas verdes y campo natural) y de terneros, en un momento en donde las vacas se encuentran en pleno proceso de parición.

Figura N°9. Superficie sembrada de trigo (ha.) según Campaña 2011-2012

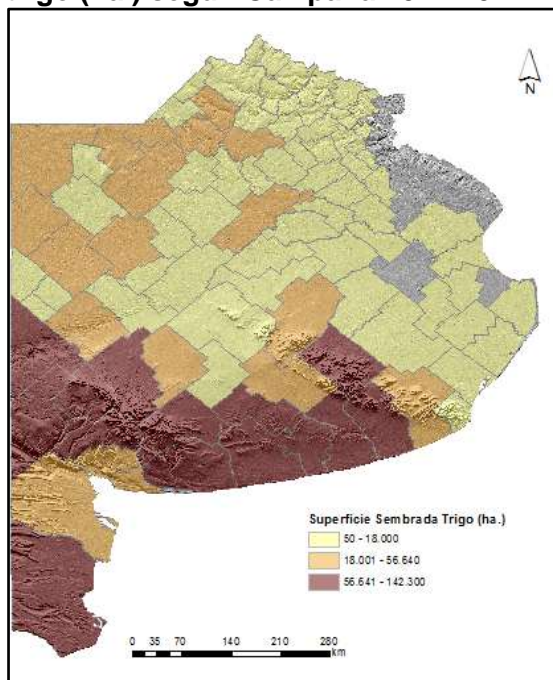
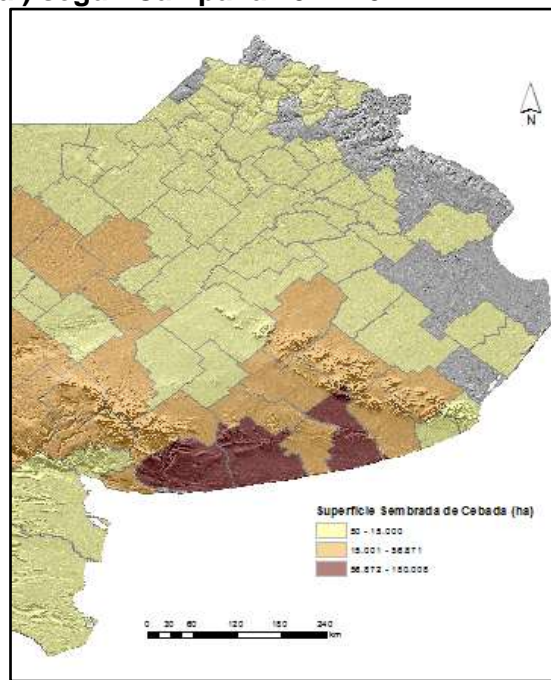


Figura N°10. Superficie sembrada de cebada (ha.) según Campaña 2011-2012



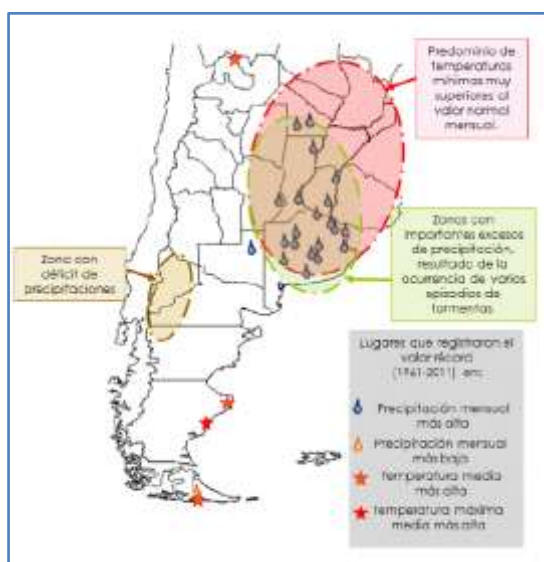
Fuente: Datos extraídos a partir de los publicados por el MAGyP, 2014

Principales anomalías climáticas y eventos extremos registrados para el mes de agosto de 2012

Las anomalías de precipitación con respecto a los valores normales presentaron fuertes excesos en el centro y este del país, dejando como resultado excesos del orden del 200 % hasta el 700 % con respecto a los valores mensuales normales para agosto de 2012 (**Figuras N°11**).

