

Mapa de Susceptibilidad Urbana Ante Inundaciones, Caso: Ciudad de Goya, Provincia de Corrientes

Soldano, Álvaro ^{1 a}, Giraut, Miguel ^b, Goniadzki, Dora ^a

- (a) Dirección de Sistemas de Información y Alerta Hidrológico. Instituto Nacional del Agua.
Autopista Ezeiza-Cañuelas, km 1,620. 1802, Ezeiza, Buenos Aires, Argentina.
- (b) Sistema Nacional de Información Hídrica. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.
Av. Hipólito Yrigoyen 250, Piso 8, Oficina 801, C1086AAB, Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

Este trabajo aporta elementos para la determinación de la susceptibilidad ante un evento de inundación a partir de la utilización de técnicas de Teledetección y de Sistemas de Información Geográfica. Las características del ámbito urbano presentan alta susceptibilidad ante este fenómeno natural. En este caso, la susceptibilidad se redujo con defensas estructurales que plantean nuevas relaciones espaciales al entorno geográfico y a su rol funcional ante excesos por lluvias. El producto final es un mapa de susceptibilidad urbana ante inundaciones por exceso de lluvias.

Palabras Clave: inundaciones, susceptibilidad, mapa

ABSTRACT

This paper contributes with elements for the determination of susceptibility to a flood event using Remote Sensing and Geographical Information Systems techniques. The urban environment characteristics present high susceptibility before this natural phenomenon. In this case, the susceptibility was reduced with structural defenses that outline new space relationships to the geographical environment and its functional role before rain excesses. The final product is a map of urban susceptibility to floods caused by rain excess.

Keywords: floods, susceptibility, map.

Introducción

Este trabajo es una síntesis de la tesis final de la carrera de postgrado: «Especialización en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica Aplicados al Estudio del Medio Ambiente», de la Universidad de Luján (UNLu), Argentina (Soldano, 2007).

El estudio de la susceptibilidad, es decir, la mayor o menor predisposición a que un evento ocurra sobre determinado espacio geográfico cobra mayor relevancia en un ámbito urbano debido a la afectación directa sobre la variable que determina la vulnerabilidad: la población.

Como área de estudio se seleccionó el asentamiento de la ciudad de Goya, provincia de Corrientes que, por sus características, presenta una alta susceptibilidad ante este fenómeno natural.

En este caso, la susceptibilidad ha sido reducida por la construcción de defensas estructurales (alteos de terreno) contra inundaciones. No obstante, estas obras de arte de la ingeniería, agregan nuevos factores a tener en cuenta, más allá de la posibilidad de falla estructural, estos son: las nuevas relaciones espaciales que plantean al entorno geográfico y su rol funcio-

¹ Contacto Autor: Te: +54 011 47023690 Fax: +54 011 4480 9174
Correo electrónico: asoldano@gmail.com / asoldano@ina.gov.ar

nal ante los excesos hídricos provenientes de lluvias locales.

Como objetivo general del trabajo se propuso el desarrollo de una metodología que utilizando técnicas de Percepción Remota y de Sistemas de Información Geográfica aporte a la elaboración de cartografía de susceptibilidad urbana ante excesos hídricos.

Como objetivos particulares se planteó: realizar un análisis de la evolución del medio físico natural frente a una situación de inundación, establecer la evolución del fenómeno (escala horizontal) relacionado con las variables hidrometeorológicas registradas (escala vertical), para un mismo evento y generar una zonificación de la susceptibilidad del territorio ante un evento de amenaza de excesos hídricos. Es decir, un mapa de «susceptibilidad» ante inundaciones, en función del análisis conjunto de la recurrencia de superficies afectadas y del uso del suelo u ocupación territorial.

