



Trabajo Final de Maestría

“GEOMÁTICA APLICADA AL ANÁLISIS DE LOS CORREDORES RIPARIOS COMO AMOR- TIGUADORES DE LA INUNDABILIDAD EN LA ZONA DEL BAJO RÍO URUGUAY”

Trabajo Final de Maestría presentado como requisito para obtener el grado de
Magister en Geomática Aplicada a la Gestión de Riesgos Ambientales
Resolución N° 1461-12 Consejo Superior UADER

Por

Lic. Gastón Carranza

Licenciado en salud ambiental – Universidad Nacional de Entre Ríos –2005

Director: Dra. Andrea Alejandra Drozd

**Diamante, Argentina
2021**

AGRADECIMIENTOS:

A mis seres amados por entender que la magia de la vida se encuentra en seguir los sueños del camino.

A la Dra. Andrea Drozd, directora del proyecto, por su incansable voluntad de tutelar los procesos del trabajo.

A mis profesores y compañeros del CeReGeo por brindarme asistencia continua.

Al Lic. Facundo Bordet, de la CTM Salto Grande, por gestionar la inclusión del proyecto en el marco del organismo y brindar lo necesario para la validación del terreno.

Al grupo humano de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Concepción del Uruguay, por favorecer el desarrollo del trabajo.

ÍNDICE

Capítulo 1: Introducción General, página 5.

Capítulo 2: Descripción del área de estudio, página 9.

Capítulo 3. Estructura de coberturas y su relación con las precipitaciones locales y regionales, página 16.

Capítulo 4: Vulnerabilidad a la inundabilidad, página 26.

Capítulo 5. Consideraciones y conclusiones sobre la vegetación riparia como amortiguador de la inundabilidad, página 38.

RESUMEN GENERAL:

En este trabajo, se analizó el estado del corredor ripario de las cuencas de los arroyos Yuquerí de Concordia y su capacidad para amortiguar la inundabilidad, utilizando básicamente dos grupos de variables; las biofísicas y la precipitación. El objetivo fue sentar las bases de futuros estudios para definir mapas de riesgo a la inundación, realizando el análisis en diferentes software (QGIS, IDRISI) y con las infraestructuras de datos espaciales (USGS-NASA, COPERNICUS-ESA, IGN de Argentina). Se procesaron imágenes satelitales ópticas y radar, además de archivos vectoriales; como resultado se estimó que cuando entre el 30 al 40 % de una cuenca son coberturas naturales y seminaturales, estas amortiguan alrededor del 60 % de las precipitaciones; y la inundación varía entre el 10 a 20 % de la superficie total, según las tormentas. En este análisis en particular, consideramos al bosque nativo y el humedal como partes del corredor; y en conclusión se identificaron tres áreas por sufrir los efectos del cambio climático en este entorno.

Palabras claves: Vulnerabilidad a la inundación de cuencas, Coberturas y usos del suelo, Cambio Climático, Vegetación riparia, Áreas de riesgo.

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN GENERAL:

La Ley General del Ambiente establece al Impacto ambiental como la alteración significativa relevante que no permite el desarrollo de la vida humana. En este sentido, los corredores riparios son fundamentales para asegurar la sustentabilidad de una cuenca, entre otros servicios ecológicos, que filtran el escurrimiento. La retención del agua por el suelo se define como la capacidad que tiene el suelo para capturar, almacenar y/o liberar agua. Cuatro fuerzas o potenciales naturales son las que controlan la retención y el movimiento del agua en el suelo: gravitacional, matricial, osmótica y presión de vapor. El potencial matricial es el que principalmente mantiene la humedad en el suelo, y el gravitacional es el componente que origina el drenado del agua del suelo (Hillel, 1998).

En las últimas décadas el sistema productivo intensivo de uso del suelo provocó el desmonte más allá de los límites de tolerancia, compactando e impermeabilizando la tierra de forma asombrosa, además favoreciendo las condiciones para la eutrofización y afectando la salud pública.

La protección del bosque ripario se encuentra regulada por la Ley Nacional Nº 26.331 de 2007 y la Ley Provincial Nº 10.284 de 2014, que propone la zonificación del uso por medio de su caracterización.

A su vez el Cambio Climático, ha intensificado la ocurrencia de las tormentas y las proyecciones de incremento del caudal para el río Uruguay en estas primeras décadas del siglo oscilan entre un 25 % y 57 % con picos para febre-

ro y junio (CEPAL, 2014) generando la necesidad de determinar riesgos para mitigar daños.

