

LA VINCULACIÓN DE ESTUDIOS DE RECURRENCIA E IMÁGENES SATELITALES EN LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN ÁREAS RURALES DE LLANURA

Ing. Hugo R. ROHRMANN

Director del Área Estudios Básicos de la Administración Provincial del Agua (APA)
Marcelo T. de Alvear 32 – Resistencia – CP 3500 – Provincia del Chaco – República Argentina
hugo.rohrmann@ecomchaco.com.ar

Ing. MSc. Miguel A. VALIENTE

Coordinador del equipo de trabajo de Zonificación de Áreas de Riesgo (APA)
Marcelo T. de Alvear 32 – Resistencia – CP 3500 – Provincia del Chaco – República Argentina
miguelvaliente@argentina.com

RESUMEN

En el marco de la planificación y gestión territorial en áreas rurales de llanura, existen diversas metodologías que promueven su ordenamiento y regulación sobre la base de distintos condicionantes como por ejemplo, el riesgo asociado de una determinada actividad productiva frente a factores predominantemente naturales. En ese sentido, una contingencia esperable directamente relacionada con los recursos hídricos, se materializa en la incorrecta selección de zonas productivas que con determinada frecuencia, presentan anegamientos importantes producto de intensas precipitaciones y una desfavorable situación topográfica que en conjunto, permiten la acumulación de excesos hídricos superficiales no deseados. En este contexto, la zonificación de riesgo por inundación aparece como una estrategia no estructural firme y eficiente en la corrección y minimización de dicha anomalía. Este documento presenta una alternativa metodológica simple e interesante que permite la identificación de zonas de riesgo por inundación a escala de semi-detalle, fundamentada en la vinculación entre un mapeo de áreas anegadas visibles en imágenes satelitales Landsat 5 TM y 7 ETM+ y un análisis estadístico de precipitaciones máximas regionales, ante la falta de datos seriados de áreas inundadas. Esta articulación posibilita en forma indirecta, la estimación de diferentes categorías de riesgo hídrico (severo, alto, moderado y leve), en función de los distintos tiempos de recurrencia asignados a la variable probabilística considerada.

PALABRAS CLAVE

Probabilidad, imágenes satelitales, zonificación de riesgo, inundación, llanura.

INTRODUCCIÓN

Se aborda en este documento, una descripción metodológica acerca de un procedimiento de mapeo de áreas de riesgo hídrico por inundación en áreas rurales de llanura que utiliza por un lado, la interpretación y clasificación de imágenes de satélite de la plataforma Landsat y por otro, un estudio estadístico-probabilístico de precipitaciones máximas que generan dichas inundaciones. Esta técnica de mapeo ha sido calibrada en el trabajo de *Zonificación de riesgo hídrico agropecuario – 1ra Etapa: Sudoeste de la Provincia del Chaco* (Rohrmann et al, 2004), llevado a cabo por el equipo de investigación del Área Estudios Básicos de la Administración Provincial del Agua, en donde quedan identificadas cartográficamente, aquellas áreas con diferentes categorías de riesgo de inundación frente a condiciones de excesos hídricos superficiales.

Una parte del objetivo del mencionado trabajo fue determinar las áreas de riesgo hídrico en el sudoeste de la provincia, sobre la base de información cartográfica existente en distintas reparticiones del orden provincial y nacional, imágenes satelitales y datos diarios de precipitaciones, de manera de conformar una base geográfica con el mapeo de zonas identificadas con distintos niveles de riesgo, teniendo en cuenta que allí se desarrolla el 70 % de la producción agropecuaria provincial.

La zonificación propuesta conlleva por un lado, a la coordinación, planificación y programación adecuada los trabajos agropecuarios y de las inversiones estatales relacionadas al manejo de excesos hídricos tales como canales, alcantarillas, caminos, rutas, represas, perforaciones, etc., ya que sugiere un ordenamiento general del territorio y por otro, facilita el establecimiento de un marco que encuadre el accionar estatal y privado asociado a declaraciones de emergencia agropecuaria con medidas de excepción impositiva, otorgamiento de seguros agrícolas, control de créditos de promoción y mejor aprovechamiento de los subsidios por desastres naturales, sobre todo, ante la ocurrencia de inundaciones. De este modo, se busca asegurar el desarrollo sustentable de la actividad agropecuaria, basado en tres pilares claves: la potencialidad de los suelos y su adecuado manejo, la ubicación geográfica de los inmuebles y las condiciones hidrológicas en las cuales están insertos.