El material utilizado para la realización de este trabajo consistió en información vectorial y raster de diversos orígenes. En particular, se utilizó información cartográfica analógica de estudios anteriores, por ejemplo el Plan Director de Goya (Bonfanti, 1997). También, se utilizó información cartográfica digital SIG 250 y la carta Hoja 2760-IV (IGM. 1999). Además, se realizó un levantamiento de puntos de control sobre el terreno utilizando un «navegador» satelital de geo posicionamiento (GPS). La información satelital procesada correspondió a los sensores: Thematic Mapper (satélite Landsat 5), ALI (Satélite EO1), BGIS 2000 (satélite QuickBird). También se procesaron aerofotogramas de escalas 1:25.000 y 1:40.000.

El producto final de este trabajo es un mapa de susceptibilidad ante inundaciones por exceso de lluvias locales para el área urbana de la ciudad de Goya, inscripta dentro del perímetro de las defensas.

Metodología de Trabajo

En el marco de la problemática que plantean los eventos de inundación, uno de los elementos de mayor utilidad para ser tenidos en cuenta por parte de las autoridades municipales y por los organismos de defensa civil es un mapa que identifique las áreas susceptibles de inundación, clasificadas en niveles cualitativo ó cuantitativos que representen su peligrosidad y a su probabilidad de ocurrencia. El análisis que permite obtener este producto cartográfico temático se realiza con utilización de Sistemas de In-

formación Geográfica y el procesamiento de información satelital.

Etapas de la Metodología de Trabajo:

La metodología de trabajo desarrollada contempló las etapas que se describen seguidamente:

- Selección del Área de Estudio.
- Localización geográfica.
- Caracterización del Medio Físico.
- Identificación de Amenazas de Inundación.

Incorporación y procesamiento de datos espaciales:

- Sensores Remotos.
- Sistemas de Información Geográfica.
- Modelo Digital de Elevación.
- Análisis Espacial:
 - Criterios de Ponderación
 - Criterios de Análisis
 - Categorías de Susceptibilidad
- Mapa de Susceptibilidad Urbana.
- Producto Final.

Selección del Área de Estudio

La cartografía de susceptibilidad hídrica no ha sido desarrollada para la mayoría de los centros urbanos del Litoral y del país en general, por sus elevados costos, gran extensión de las cuencas y limitado desarrollo social.

En particular, la ciudad de Goya (población: 66.000 habitantes), se encuentra posicionada al sudoeste del territorio de la provincia de Corrientes (figura 1), sobre la margen izquierda de un brazo del río Paraná (riacho Goya), en una de las terrazas de su valle de aluvial, en el kilómetro 842 (distancia medida sobre el río Paraná, desde el Riachuelo).

Localización del Área de Estudio

En la Figura 1 se indica la localización del área de estudio: la posición de Argentina a nivel subcontinental, la ubicación de la Provincia de Corrientes en Argentina, el departamento de Goya en dicha provincia, la ciudad de Goya dentro del Departamento del mismo nombre y, por último, la ciudad de Goya a orillas del río Paraná (riacho Goya) con el manzanero catastral y las defensas perimetrales contra inundaciones.

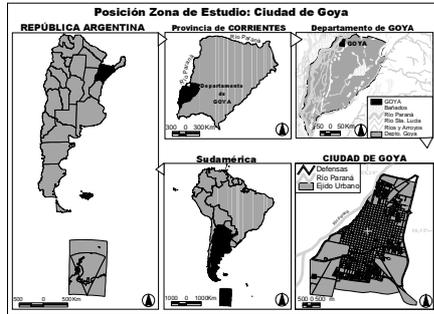


Fig. 1. Argentina en el subcontinente sudamericano (centro abajo). Pcia. de Corrientes en Argentina (izquierda). Depto. de Goya en pcia. de Corrientes (centro arriba). Ciudad de Goya en Depto. de Goya (superior izquierdo). Ciudad de Goya (izquierda abajo).

Caracterización del Área de Estudio

El departamento de Goya comprende la región denominada «Lomadas Arenosas y Depresiones». Constituye ésta una gran planicie sedimentaria ligeramente ondulada, con lomadas arenosas, generalmente de origen fluvial, que se alternan con lagunas, esteros y cañadas (ver figura 2).