También se observa en la **Tabla N°1** que muchas de las localidades afectadas han superado la marca histórica en milímetros acumulados de lluvias con respecto a un período histórico de referencia. Durante agosto el centro y este del país se vio afectado por precipitaciones extraordinarias, lo que dio lugar a que muchas localidades registraran el agosto más lluvioso en varias décadas. Se observaron totales acumulados superiores a 200 mm en gran parte de las provincias de Buenos Aires y Entre Ríos.

Figura N°11. Principales anomalías y eventos extremos registrados para el mes de agosto de 2012



Fuente: Boletín Climatológico (SMN a, 2012)

Tabla N° 1. Récord de precipitación mensual más alta en agosto de 2012

Récord de precipitación mensual más alta en agosto de 2012				
Localidad	Lluvia acumulada (mm) en agosto 2012	Valor más alto (1961-2011)	Valor más alto histórico	Período histórico de referencia
Tandil	327,0	160,5 (2001)	239,5 (1913)	1902-2011
Azul	310,0	156,0 (2001)	194,0 (1913)	1900-2011
El Palomar	252,4	201,5 (1963)	201,5 (1963)	1956-2011
Aeroparque	233,8	203,4 (1989)	203,4 (1989)	1956-2011
Pergamino	232,6	133,4 (1976)	178,0 (1942)	1931-2011
Buenos Aires	228,0	218,6 (1989)	277,8 (1922)	1906-2011
San Miguel	225,7	191,7 (1963)	204,1 (1942)	1933-2011
Punta Indio	225,5	206,0 (2001)	206,0 (2001)	1925-2011
La Plata	226,0	211,9 (1963)	211,9 (1963)	1913-2011
Dolores	201,1	161,8 (1963)	319,4 (1926)	1878-2011
Pehuajó	201,0	101,8 (1992)	134,0 (1952)	1945-2011
Las Flores	199,1	140,7 (2001)	221,0 (1945)	1931-2011
Ezeiza	196,0	187,0 (2001)	187,0 (2001)	1956-2011
Tres Arroyos	178,0	136,2 (2002)	136,2 (2002)	1902-2011
San Pedro	166,8	137,0 (1976)	137,0 (1976)	1967-2011
Bolívar	164,0	131,9 (2002)	131,9 (2002)	1944-2011
Nueve de Julio	154,3	145,3 (1968)	160,3 (1951)	1902-2011
Coronel Suarez	144,5	104,5 (1983)	130,8 (1941)	1936-2011

Fuente: SMNa, 2012

En las Imágenes MODIS a bordo de la misión Terra de la NASA capturadas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) y los mapeos exhibidos por la entidad clarificaron a los miembros de la Comisión de Seguimiento Hídrico⁴, la situación y ubicación de las masas de agua acumulada en la provincia con fuerte presencia en el centro y sudeste del territorio, según se consignó en el informe publicado a principios del mes de septiembre. La imagen del 27 de agosto (**Figura N°13**) puede compararse con la imagen captada por el mismo sensor libre de nubes del 12 de agosto del mismo año (**Figura N°12**).