ALCANCE TERRITORIAL

El área de influencia de la zonificación comprendió parte de la dorsal agrícola central de la Provincia del Chaco, abarcando las cuencas: 11-Bajos de Chorotis, 10-Línea Paraná (Sub-cuencas Módulos I, II, III y Río Muerto Las Colonias), 9-La Rica- Sábalo y 8-Tapenagá, estas dos últimas en sus cuencas altas, cubriendo totalmente los Departamentos Fray Justo Santa María de Oro, 2 de Abril, 12 de Octubre, Chacabuco, 9 de Julio, General Belgrano, Mayor Luis Jorge Fontana, O'Higgins y San Lorenzo y parte del Maipú, Independencia, Comandante Fernández y Quitilipi, según se aprecia en la Fig. 1.

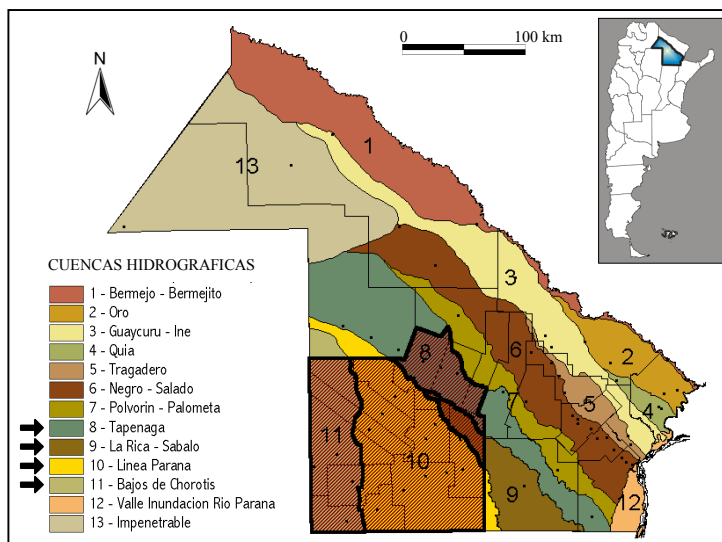


Fig. 1: Alcance territorial de la Zonificación de riesgo hídrico agropecuario (área rayada), con las cuencas hidrográficas y división política. Sudoeste de la Provincia del Chaco. Adaptado de APA, 2003.

El área descripta cubre una superficie de 2.236.911 has (22,5% del total provincial). Se trata de la denominada dorsal agrícola chaqueña y presenta un marcado interés desde el punto de vista productivo ya que en ella se desarrollan actividades agropecuarias de relevancia. Comprende una vasta extensión de escasa pendiente regional (10 a 35 cm/km) sin ríos, con fuertes concentraciones de eventos de precipitaciones que ocasionan situaciones frecuentes de inundación debido a la dificultad en el escurrimiento superficial. Se insertan en esta región, las localidades de Presidencia Roque Sáenz Peña, Villa Angela, Charata, Las Breñas, Corzuela, General Pinedo, entre otras.

INFORMACIÓN BÁSICA

Se han utilizado distintas fuentes de información tanto para el armado de la base cartográfica como para el análisis de precipitaciones que dio origen al cálculo de los tiempos de recurrencia. Sin embargo y por tratarse de un trabajo netamente de mapeo, aquellos documentos gráficos (mapas) ya editados por distintos organismos nacionales y provinciales han sido de gran utilidad. A continuación, se resume el resultado de la recopilación de antecedentes, divididos en tres grandes grupos: (a) cartografía disponible, (b) imágenes satelitales y (c) precipitaciones diarias:

a) Cartografía disponible

Cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM)

- Información contenida: Límites provinciales y departamentales, ciudades, caminos primarios y secundarios, curvas de nivel (eq.dist. = 2,50 m), colonias y ciudades, etc.
- Escala: 1:50.000 y 1:100.000
- Geo-referenciación: Coordenadas geodésicas en el Sistema Campo Inchauspe
Coordenadas planas Gauss-Krüger
- Cartas utilizadas: Total: 54 cartas: 48 en escala 1:50.000 y 6 en escala 1:100.000

Otras fuentes de cartografía

- Plano catastral de la Provincia del Chaco – Dirección de Catastro de la Provincia del Chaco
- Relevamientos con navegadores satelitales de las estaciones pluviométricas de medición.
- Cartas topográficas varias y de hidrodinámica superficial en escala 1:75.000 de la Ex Unidad Técnica Operativa Chaco del Convenio Bilateral: C.F.I. - Provincia del Chaco
- Planos varios en distintas escalas en formato papel y digital de la Administración Provincial del Agua – Áreas: Estudios Básicos y Asuntos Rurales

b) Imágenes satelitales

Se han utilizado imágenes satelitales de la plataforma Landsat 5 TM y 7 ETM+, correspondientes a las órbitas 227-079, 228-078 y 228-079 (Fig. 2) de distintas fechas, suministradas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en forma gratuita para la Administración Provincial del Agua para la elaboración de la zonificación de riesgo hídrico agropecuario.