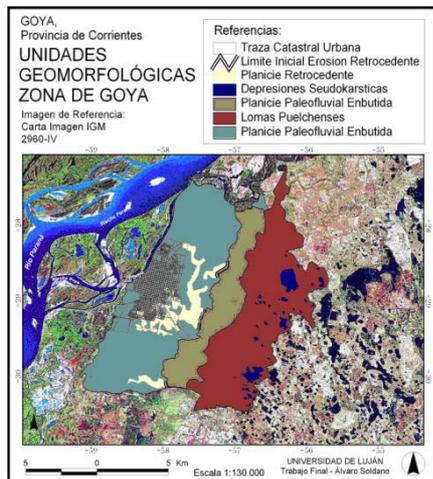


Fig. 2. Unidades geomorfológicas de la zona de Goya. Fuente: SUPCE.

El régimen pluviométrico tiene una clara estacionalidad en cuanto a los valores normales acumulados, con un máximo absoluto en el mes

de marzo, mientras que existe un máximo secundario durante el mes de noviembre. Los menores registros se producen durante los meses invernales. La cantidad media de días con lluvia varía de 5 a 10 días por mes (Soldano, et al, 2005).

Goya está ubicada, sobre una falda del valle aluvial, en la margen izquierda del río Paraná, tramo medio, en territorio argentino. En la serie histórica de niveles hidrométricos (1903/2005), se identifica un periodo «húmedo», desde 1974 hasta 1998, donde se registraron 3 eventos máximos: 1983 (703cm), 1992 (720cm) y 1998 (707cm) (ver figura 3).

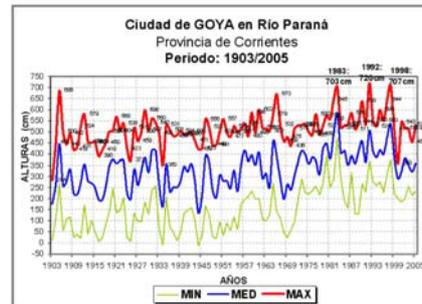


Fig. 3. Hidrograma de lecturas máximas, medias y mínimas anuales para la serie de registros históricos de la escala hidrométrica de Goya. Fuente: INA.

Crecida del año 1998: En ese año se produjeron simultáneamente tres eventos significativos: La persistencia del fenómeno «El Niño», la permanencia de tenores altos de humedad atmosférica sobre el Litoral y la llegada del otoño con los cambios locales estacionales acostumbrados. Esto trajo aparejado una crecida por el río Paraná que registró un máximo en Goya de 7,07m (7/may/98), 2º en importancia en la serie histórica, y un exceso de lluvias del orden de 500mm acumulados (6/mar, 20/mar, 11/abr y 15/abr/98). (Soldano et al., 2005). En figura 5 se indica un mapa de las lluvias acumuladas en abril de ese año.

Identificación de peligros o amenazas (ver figura 6):

Inundación por crecida del río Paraná y desborde sobre zona costera (oeste de Goya): Se analizó la serie de caudales y niveles hidrométricos diarios de la escala sobre dicho río frente a Goya, desde el año 1901 a 2004. Para el análisis de la información hidrológica tendiente

a caracterizar el fenómeno de las inundaciones en Goya se decidió considerar de dicha serie el periodo 1974/1998, definido como «húmedo» por la mayor frecuencia de crecidas e inundaciones significativas. El máximo caudal en esta sección durante el año 1998 fue de unos $51.300\text{m}^3/\text{s}$, a este caudal le corresponde una lectura $7,07\text{m}$. Este valor es de una recurrencia del orden de 50 años, considerando la serie 1901/1998, pero cae a menos de 20 años si se considera la serie 1974/1998 (Soldano et al., 2005).

Inundación por crecida del río Santa Lucía y desborde a los Bajos Carolina (noreste y este de Goya): se analizaron las series de caudales y niveles hidrométricos, de la escala frente a localidad de Santa Lucía próxima a la desembocadura del mismo río, para el periodo 1974/1998. El caudal máximo para la serie analizad es de $861\text{m}^3/\text{s}$ para el año 1998 (Soldano et al., 2005). De los valores analizados se comprueba que el río Santa Lucía es un pequeño afluente del río Paraná y sus desbordes están relacionados más que por crecidas propias, por el remanso que producen las crecidas del río Paraná sobre la desembocadura de aquel.