Figura N°12. Imagen del sensor MODIS, 12 de agosto 2012 (CONAE)¹

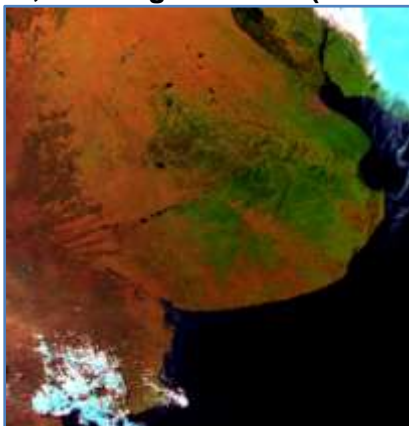
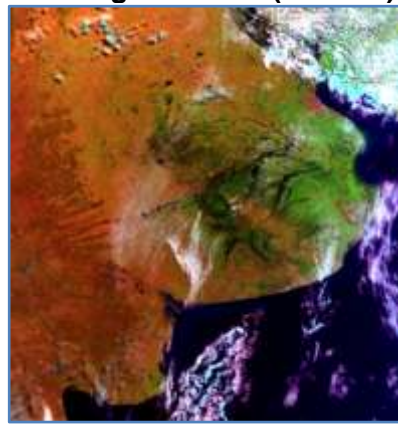


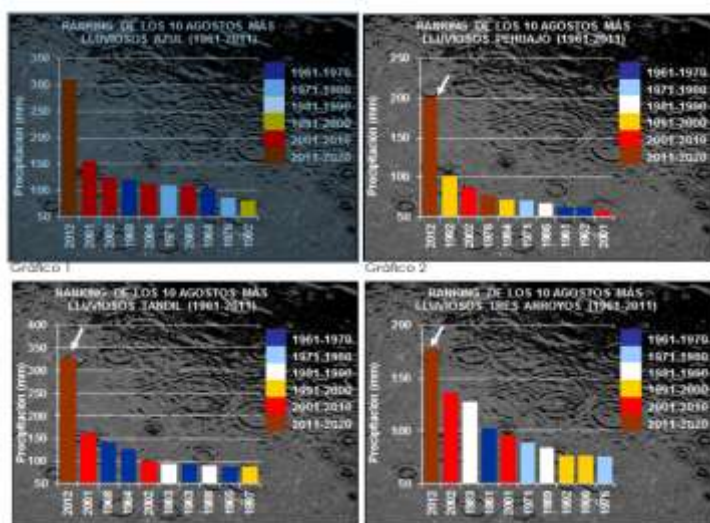
Figura N°13. Imagen del sensor MODIS, 27 de agosto 2012 (CONAE)¹



¹ La imagen, en combinación infrarrojo SWIR, muestra la vegetación en color verde brillante y aquellas zonas con presencia de agua en la superficie de color azul intenso.

Las precipitaciones acumuladas superaron los máximos históricos, llegando a caer en la zona centro de la provincia más de 300 milímetros. Las precipitaciones causaron el desborde de ríos y canales provocando graves inundaciones que dejaron un saldo de más de mil evacuados en distintas localidades de la Provincia de Buenos Aires. Las ciudades donde se registraron los valores más altos fueron Azul, Pehuajó, Tandil y Tres Arroyos (**Figura N°14**).

Figura N°14. Ránking de los 10 agostos más lluviosos de las áreas más afectadas: Ciudades de Azul, Pehuajó, Tandil y Tres Arroyos. Periodo 1961-2011



Fuente: SMN a, 2012

⁴ La Comisión está conformada por funcionarios y técnicos del Gobierno Provincial como los ministerios de Asuntos Agrarios y de Infraestructura, el Banco Provincia y la Agencia de Recaudación (ARBA), a los que se suman los representantes de entidades agropecuarias.

Figura N°14. Reserva de Agua útil en el Suelo en la Región Pampeana el 10/09/2012 (como porcentaje de la Capacidad de Agua útil Total)