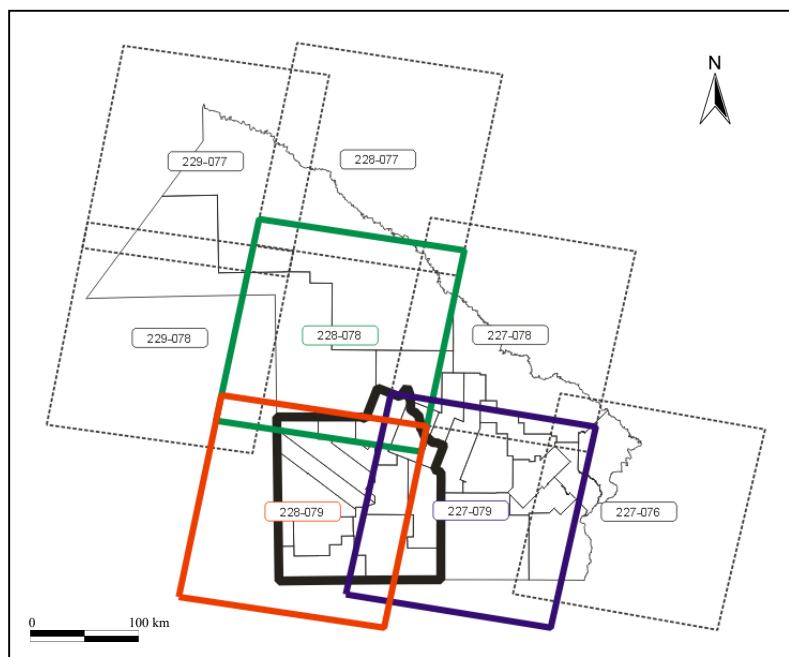


Fig. 2: *Orbitas del satélite Landsat en la Provincia del Chaco con el resaltado de las imágenes utilizadas en el área de la zonificación.*

c) Precipitaciones diarias

El estudio requirió la carga, depuración y puesta a punto de datos diarios de precipitaciones de 23 estaciones pluviométricas que la Administración Provincial del Agua posee en la región del área de influencia, con datos propios suministrados por distintas fuentes (Policía, particulares, etc.) y con la colaboración de la Dirección de Suelos y Agua Rural del Ministerio de la Producción de la Provincia del Chaco. La longitud de los datos registrados en las estaciones es en promedio de 50 años y la ubicación geográfica de las mismas puede ser evidenciada en la Fig. 3.

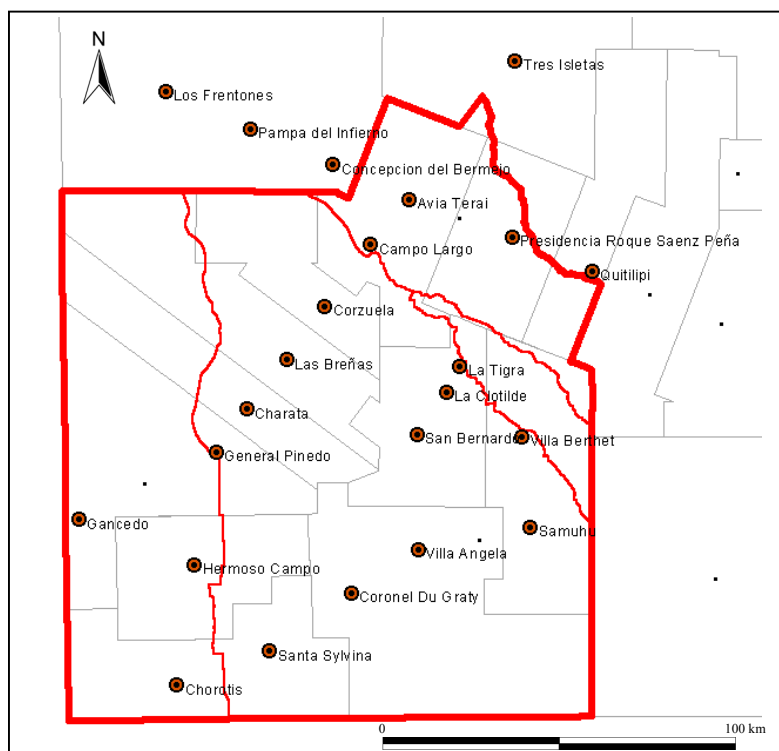


Fig. 3: *Estaciones pluviométricas con datos diarios de precipitaciones utilizadas en el estudio.*

El resumen de las estaciones pluviométricas con la longitud de los datos registrados es ofrecido en la Tabla 1.