Inundación dentro del ejido urbano por exceso de lluvias (flecha vertical sobre la ciudad): fueron analizadas las series históricas de las estaciones Goya, Santa Lucía y Reconquista para el periodo 1974/1998. En el estudio de la frecuencia de días con lluvia moderada a intensa (precipitaciones superiores a los 25 mm en 24 horas) se observa que la mayor influencia en el monto anual de precipitaciones esta dada por la cantidad de eventos moderados a intensos Esta correlación es también evidente si se consideran solamente la frecuencia de días con precipitaciones intensas a muy intensas (precipitaciones superiores a los 75 mm en 24 horas). Del análisis realizado resulta la existencia de una región de inestabilidad atmosférica sobre el centro del Litoral, cuya dinámica produce movimientos verticales en niveles medios de la atmósfera con una advección cálida y húmeda en las capas mas cercanas a la superficie. Este tipo de situaciones favorece la formación de tormentas de tipo convectivo acompañadas, en general, por una importante cantidad de precipitación (Soldano et al., 2005).



Fig. 6. Escalas hidrométricas del puerto de Goya y del río Santa Lucía (círculos amarillos). Posibles amenazas de inundación (flechas en azul y rojo). Polígono rojo área de estudio. Fondo: carta imagen IGM.

Por otro lado, la afectación de la ciudad de Goya por inundación debida a la crecida y desborde de los ríos Paraná y Santa Lucía se encuentra reducida a cero gracias a la construcción y mantenimiento de las obras de defensa contra inundaciones en el año 1995. Estas elevaciones de terreno perimetrales tienen una cota de coronamiento de 8m (r.n.l) que supera en 80cm el máximo registro histórico de $7,20\text{m}$ del 13/jun/92. De acuerdo con el ajuste de recurrencias realizado, le corresponde a este último valor una recurrencia de 60 años.

Por lo tanto, el análisis de la susceptibilidad ante inundaciones para la ciudad de Goya se circunscribió al estudio del peligro o amenaza de excesos de lluvias dentro del perímetro urbano, delimitado por las defensas contra inundaciones existentes.

Incorporación y procesamiento de datos espaciales

El objetivo final del análisis de los datos espaciales fue la determinación del grado de predisposición del territorio, «susceptibilidad», ante una dada amenaza: inundación por exceso de lluvias.

Sensores Remotos

El análisis temporal de la información satelital permite medir la magnitud y evolución de una inundación, es decir, permite cartografiar la dinámica de las aguas. Simultáneamente, nos aporta un conocimiento sobre cómo es la susceptibilidad o predisposición del territorio ante

el evento, dado que grafica también las sucesivas áreas inundadas.

La escala de trabajo, a nivel urbano, (o catastral) impone una restricción en la resolución de las imágenes necesarias para detectar susceptibilidad. La figura 7 muestra que a escalas cartográficas pequeñas como la regional (hasta 1:75.000) no hay conflicto entre imágenes de distintas resoluciones (30m a 0,60m). Por el contrario, a escalas mayores como el caso de la cartografía urbana (1:5.000) sólo imágenes de resolución mayor o igual a 5m (0,61m a 0,72m en este ejemplo, imagen QuickBird) permiten la identificación de objetos, sin mayor incertidumbre.

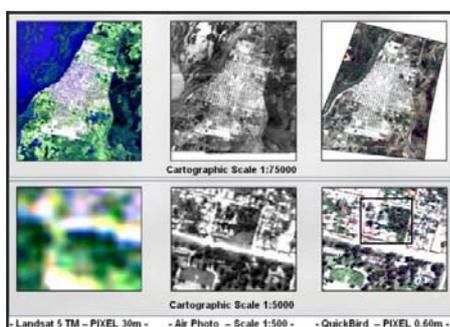


Fig. 7. Comparación entre escalas cartográficas y resolución espacial de distintas imágenes de fuentes remotas satelitales.