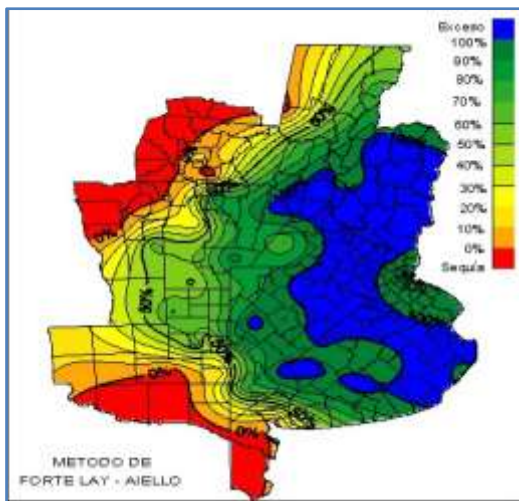
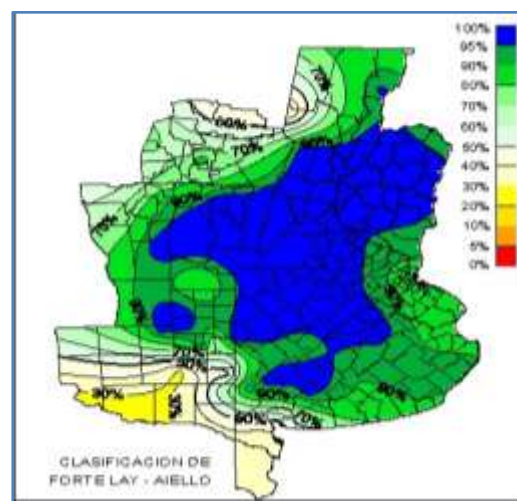


Figura N°15. Anomalía de la Reserva de Agua en el Suelo en la Región Pampeana el 10/09/2012 (respecto de igual fecha para el período 1971-2011)



Fuente: SMN, 2012

En la **Figura N°14** se visualiza tanto el norte de la Provincia de Buenos Aires (los suelos se encuentran con su capacidad de retención de agua colmada), como la cuenca baja del Río Salado como la más comprometida por la gran masa de agua que debe salir por esta vía hacia el mar. No obstante ello ya se habría producido el pico de crecida, y la situación tendía estabilizarse hacia el mes de septiembre. Desde el 22 de agosto a septiembre, el Río Salado a la altura del puente sobre la Ruta 3, en Gorchs, subió 2,86 metros, teniendo una cota de 20,69 metros. Por su parte, el Canal 9, a la altura del partido de Pila, manifestó un importante descenso tendiendo a normalizarse. Finalmente, la zona del sudoeste, caracterizada como semiárida, no pudo restablecer su equilibrio en su balance hídrico, a pesar de las precipitaciones ocurridas en entre agosto y septiembre. En cambio, la **Figura N°15** muestra la anomalía de la reserva de agua en el suelo respecto de igual fecha para el período 1971-2011, la cual indica áreas de la Provincia de Buenos Aires extremadamente más húmedas que lo habitual.

En la **Figura N°16** se verifica la correlación entre EVI⁵ a partir del procesamiento de imágenes MODIS y zonas de inundación la región hidrogeológica del noroeste, sector oeste de la cuenca del Salado-Vallimanca y el Inteserrano de Buenos Aires; verificado por las tonalidades azules que indican las áreas anegadas. Por su parte, también se corrobora áreas de anegabilidad en el sector Norpatagónico que desde el verano estaban en emergencia agropecuaria por sequía.

En este sentido el Índice de Vegetación EVI, puede ser definido como un parámetro calculado a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, y es particularmente sensible a la cobertura vegetal (Gilabert *et al.*, 1997). Es decir, que los cambios, en el valor del Índice de Vegetación a través del tiempo permitirían decir si un campo en determinado mes o año, en términos de cobertura vegetal y/o biomasa, está en mejor o peor condición respecto de sus valores normales (históricos).

⁵ EVI (*Enhanced Vegetation Index*) es un índice que marca vigor vegetal. El EVI es calculado a partir de un algoritmo que toma las bandas Roja, Infrarroja Cercana e incluye la banda azul junto con coeficientes de corrección atmosférica y del efecto del suelo desnudo (Gilabert *et al.*, 1997)

Ante la escasa disponibilidad de información meteorológica confiable y la necesidad de disponer de una herramienta rápida y objetiva para la toma de decisiones en políticas agropecuarias, y por pedido de los organismos provinciales y asociaciones de productores, se buscó desarrollar esta metodología para monitorear a través de sensores remotos los sistemas naturales durante la estación de crecimiento.