Tabla 1: *Detalle de la longitud de datos diarios cargados en la base de precipitaciones*

Estación	Base de datos		
	desde	hasta	Longitud
Avia Terai	01 / Set / 1956	31 / Ago / 2003	47 años
Campo Largo	01 / Set / 1956	31 / Ago / 2003	47 años
Charata	01 / Set / 1954	31 / Ago / 2003	49 años
Chorotis	01 / Set / 1956	31 / Ago / 2003	47 años
Concepción del Bermejo	01 / Set / 1956	31 / Ago / 2003	47 años
Coronel Du Graty	01 / Set / 1975	31 / Ago / 2003	28 años
Corzuela	01 / Set / 1956	31 / Ago / 2003	47 años
Gancedo	01 / Set / 1956	31 / Ago / 2003	47 años
General Pinedo	01 / Set / 1954	31 / Ago / 2003	49 años
Hermoso Campo	01 / Set / 1954	31 / Ago / 2003	49 años
La Clotilde	01 / Set / 1977	31 / Ago / 2003	26 años
La Tigra	01 / Set / 1978	31 / Ago / 2003	25 años
Las Breñas	01 / Set / 1954	31 / Ago / 2003	49 años
Los Frentones	01 / Set / 1954	31 / Ago / 2003	49 años
Pampa del Infierno	01 / Set / 1978	31 / Ago / 2003	25 años
Presidencia Roque Sáenz Peña	01 / Set / 1930	31 / Ago / 2003	73 años
Quitilipi	01 / Set / 1954	31 / Ago / 2003	49 años
Samuhú	01 / Set / 1954	31 / Ago / 2003	49 años
San Bernardo	01 / Set / 1959	31 / Ago / 2003	44 años
Santa Sylvina	01 / Set / 1954	31 / Ago / 2003	49 años
Tres Isletas	01 / Set / 1954	31 / Ago / 2003	49 años
Villa Angela	01 / Set / 1947	31 / Ago / 2003	56 años
Villa Berthet	01 / Set / 1952	31 / Ago / 2003	51 años

METODOLOGÍA

La evolución de la zonificación de áreas de riesgo por inundación tuvo dos ejes o tareas fundamentales. En primer término, (a) se necesitó compatibilizar toda la información básica de cartografía y de precipitaciones en un sistema de base de datos geográfico de manera de permitir la superposición geo-referenciada de los mapas base y obtener así una correlación uniforme entre las capas de información. En segundo lugar, (b) la carta de riesgo hídrico surgió en base a la interpretación de las imágenes satelitales disponibles (de donde se extractaron las zonas anegadas visibles), vinculadas al análisis estadístico de información pluviométrica.

a) Conformación del SIG

La elaboración del SIG se basó en los lineamientos propuestos en el trabajo “Sugerencias metodológicas para Zonificación de Riesgo Hídrico por Inundación en Áreas Rurales de Llanura” (Valiente, 2003). El primer paso consistió en el escaneado de las cartas topográficas del IGM (en formato papel), las que se encuentran geo-referenciadas tanto en coordenadas geodésicas (grados, minutos y segundos - Campo Inchauspe) como en coordenadas planas. Seguidamente, se ajustó dicha información al sistema oficial del IGM: Gauss-Krüger.

Una vez geo-referenciadas las cartas del IGM, se extrajeron de las mismas a formato vectorial, las topologías mas significativas como ser las rutas nacionales y provinciales, caminos terciarios, redes ferroviarias, nombre de ciudades, colonias, parajes, productores, etc. de manera de utilizar esta

información en la geo-referenciación del resto de la cartografía recopilada que no posee dicho ajuste. Finalmente y según ya se ha anticipado, se procedió al escaneo, geo-referenciamiento y digitalización de toda la información cartográfica restante (cartas de suelos, imágenes satelitales, cartas de hidrodinámica superficial, etc.), relacionándose las mismas a la base del IGM y catastro rural, ajustándose con relevamientos e información disponible en distintos organismos públicos de la Provincia del Chaco (planimetría de canales, recorridos GPS, etc.).

Toda esta información contenida en el SIG permitió el trazado, ajuste y actualización de las cuencas hidrográficas y módulos de saneamiento insertas en el área de influencia de la zonificación, lo cual representó un avance fundamental en la gestión de la información cartográfica generada.

b) Cartografía de Riesgo Hídrico

La elaboración del mapa de riesgo hídrico por excesos superficiales producto de lluvias intensas en la zona de influencia requirió por un lado, un estudio estadístico de precipitaciones regionales que puedan ser asociados indirectamente a estados de inundación importantes con perjuicio en la actividad agrícola-ganadera y por otro, la identificación de áreas inundadas observables en las imágenes satelitales. Esto se hizo con el objeto de asociar y estimar distintas categorías o niveles de riesgo por inundación para un área determinada a través de una correlación entre las recurrencias de las precipitaciones y las áreas anegadas.

Estudio de precipitaciones y niveles de riesgo de inundación

El estudio del régimen de precipitaciones se concibió teniendo en cuenta la afectación por áreas de las lluvias. Para ello, se tuvieron en cuenta los registros puntuales en las cuencas o módulos y su distribución espacial (de los pluviómetros), en el entorno geográfico de interés. Con el auxilio de la conformación de polígonos de Thiessen (Chow *et al*, 1988), se han confeccionado los datos diarios de precipitaciones por áreas (5 en total), coincidentes con las zonas históricamente más afectadas por las inundaciones: (1)Tapenagá, (2)La Rica-Sábalo, (3)Línea Paraná – Sub-cuenca Río Muerto Las Colonias, (4)Línea Paraná – Sub-cuenca Módulos I, II y III y (5)Bajos de Chorotis.