Información Satelital Utilizada:

En la prosecución del estudio se recolectó información proveniente de diferentes sensores remotos. Se contó con imágenes de aerofotogramas y provenientes de distintas plataformas satelitales: Landsat 5, QuickBird, EO 1 (ALI).

Ejemplo 1º de producto satelital: La figura 8 muestra una imagen Landsat 5 TM (calibrada, corregida geométrica y atmosféricamente), de fecha 4 de mayo de 1998. En esta fecha se visualiza el impacto del pico de la crecida y la afectación de las lluvias, en el área de estudio. La imagen es una combinación R: SWIR (banda 7), G: NIR (banda 5) y B: verde (banda 2), respectivamente. Combinación «falso color» universalmente utilizada (USGS) para poner en evidencia la coberturas hídricas y la humedad presente en la escena (ver figura 8).

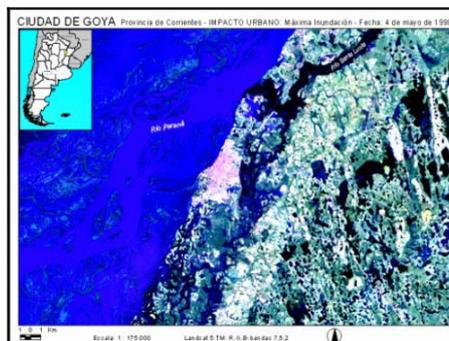


Figura 8. Este imagen por su oportunidad y claridad resulta ser un mapa de la inundación de 1998 donde se observan los desbordes del río Paraná (riacho Goya al O), río Santa Lucía (N) y los desbordes por excesos de lluvias hacia los Bajos Carolina (E y S de la ciudad).

2º ejemplo de producto satelital: Imagen satelital del «B Global Imaging System 2000» (BGIS 2000) del satélite QuickBird. Este sistema de alta resolución provee, simultáneamente, una banda pancromática en un rango de 61cm a 72cm de resolución espacial y 4 bandas espectrales, en un rango del pixel de 2,44m a 2,88m. El producto de fusión, en «falso color real», fue utilizado para corregir la información analógica catastral, fundamentalmente. La escala cartográfica óptima para este tipo de imagen es 1:3.000.

A partir de esta imagen se pudieron detectar depresiones altimétricas urbanas por fotointerpretación de formas, texturas, tonalidades, etc. Esta información se verificó con los niveles altimétricos medios por manzana y las curvas de nivel altimétrico del Proyecto Director de Goya (Bonfanti J., 1997). Ver figura 11:



Figura 11. Visualización de imagen QuickBird a escala cartográfica 1:5.000.

Sistemas de Información Geográfica

El objetivo final, la generación de un mapa de susceptibilidad urbana a partir de la aplicación de técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica, implica la integración o asimilación de datos geospaciales provenientes de distintas fuentes.

En ese sentido, se diseñó un proyecto de SIG que incluyó información ordenada en un «Diccionario de Datos y Atributos Geospaciales» (Soldano, Á. et al., 2007).

Modelo Digital de Elevación

Se utilizó para este estudio el Modelo Digital de Elevación (MED) de la misión Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) perteneciente a las Agencias Espaciales de Estados Unidos (NASA), Alemania (DLR) e Italia (ASI) de la misión IF-SAR (tecnología de interferometría de radar de apertura sintética) a bordo del transbordador Space Shuttle, llevada a cabo durante junio de 2000. Uno de los productos obtenidos es una imagen color con asignación de altimetrías relativas al SRTM, bidimensional (figura 12). En la misma se indica, a modo de ejemplo, en una ventana superior (izquierda), un modelo tridimensional de la zona de Goya.

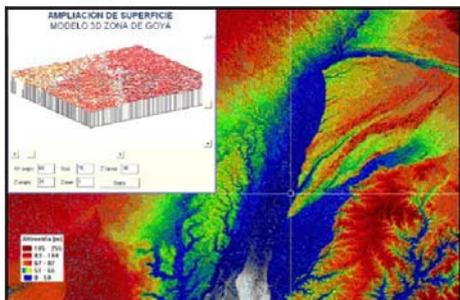


Figura 12. Modelo digital de superficie, vista en tres dimensiones.