Por otro lado, se propone contribuir a los decisores políticos con estas metodologías para el monitoreo de áreas productivas vulnerables a eventos climatológicos extremos. Ya que la ausencia de información quedó evidenciada con la declaración de Emergencia Agropecuaria en municipios que aún no tenían áreas afectadas tal como lo demuestra la **Figura N°17**, a mediados de septiembre de 2012.

Figura N°16. Correlación índice EVI con las regiones hidrogeológicas

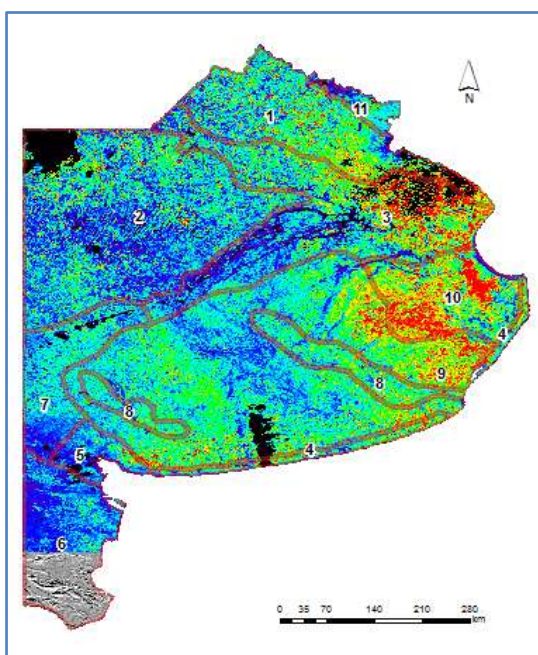
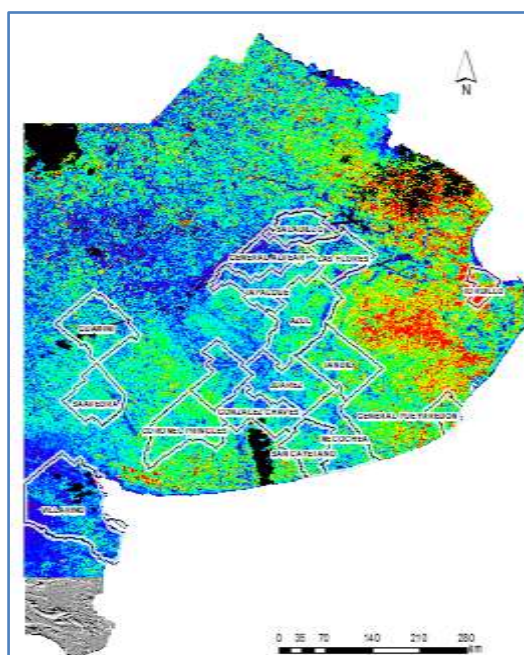


Figura N°17. Los primeros municipios declarados en Emergencia Agropecuaria



Fuente: Índice EVI, a partir de imágenes del sensor MODIS, 10 de septiembre de 2012

En cambio, tal como lo demuestra el mapa de áreas afectadas publicado por la Confederación de Asociaciones Rurales de Buenos Aires y La Pampa (CARBAP)⁶ y el obtenido por el índice EVI del mismo mes, muestra correlación de las áreas inundadas.

Finalmente, los distritos que abarcó la Emergencia Hídrica⁷ por inundaciones para el mes de septiembre fueron: Azul, Bolívar, Carlos Casares, Carlos Tejedor, Daireaux, Florentino Ameghino, General Alvear, General Pinto, General Viamonte, General Villegas, Hipólito Yrigoyen, Lincoln, 9 de Julio, Olavarría, Pehuajó, Rivadavia, Tapalqué, Trenque Lauquen y 25 de Mayo, cuyas poblaciones van desde los 111.000 habitantes, como es el caso de Olavarría, hasta 8.880 como ocurre en Ameghino. Aproximadamente la población afectada fue de aproximadamente 600.000 personas. Hacia fines de ese año aproximadamente alcanzaron 40 municipios con emergencia

⁶ CARBAP estimó 10 millones de ha afectadas en la Provincia de Buenos Aires, con pérdidas que alcanzaron los 4.500 millones de pesos en cultivos, ganadería e infraestructura.