Haciendo un resumen de la información pluviométrica procesada según el método descrito, se presenta la Fig. 4 que representa el comportamiento de las precipitaciones promedio mensuales en las cuencas analizadas (50 años de registro en promedio), según el año hidrológico asociado a las cuencas de esta región, que comienza en Septiembre y culmina en Agosto.

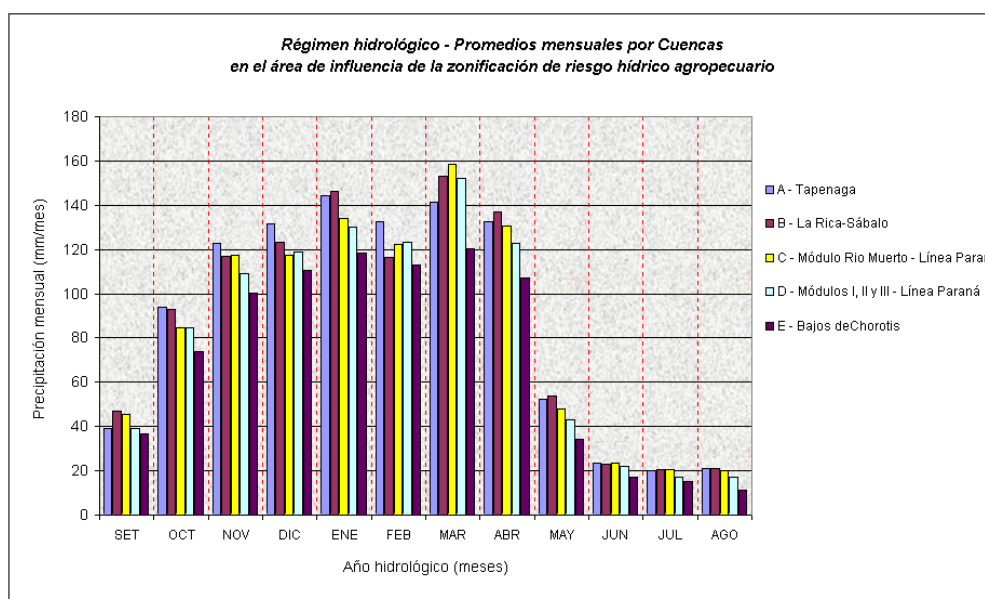


Fig. 4: Comportamiento del régimen de precipitaciones en el área de influencia de la zonificación de riesgo hídrico agropecuario, calculado por cuencas.

Con la información pluviométrica diaria conformada por cuencas, se procedió al cálculo de la variable estadística “máximos precipitados en 60 días consecutivos” por cada cuenca por año hidrológico, con el objeto de asociarlos a estados de inundación relevantes y posibles de ser visualizados en las imágenes satelitales, teniendo en cuenta los análisis y las consideraciones técnicas pertinentes hechas en trabajos antecedentes similares (Rohrmann *et al*, 2004; Tymkiw, 1994; etc.).

El cálculo de los tiempos de recurrencia (o probabilidades de ocurrencia) por cuencas de la variable hidrológica adoptada fue realizado mediante la aplicación del modelo probabilístico AF-MULTI (Paoli *et al*, 1991), que permite el ajuste de las series conformadas según las siguientes siete distribuciones teóricas: Log Gauss, Gumbel, GEV, Pearson, Log Pearson, Exponencial y Wakeby.

La vinculación final entre las fotografías satelitales y los tiempos de recurrencia de las inundaciones fue posible realizarla teniendo en cuenta que la mayoría de las imágenes fueron tomadas en épocas de anegamiento importantes y que el período de máximos precipitados en 60 días es antecedente a la fecha de cada imagen. Esta singularidad permite asociar las imágenes satelitales disponibles con estimaciones de frecuencia de las inundaciones.

En las tablas siguientes (Tablas 2, 3, 4, 5 y 6), se presenta el resumen por cuencas del estudio de probabilidades y su asociación a las imágenes satelitales de interés para la zonificación de riesgo hídrico. En las mismas, se ha incorporado una columna adicional con 4 rangos de tiempo de recurrencia propuestos dentro del cual se inserta cada imagen satelital y que van de: TR < 2 años; 2 años < TR < 5 años; 5 años < TR < 15 años; y TR > 15 años.