Análisis Espacial

De la base de datos generada a partir de la digitalización de coberturas urbanas, identificación de depresiones altimétricas y análisis de mapas de inundación generados a partir de imágenes satelitales, se definieron criterios de ponderación y análisis para seleccionar aquellas coberturas significativas para la zonificación de susceptibilidad ante inundación. A partir de estas coberturas se realizó un análisis espacial en formato raster (o «grid» de ESRI™) que permitió clasificar a las zonas urbanas según su calificación de mayor o menor susceptibilidad

ante dicho evento. A continuación se describen con mayor detalle los pasos seguidos hasta la obtención del Mapa de Susceptibilidad.

Criterios de Ponderación

A partir de un diccionario de datos (coberturas), se hizo una valoración cualitativa de cada cobertura como factor de susceptibilidad ante inundación. A partir de sus propiedades hidráulicas y/o hidrológicas, desde «muy baja» a «muy alta» influencia (en cinco categorías). En base a esta ponderación se seleccionaron sólo aquellas coberturas de «muy alta» influencia. Bajo esta hipótesis de trabajo, se seleccionaron las siguientes coberturas como de mayor influencia:

- Red de Desagües pluviales (área de cobertura): El diseño de una red de desagüe pluvial implica la elección de un caudal de drenaje asociado a una cierta lluvia de diseño (mm/hora). En el caso en estudio, se ha tenido en cuenta esta cobertura como factor de amortiguamiento de la acumulación de agua por excesos de lluvia.

- Red de Desagües cloacales (área de cobertura): La red de desagües cloacales tiene una influencia directa sobre el balance de entradas y salidas del sistema de la napa freática. En zonas de poca pendiente (< 5%) predominan los procesos verticales de escurrimiento (percolación) sobre los horizontales (drenaje superficial). En zonas sin desagüe cloacal y de suelos permeables el exceso de lluvias afecta directamente el nivel freático generándose áreas de anegamiento relacionadas a este fenómeno.

- Tipo de Revestimiento de la red vial urbana (área): El tipo de la cobertura vial: asfáltica, pavimento o suelo desnudo, modificará la rugosidad superficial y por ende el tipo de flujo del escurrimiento en superficie. Además, el diseño de la red vial incide sobre las condiciones de libre escurrimiento y evita la infiltración o precolación subsuperficial.

- Depresiones urbanas: En la evaluación de los anegamientos, las depresiones altimétricas identificadas, dentro del perímetro de las defensas y dado los bajos gradientes altimétricos presentes, son el factor que mejor tiene en cuenta tanto las pendientes como los sentidos de los flujos dentro de cada micro cuenca urbana.

Criterios de Análisis

Las cuatro coberturas vectoriales, con topología de polígonos: Red de Drenaje Pluvial, Red de Desagüe Cloacal, Tipo de Revestimiento («asfáltico», «pavimento» ó no pavimentado) de

la red vial y Depresiones Urbanas, son factores de igual ponderación, «Muy Alta», al considerar su influencia sobre el anegamiento de áreas urbanas ante exceso de lluvias.

Categorías de Susceptibilidad

«Muy Baja Susceptibilidad»: las áreas urbanas que detentan la presencia simultánea de las tres coberturas: desagüe pluvial, cloacal y revestimiento vial de hormigón/asfáltico, tienen el nivel más bajo de susceptibilidad ante este fenómeno. Se supone que el diseño de las obras es correcto y que reducen la probabilidad de que se inunden las depresiones altimétricas presentes en el área.

«Baja Susceptibilidad»: las áreas urbanas que detentan la presencia simultánea de dos de las tres coberturas estructurales.

tendrían un nivel de susceptibilidad bajo ante inundaciones por exceso de lluvias. «Susceptibilidad Media»: Las áreas urbanas que detectarían sólo una de las coberturas citadas y la no presencia de una depresión, tendrían una susceptibilidad media. Estas zonas no presentan el suficiente desarrollo urbanístico como para reducir la susceptibilidad a inundación a valores no significativos. No obstante, al no presentar cercanía a áreas críticas (depresiones altimétricas) se encuentra exenta de tener una probabilidad de inundación mayor.