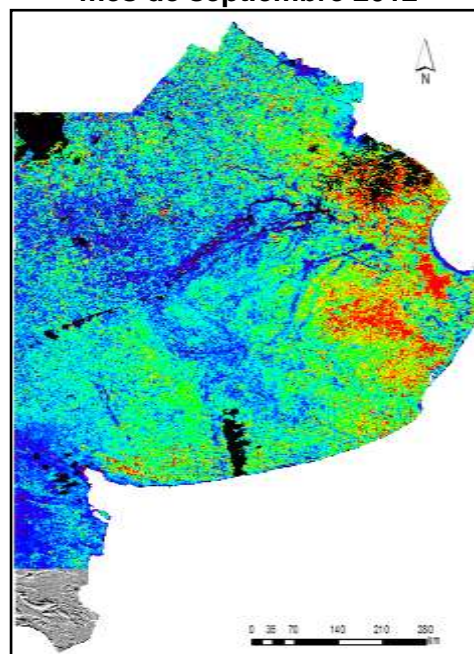
⁷ El estado de "emergencia" permite la "postergación" del pago de impuestos, mientras que el "desastre" puede obtener exenciones de manera permanente.

y/o desastre agropecuario por desbordes y acumulación de agua que denotaron la urgencia por la finalización de Obras Hidráulicas en las diversas cuencas y sistemas hídricos provinciales (**Figuras N°18 y N°19**).

Figura N°18. Áreas afectadas por inundación según CARBAP, 4/09/2012



Figura N°19. Correlación Índice EVI y zonas de inundación registrada en el mes de septiembre 2012



Fuente: Confederación de Asociaciones Rurales de Buenos Aires (CARBAP), 2012.

Conclusiones

La tecnología SIG combinada con la Teledetección resultó eficaz a los fines perseguidos en este proyecto. Es decir, este trabajo persiguió por un lado, construir una metodología de trabajo en la consideración de las siguientes características de superficie, relacionadas con las inundaciones:

- Topografía en general, la dirección de la pendiente del terreno y su rugosidad;
- Geomorfología en general; e
- Hidrología y la extensión de las inundaciones recurrentes.

Mientras que por otro lado, se procedió a la ejecución de técnicas de procesamiento digital de imágenes satelitales para la identificación de indicadores de exposición. Esto último podría complementar la información de los datos hidrológicos que en muchos países como el nuestro, son insuficientes o no existentes. Ya que, las evaluaciones del peligro de inundaciones, basadas en mediciones directas, pueden no ser posibles porque no hay una base para determinar los niveles específicos de inundación y los intervalos de recurrencia para determinados eventos. Por lo tanto, se pueden realizar modelos predictivos para evaluar el riesgo hídrico en base a datos de percepción remota, estudios multitemporales y complementados con trabajo de campo.

La tecnología de percepción remota es especialmente útil antes y durante el proceso de planificación regional. Con los métodos propuestos de teledetección espacial en este trabajo, las áreas de inundación pueden ser determinadas a una escala aproximada de hasta 1:50.000 en toda la cuenca fluvial de los ríos. La integración de la información obtenida mediante técnicas de teledetección espacial con otras variables geográficas en un Sistema de Información Geográfica facilitaron las tareas de generalización cartográfica, integración de variables espaciales, ejecución del modelado del relieve, almacenamiento y visualización de los resultados.

Las inundaciones en las zonas de la Provincia de Buenos Aires se originaron sobre todo por causas climáticas y edáficas. Sin embargo, los análisis realizados de la *Evolución de la infraestructura de circulación y de la Ubicación de Obras de ingeniería hidráulica*, así como de la *Evolución de la mancha urbana y el desarrollo de Usos del suelo que modifican el drenaje*, permiten afirmar que las causas de las inundaciones en el área en estudio, son intensamente agudizadas por factores antrópicos. Sería deseable que se preste la debida atención a este fenómeno para evitar consecuencias no deseadas.