Tabla 2: Resumen de Tiempos de recurrencia asignados a imágenes satelitales para **Tapenagá**

Año hidrológico	Fecha Imagen satelital	Tiempo de recurrencia (TR)	Rango de TR
2002 / 2003	Febrero / 2003	7,4 años	5 años < TR < 15 años
2001 / 2002	Mayo / 2002	15,7 años	TR > 15 años
2000 / 2001	Mayo / 2001	< 1 año	TR < 2 años
1997 / 1998	Mayo / 1998	4,2 años	2 años < TR < 5 años

Tabla 3: Resumen de Tiempos de recurrencia asignados a imágenes satelitales para **La Rica - Sábalo**

Año hidrológico	Fecha Imagen satelital	Tiempo de recurrencia (TR)	Rango de TR
2002 / 2003	Febrero / 2003	2,4 años	2 años < TR < 5 años
2001 / 2002	Mayo / 2002	1,8 años	TR < 2 años
1997 / 1998	Mayo / 1998	6,1 años	5 años < TR < 15 años

Tabla 4: Resumen de Tiempos de recurrencia asignados a imágenes satelitales para **Río Muerto Las Colonias**

Año hidrológico	Fecha Imagen satelital	Tiempo de recurrencia (TR)	Rango de TR
2002 / 2003	Febrero / 2003	5,2 años	5 años < TR < 15 años
2001 / 2002	Mayo / 2002	1,9 años	TR < 2 años
1997 / 1998	Mayo / 1998	3,1 años	2 años < TR < 5 años

Tabla 5: Resumen de Tiempos de recurrencia asignados a imágenes satelitales para **Módulos I, II y III**

Año hidrológico	Fecha Imagen satelital	Tiempo de recurrencia (TR)	Rango de TR
2002 / 2003	Febrero / 2003	7,6 años	5 años < TR < 15 años
2001 / 2002	Mayo / 2002	1,2 años	TR < 2 años
1999 / 2000	Marzo / 2000	3,6 años	2 años < TR < 5 años
1997 / 1998	Mayo / 1998	18,0 años	TR > 15 años

Tabla 6: Resumen de Tiempos de recurrencia asignados a imágenes satelitales para **Bajos de Chorotís**

Año hidrológico	Fecha Imagen satelital	Tiempo de recurrencia (TR)	Rango de TR
2002 / 2003	Febrero / 2003	7,8 años	5 años < TR < 15 años
2002 / 2003	Noviembre / 2002	2,8 años	2 años < TR < 5 años
2001 / 2002	Mayo / 2002	1,8 años	TR < 2 años
1997 / 1998	Mayo / 1998	16,9 años	TR > 15 años

Los cuatro rangos de tiempo de recurrencia propuestos anteriormente pretenden representar estados de anegamiento o niveles de riesgo de inundación diferentes entre sí. Es razonable concluir que, para una zona determinada, un estado de inundación que se repite (en promedio) cada 1 año o que “todos los años se inunda” ($TR < 2$ años), implica que se trata de una zona muy frecuentemente inundada. Por ello, aquellas zonas anegadas visibles en imágenes satelitales con tiempos de recurrencia menores a 2 años ($TR < 2$ años) se consideran áreas con riesgo **severo** de ser inundadas.



Con igual criterio, aquellas zonas inundadas visibles en imágenes satelitales con tiempos de recurrencia de entre 2 a 5 años, representan áreas donde frecuentemente se producen anegamientos y cuyo riesgo de ser inundadas puede ser catalogado como **alto**.



Asimismo, aquellas zonas inundadas visibles en imágenes satelitales con tiempos de recurrencia de entre 5 a 15 años, representan áreas donde las inundaciones se repiten en forma moderada en el tiempo y el riesgo asociado de ser inundadas puede ser clasificado como **medio**.



Por último, aquellas zonas inundadas visibles en imágenes satelitales con tiempos de recurrencia mayores a 15 años, representan áreas donde las inundaciones se repiten en forma esporádica y el riesgo asociado de ser inundadas puede ser identificado como **leve**.



La superposición de estos cuatro niveles de riesgo de inundación solapados en el orden presentado, conformará la cartografía final de riesgo hídrico por inundación para el área de influencia de la zonificación de riesgo hídrico del sector estudiado.

Clasificación de imágenes satelitales

El último punto metodológico realizado fue el procesamiento digital de las imágenes satelitales para la identificación de áreas inundadas visibles en ellas. Este proceso requirió en primer lugar, el ajuste geográfico de las imágenes al sistema de referencia de coordenadas planas Gauss-Krüger, que le corresponde a esta región de la República Argentina. Este proceso de geo-referenciación de las imágenes fue posible gracias al armado previo del SIG, como se describió en párrafos anteriores.

Paso siguiente, se confeccionaron los mosaicos que cubren el área de la zonificación con las imágenes disponibles, partiendo de la premisa de la composición multi-banda en falso color compuesto de los canales RGB 453 de la plataforma Landsat 5 TM y 7 ETM+. Esta combinación de bandas permite una visualización de los sectores ocupados por agua (zonas inundadas), en distintas tonalidades de azul, lo que facilita su identificación a primera vista.