Consideraciones:

De la aplicación de estas tres categorías vistas resulta que, al mapa de depresiones se le deben restar aquellas que presentan muy baja susceptibilidad ante inundaciones, según estos criterios. Resulta, entonces (por diferencia) un nuevo mapa de depresiones, que denominamos «críticas», ya que presentan muy alta susceptibilidad al anegamiento.

A partir de este nuevo archivo, se creó un «buffer», tomando una distancia de 100m respecto de estas áreas críticas. Esta distancia se corresponde, en la realidad, con datos suministrados verbalmente por parte de las autoridades municipales, quienes han comprobado que las áreas críticas (depresiones) se anegan con montos totales de lluvias entre 50mm y 100mm/cada 24 horas, mientras que áreas mayores (a 100m de las críticas) llegan a anegarse para lluvias entre 150mm y 200mm/cada 24 horas, calificadas como excepcionales y de muy baja probabilidad de ocurrencia. Es decir, la zona a 100m de las depresiones (área de mayor superficie) tiene una probabilidad menor de anegamiento que la correspondiente a las áreas críticas. Resumiendo:

«Alta Susceptibilidad»: las áreas ubicadas a 100 m o menos de las depresiones urbanas y son áreas de alta susceptibilidad ante inundaciones.

«Muy Alta Susceptibilidad»: la cobertura de depresiones urbanas «críticas», representa aquellas áreas con el nivel más alto de susceptibilidad ante inundaciones (áreas de recurrente inundación).

Mapa de Susceptibilidad Urbana

En base a los criterios vistos, se diseñó una metodología de análisis de la información espacial, utilizando el módulo Spatial Analysis, del programa ArcView 3.2. (ESRI). Se exportaron los polígonos representativos de áreas al formato «grid» (raster). Se eligió un tamaño de píxel de 10m para cada celda. En la figura 13 se presenta un esquema de las coberturas utilizadas y los procesos (algoritmos algebraicos) aplicados a cada una. Los signos indican la operación algebraica planteada entre dos coberturas para obtener la cobertura resultante.

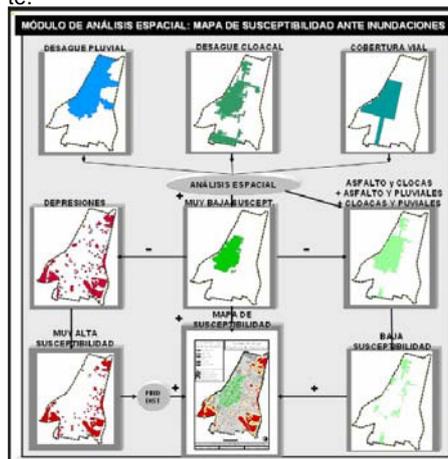


Figura 13. Etapas en el análisis espacial para la obtención de los distintos mapas de niveles de susceptibilidad, del ejido urbano, ante inundaciones por exceso de lluvias.

Como se indica en el esquema de figura 13, de arriba hacia abajo, las coberturas «desagüe pluvial», «desagüe cloacal» y «cobertura vial» fueron multiplicadas para obtener un área de intersección de *muy baja susceptibilidad* (área verde en el centro). Luego se restaron de la cobertura «depresiones» aquellas incluidas en esta área para obtener las zonas de *muy alta susceptibilidad* (áreas rojas en el borde inferior

izquierdo). Luego se sumaron, de a dos, las zonas que tuvieran presencia simultánea de sólo dos coberturas de infraestructura (intersección vial y cloacal más intersección vial y pluviales, más intersección cloacas y pluviales) y se restó el área de muy baja susceptibilidad. De este modo se obtuvo un área de *baja susceptibilidad*. A partir de las áreas de muy alta susceptibilidad (depresiones fuera del área de muy baja susceptibilidad) se tomó una distancia de 100m respecto de las depresiones que definió áreas de *alta susceptibilidad* (zonas en amarillo). Las áreas urbanas no contenidas en ninguna de estas «nuevas» coberturas halladas se las consideró de *susceptibilidad media* (áreas en gris). Finalmente las suma de las nuevas áreas halladas (*Muy alta, alta, media, baja y muy baja susceptibilidad*) conformaron una zonificación espacial completa de la susceptibilidad ante inundación para el ejido urbano de Goya.