Referencias bibliográficas

- ANDRADE, M.I. et al (2003)a "Planificación y gestión integral de los recursos hídricos. Caracterización del riesgo hídrico". En: MAIOLA, O.; GABELLONE, N. y HERNÁNDEZ, M. (ed.) *Inundaciones en la Región Pampeana*. EDULP, La Plata. ISBN 950-34-0246-8.
- ANDRADE, M.I. et al (2003)b "Problemática de inundaciones en el Gran La Plata: mapa de riesgo hídrico desde la Teoría Social del Riesgo". En: *Pensar La Plata. Políticas públicas, Sociedad y Territorio en la década de los noventa*. La Plata. Ediciones Al Margen. ISBN N° 987-1125-25-8. Diciembre de 2003.
- ANDRADE, M. I. (2007) *Agua, desarrollo e incertidumbre*. International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change –IHDP- Agencia Nac. de Promoción científica y Tecnológica – UNLU. Cap.4. Pág. 197 a 214. ISBN 978-987-05-3296-5.
- ANDRADE, M.I. (2009) "Aplicación de la TD en la obtención de datos para mitigar la incertidumbre en el riesgo hídrico. Fenómenos de inundaciones y sequías en Buenos Aires, Argentina". En: *Teledetección. Agua y Desarrollo Sostenible*. Editores: Salomón Montesinos Aranda y Lara Fernández Fornos. ISBN 978-84-613-4257-0. Calatayud. Septiembre de 2009.
- ANDRADE, M.I. (2010) "Evaluación de la vulnerabilidad social aplicado al problema del manejo del agua". En: *El Agua, un desafío para la humanidad*. Editores: Rodríguez, Marta Elena y Alba Nelly Ardila Arias. III Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua. Córdoba. 6, 7 y 8 de octubre de 2010 ISBN 978-987-1253-76-0. Versión en CD.
- ANDRADE, M.I., LUCIONI, N. e IEZZI, L. (2012). "Factores de riesgo de inundaciones en el Gran La Plata, Argentina". En: *IX Jornadas Nacionales de Geografía Física*. Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, del 19 al 21 de abril de 2012. 14-24 pp. ISBN 978-987-1648-32-0.
- AUGE (2004) *Regiones Hidrogeológicas. República Argentina y provincias de Buenos Aires, Mendoza, Santa Fe*. La Plata, Argentina.
- BERRI, G. (2001) "Hidrometeorología de las inundaciones en la Argentina y en el AMBA". En: *KREIMER, A., KULLOC, D. y VALDÉS, J. (ed.) Inundaciones en el Área Metropolitana de Buenos Aires*, Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial, Washington, D.C., EE.UU.
- BLAIKIE, P., CANNON, F. IAN, D. Y B. WISNER (1998) *Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres*. Bogotá, LA RED/ITDG.
- CARBAP (2012) *Áreas afectadas por inundación*. En: *Conferencia de Prensa*. Buenos Aires, Argentina.
- CHUVIECO SALINERO, E. (2002) *Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio*. España.
- DEGIOANNI, A., CISNEROS, J. Y S., RANG (2001) "Teledetección y SIG para la gestión hidrológica del territorio". En: *Revista de Teledetección N° 15*, mes de junio.
- DEL BARCO, P., TARDITO, R. Y S. GRACIANO (2003) "Aplicación de la teledetección en áreas de riesgo hídrico. Caso de estudio: sistema Arroyo Saladillos y río San Javier, provincia de Santa Fe". En: *Primer Congreso de la Ciencia Cartográfica, VIII Semana Nacional de cartografía*, 25, 26 y 27 de junio de 2003.

Dirección de Ganadería - Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires (2012) *Datos Estadísticos Agropecuarios*. Buenos Aires, Argentina.

FUNTOWICZ, S. (1994) "Epistemología política. Ciencia con la gente". En: *Serie Documentos e Informes de Investigación N° 187*, Mayo 1994, FLACSO, Buenos Aires, Argentina.

GILABERT, M. et al. (1997) "Acerca de los Índices de Vegetación". En: *Revista de Teledetección N°8*. Departamento de Termodinámica, Facultad de Física, Universidad de Valencia. España. Diciembre 1997.