La obtención final de las áreas inundadas visibles en las composiciones falso color de las imágenes satelitales para las distintas fechas se realizó a través de un proceso de clasificación supervisada, que consistió primeramente en la adopción de áreas de entrenamiento representativas hechas por el usuario (Fig. 5.a) para que seguidamente, un software específico se encargue de “buscar” en el resto de la imagen satelital, zonas con semejantes características espectrales o tonalidades que las de las áreas de entrenamiento (Fig. 5.b),

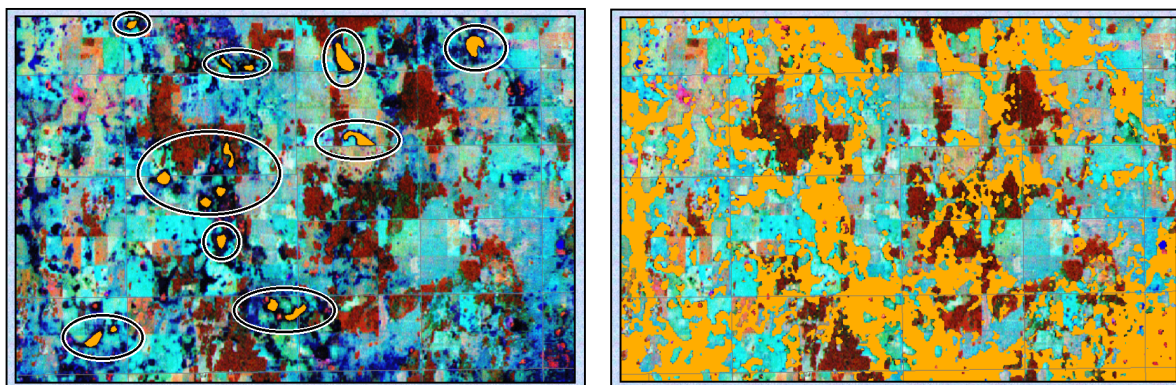


Fig. 5: (a) Elección de las áreas de entrenamiento (polígonos anaranjados dentro de las elipses) en un sector de una imagen satelital falso color compuesto RGB 453, de fecha 18 de mayo de 1998. (b) Identificación digital de áreas inundadas basadas en la clasificación supervisada con las áreas de entrenamiento propuestas para la misma zona.

Con esta técnica metodológica se clasificaron las zonas inundadas en todos los mosaicos satelitales que cubren el área de influencia de la zonificación de riesgo hídrico agropecuario. El último paso para la conformación de la carta de riesgo hídrico por inundación (Fig. 6), fue la superposición final de las clasificaciones por cuencas, de acuerdo al orden estipulado por los rangos de tiempos de recurrencia asociados a las imágenes.