Producto Final

El producto final de esta metodología, figura 14, fue un mapa temático con cinco categorías de susceptibilidad ante inundaciones por exceso de lluvias, coloreadas según su calificación en una escala que va del verde al rojo: «Muy Baja Susceptibilidad» (color verde), «Baja Susceptibilidad» (verde claro), «Media Susceptibilidad» (gris), «Alta Susceptibilidad» (amarillo) y «Muy Alta Susceptibilidad» (rojo). A este producto se le superpusieron las coberturas: traza del manzanero catastral y traza de las defensas estructurales contra inundaciones.

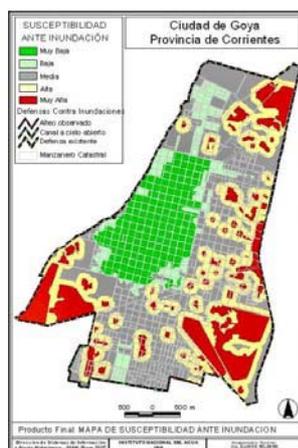


Fig. 14. Mapa de Susceptibilidad Urbana ante Inundaciones. Caso: Ciudad de Goya, provincia de Corrientes, Argentina.

Conclusiones

El presente trabajo aporta elementos para la identificación y la cuantificación de las variables espaciales urbanas a priorizar en la determinación de la susceptibilidad o exposición ante un evento de inundación.

Se realizó un análisis de la evolución del medio físico natural frente a una situación de inundación, se estableció la evolución del fenómeno (escala horizontal) relacionado con las variables hidro-meteorológicas registradas (escala vertical), para un mismo evento y se generó una zonificación de susceptibilidad hídrica, mapa de «susceptibilidad» ante inundaciones.

La difusión preliminar de los productos parciales de este Trabajo, ante las autoridades y fuerzas vivas de la Ciudad de Goya, fueron bien recibidas y valoradas como elementos de análisis y punto de partida para la confección de un Plan de Contingencia de la Ciudad.

Agradecimientos

Queremos destacar a organismos y personas que colaboraron, generosamente, para la concreción de este trabajo de investigación:

Instituto Nacional del Agua (INA). Dr. Raúl Lopardo (Pte). Lic. N. Horlent, Lic.G. Barria, J. Bianchi, L. Giordano (Bec. Investig). Fundación Líderes, ONG. Lic. Alejandra Bonadé y Lic. Amalia Ferrara (Dras. Ejecutivas). Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). Ing. Agr. Gabriel Platzeck. Universidad Nacional de Luján (UNLu). Ing. Cristina Serafini (Scria. Académica y Dir. PRODITEL). Instituto Geográfico Militar (IGM). Tte. Crel. Jorge Machuca (Jef. Div. Planeamiento y C.I.).

Referencias

- Soldano, Á., Borús, J., Vila D., 2005, «Análisis Meteorológico, Hidrológico y Espacial para la ciudad de Goya, Provincia de Corrientes.
- Soldano, Á., v. 2007. «Mapa de Susceptibilidad Urbana ante Inundaciones, Caso: Ciudad de Goya, Provincia de Corrientes. Trabajo Final de la carrera de postgrado de Especialización en: «Teledetección y Sistemas de Información Geográfica Aplicados al Estudio del Medio Ambiente» (Aprobada por Res. HCS. N° 290/03), de la Universidad de Luján, Argentina (UNLu), Directora: Ing. Agr. María C. Serafini. Profesor Orientador: Dr. Miguel Á. Giraut.