GONZÁLEZ ALONSO (1994) "El papel de la teledetección en la gestión de los recursos naturales y en el entorno". En: *Fronteras de la ciencia y la tecnología, N° 5*, mes de julio/ septiembre.

GONZÁLEZ, N. (2005) "Los ambientes hidrogeológicos de la Provincia de Buenos Aires". En *Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires*. Velatorio XVI Congreso Geológico Argentino, La Plata.

HERNÁNDEZ, M., et al. (2003) "Importancia de la caracterización física del riesgo hídrico en la llanura húmeda". En: *MAIOLA, O.; GABELLONE, N. y HERNÁNDEZ, M. (ed.) op cit.*

IGM (1995) *Cartografía Digital de Recursos Hídricos*, escala 1:250.000. Argentina

IGN (2002) Mapa de la Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

INTA (1995) *Atlas de Suelos de la República Argentina*, escala 1:1.000.000. INTA de Castelar, Buenos Aires, Argentina.

INTA (2013) Mapas de Suelos, escala 1:50.000. INTA de Castelar, Buenos Aires, Argentina.

KRUSE, E. Y LAURENCENA, P. (2005) "Aguas superficiales. Relación con el régimen subterráneo y fenómenos de anegamiento". En *Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires*. Velatorio XVI Congreso Geológico Argentino, La Plata.

LUCIONI, N (2006) *Identificación de áreas con riesgo de inundación en la porción nordeste de la Provincia de Buenos Aires. Período 1980.2003*. Trabajo Final de Carrera de Especialización en Teledetección y SIG aplicados al estudio del medio ambiente. Universidad Nacional de Luján. Inédito.

MAGyP (2012) *Series Temporales de Cultivos por Campaña*. Argentina.

Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires (2007) *Datos Estadísticos sobre Producción Lechera*. Buenos Aires, Argentina.

MINUJIN, A. (1999) "¿La gran exclusión? Vulnerabilidad y exclusión en América Latina". En: Filmus, D. – comp.-: *Los noventa. Política, sociedad y cultura en América Latina y Argentina de fin de siglo*. Buenos Aires, Flacso-Eudeba.

MOPU (1990) *Teledetección: su utilización en la cuantificación y seguimiento de recursos hidráulicos aplicados al regadío. Proceso digital de imágenes LANDSAT TM de La Mancha Occidental*. N° 51, Madrid.

NATENZON, C. (1995): *Catástrofes naturales, riesgo e incertidumbre*. Buenos Aires, FLACSO, Serie de Documentos e Informes de Investigación N° 197.

ORMEÑO VALLEJOS, S. (1993) *Teledetección fundamental*. Universidad Politécnica, Madrid.

REBELLA, C. Y D. GONIADZKI (2003) "Sistema de monitoreo hídrico para la Región pampeana central y Cuenca del Río Salado bonaerense". En: *Inundaciones en la región pampeana*. Mamola, Gabellone y Hernández. Editores. EDULP. ISBN N° 950-34-0246-8. La Plata, Argentina.

SENASA (2009) *Datos estadísticos sobre Indicadores Ganaderos*. Buenos Aires, Argentina.

SMN (2012)a *Boletín Climatológico 2012*. Volumen XXIV – N°08, mes de agosto.

SMN (2012)b *Listado de Estaciones Meteorológicas y Automáticas*. Argentina.

TCHILINGUIRIAN, P.; AZCURRA, D.; KAKU, M.; Y G. CANDAOSA (2003) "Aplicación de imágenes satelitales ASTER en zonas inundadas, Laguna Picasa, provincia de Santa Fe". En: *Primer Congreso de la Ciencia Cartográfica y VIII Semana Nacional de Cartográfica*, Buenos Aires 25-27 de junio.

VENTIMIGLIA, L.; CARTA, H. y S. RILLO (2003) "Inundaciones: un problema para todos". En: *MAIOLA, O.; GABELLONE, N. y HERNÁNDEZ, M. (ed.) op cit.*