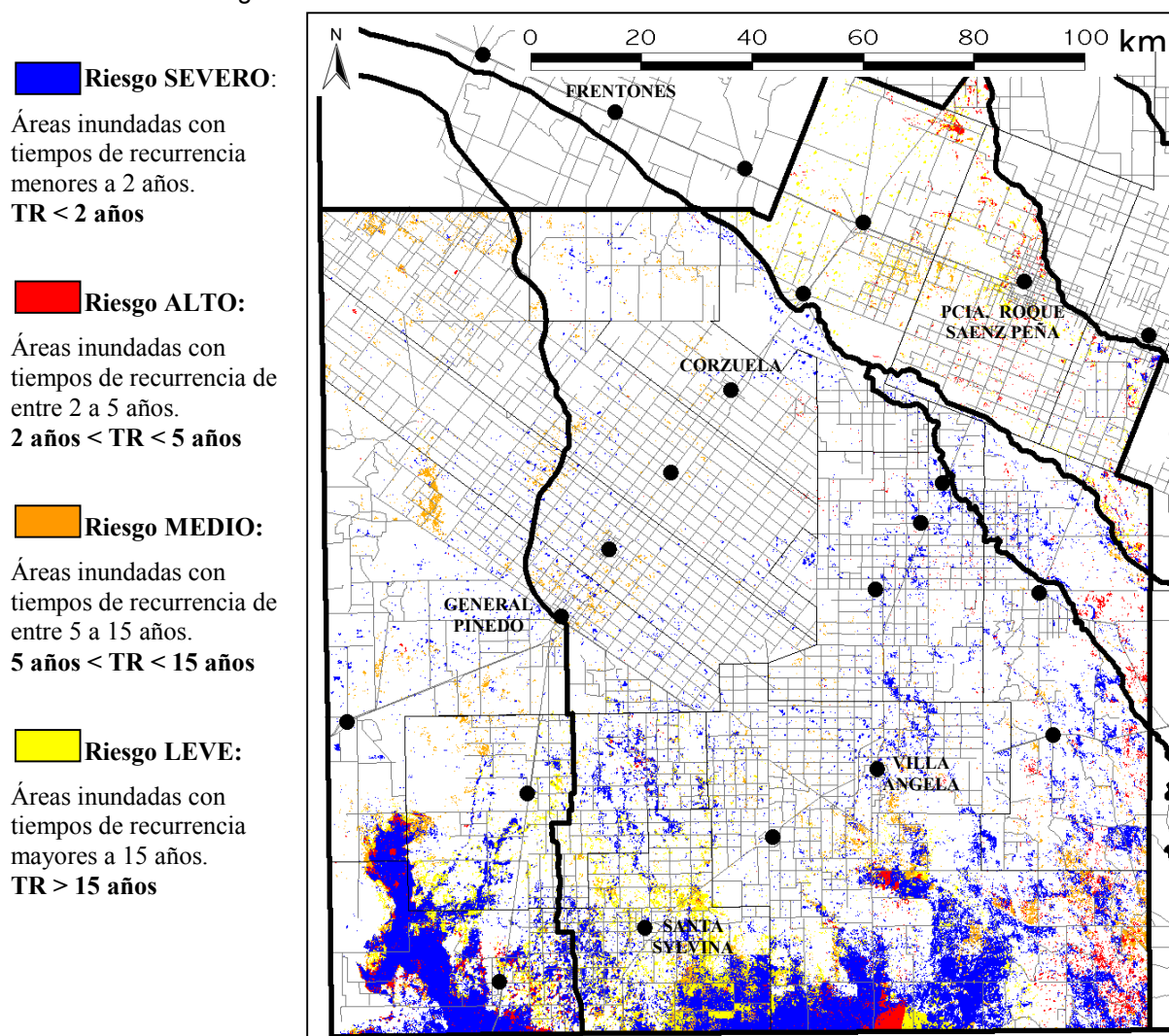


Fig. 6: CARTA DE RIESGO HÍDRICO Sudoeste de la Provincia del Chaco – República Argentina.

CONCLUSIONES

- La zonificación de riesgo hídrico lograda con la metodología propuesta de vinculación entre imágenes satelitales y estudios de precipitaciones máximas es considerada como un importante avance en lo que hace a la elaboración de material cartográfico de destacado interés tanto para el sector privado como para los organismos oficiales y entidades en general, en lo que respecta a la planificación de los recursos hídricos a través del mapeo de áreas de riesgo.
- Los SIG y la interpretación de imágenes satelitales de distintas fechas facilita la identificación de áreas inundadas en distintas épocas. Una vez asociadas dichas imágenes con el estudio de precipitaciones máximas que generaron esas inundaciones, es posible confeccionar un mapa de anegamiento con categorías o niveles de riesgo hídrico.
- Los eventos de inundación que se generan en áreas rurales de llanura se producen ante situaciones de precipitaciones máximas que se suceden en un tiempo estimado de 60 días. Esto induce a que el cálculo de los períodos de recurrencia se evalúen considerando la variable hidrológica *precipitaciones máximas en 60 días consecutivos por año hidrológico*.
- Los mapas de riesgo deben ser interpretados como una sugerencia para el ordenamiento del territorio en las áreas rurales ya que si los trabajos agropecuarios se desarrollan en zonas con leves a moderadas probabilidades de daño en la producción, se estará frente a situaciones deseadas para la actividad y en correcta alineación con el desarrollo productivo sustentable de estas regiones.

BIBLIOGRAFÍA

- APA – Administración Provincial del Agua – Provincia del Chaco (2003) **Mapa de las principales cuencas de la Provincia del Chaco**. Resistencia, Provincia del Chaco, República Argentina.
- Chow VT, Maidment DR, Mays LW (1988) **Hidrología Aplicada**. McGraw-Hill, New York.
- Paoli C, Bolzicco J, Cacik P (1991) **Manual del Usuario – Programa Af-multi**. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas – Universidad Nacional del Litoral (FICH – UNL). Santa Fe. República Argentina.
- Rohrmann HR, Valiente MA (2004) **Zonificación de Riesgo Hídrico Agropecuario en el Sudoeste de la Provincia del Chaco – República Argentina**. En XXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica. São Paulo. Brasil. Octubre 2004.
- Tymkiw P (1994) **Estudio de factibilidad en sus aspectos hidrológicos de los proyectos Línea Tapanagá y Paraná**. Consultoría en Recursos Hídricos para el Programa de los Servicios Agrícolas Provinciales (PROSAP). Resistencia, Provincia del Chaco, República Argentina.
- Valiente MA (2003) **Sugerencias Metodológicas para Zonificación de Riesgo Hídrico por Inundación en Áreas Rurales de Llanura**. Tesis de Maestría en Curso de Gestión de Recursos Hídricos y del Medio Ambiente. Delft, Países Bajos. Marzo 2003.