Esto, nos enfrenta a compromisos importantes para identificar las áreas vulnerables en este contexto, fundamentalmente para asegurar la vida, dentro del frágil equilibrio ecológico.

Por lo tanto, la Geomática se constituye en una herramienta de gran utilidad ya que permite realizar un análisis temporal y espacial de información geográfica, mediante la utilización de tecnologías de información y la comunicación. En particular, la teledetección se basa en el registro de la interacción de la radiación electromagnética con los sistemas a estudiar -en este caso terrestres-, utilizando información derivada de sensores remotos (Ardila León, 2013).

La identificación de patrones espaciales es un paso crucial en la elaboración de hipótesis acerca de los controles de procesos ecológicos. Las técnicas más comunes usadas con estos fines han sido la interpretación visual de imágenes y la clasificación digital (Chuvienco 2002, Lilesand y Kiefer 2008).

Como parte de los antecedentes regionales tomados como reseña para este trabajo, fueron seleccionados y analizados los que por su contenido de conceptos metodológicos para estimar inundaciones, mayor similitud con el área mostraban; realizados por del Centro Regional de Geomática, el Instituto del Clima y el Agua, y el Instituto Nacional del Agua. Los casos específicos de referencia son:

- La cartografía de susceptibilidad hídrica en el delta del río Paraná, de (Sepulcri y otros, 2012), que generó un mapa de la mencionada región como

herramienta útil para la toma de decisiones en el sector agropecuario y forestal.

- Las consecuencias hidrológicas por el cambio en el uso del suelo en el centro de Argentina, de (Nosetto y otros, 2011) que trata el impacto en el balance hidrológico de las transformaciones agrícolas sobre el ambiente natural.

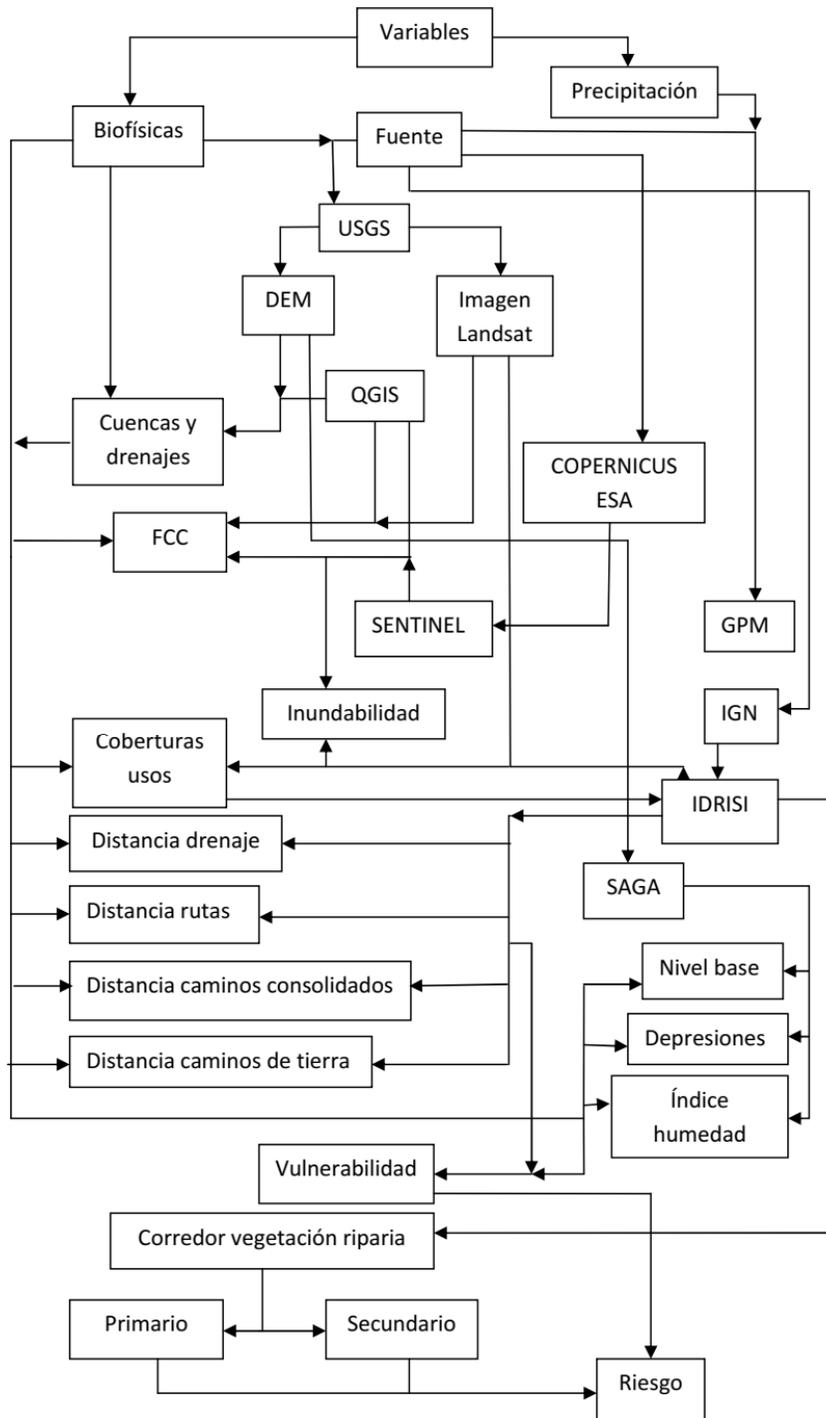
HIPÓTESIS Y PREDICCIÓN:

- Hipótesis general: la vegetación riparia cumple una función esencial en la regulación del caudal de los arroyos, protegiendo los suelos de su erosión en zonas de pendientes altas y aumentando la porosidad de los suelos y la infiltración del agua en zonas llanas y bajas.
- Predicción: Aquellas cuencas que presentan en sus corredores riparios mayor cobertura boscosa, presentaran menor vulnerabilidad a la inundabilidad.

Objetivo específico:

Determinar la capacidad del corredor ripario de amortiguar la inundabilidad.

Mapa conceptual:



Capítulo 2: Descripción del área de estudio

Introducción:

Las bases para preservar cuencas hidrográficas fueron elaboradas por la Comisión intergubernamental Ramsar. Estas pautas de organización para el cuidado de los humedales que incluye a los pastizales, las llanuras de inundación y las presas entre otros hábitats, se centra en la participación de los actores involucrados, públicos y privados; para acordar progresivamente en recrear los servicios ecológicos. Sin embargo, aunque existen otras normas fundamentales que poseen programas para tratar el tema; todas brindan un lento progreso.

La región de estudio (Figura 1) se encuentra en Entre Ríos Argentina y comprende las cuencas de los arroyos Yuquerí Grande y Chico de Concordia. Fue elegida por la diversidad de coberturas/usos del suelo: áreas naturales, áreas forestales, áreas de cultivo y cercanías a zonas urbanas (Sandoval y otros, 2016).

Estos arroyos desembocan en el río Uruguay que presenta un caudal medio de $5.300 \text{ m}^3/\text{s}$ (CTM, 2018), y lo proyectado, en cualquier escenario climático para el 2030; es de un caudal medio entre $8.000 \text{ m}^3/\text{s}$ y $9.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (CEPAL, 2014). La región presenta un clima templado y de relativamente alta humedad, vientos leves, con una temperatura media anual de $19,5 \text{ }^\circ\text{C}$, con precipitaciones promedio de 1.278 mm/año (estación meteorológica aeródromo Concordia, 2018) Las diferencias de precipitación son 50% entre los meses más lluviosos (marzo y abril) y los más secos (agosto) (DHER, 2018).

Se caracteriza por formaciones herbáceas en las lomadas y bosque en galería a la vera de los cursos de agua, su paisaje está compuesto por llanos arenosos levemente ondulados. En las zonas altas el suelo es más arcilloso, en las zonas medias arenoso, y en cambio en las zonas bajas limoso (GeoINTA)

Los bosques riparios, según la norma provincial N 10284, deben ser resguardados por un perímetro de 50 metros de protección arroyos de 3° Orden.

La ciudad de Concordia es la segunda población más importante de Entre Ríos con 150.000 habitantes (Censo INDEC 2010), está construida sobre una altura de 21 msnm, al sur de la represa de Salto Grande. Dicho embalse ejerce un fuerte efecto en la regulación del caudal del río Uruguay, con un volumen total de 5.500 hm³ y una capacidad total de evacuación por obra de 64.000 m³/seg. (CTM, 2018). Las zonas urbanas están principalmente desarrolladas cercanas al río Uruguay y otros arroyos.

La economía regional se desarrolla en torno a la producción agrícola, citrus, arroz, eucalipto, pino, arándano, nuez pecán, y producción ganadera; entre otras. Incorporándose en las últimas décadas los transgénicos y la siembra directa (Engler y otros, 2008).

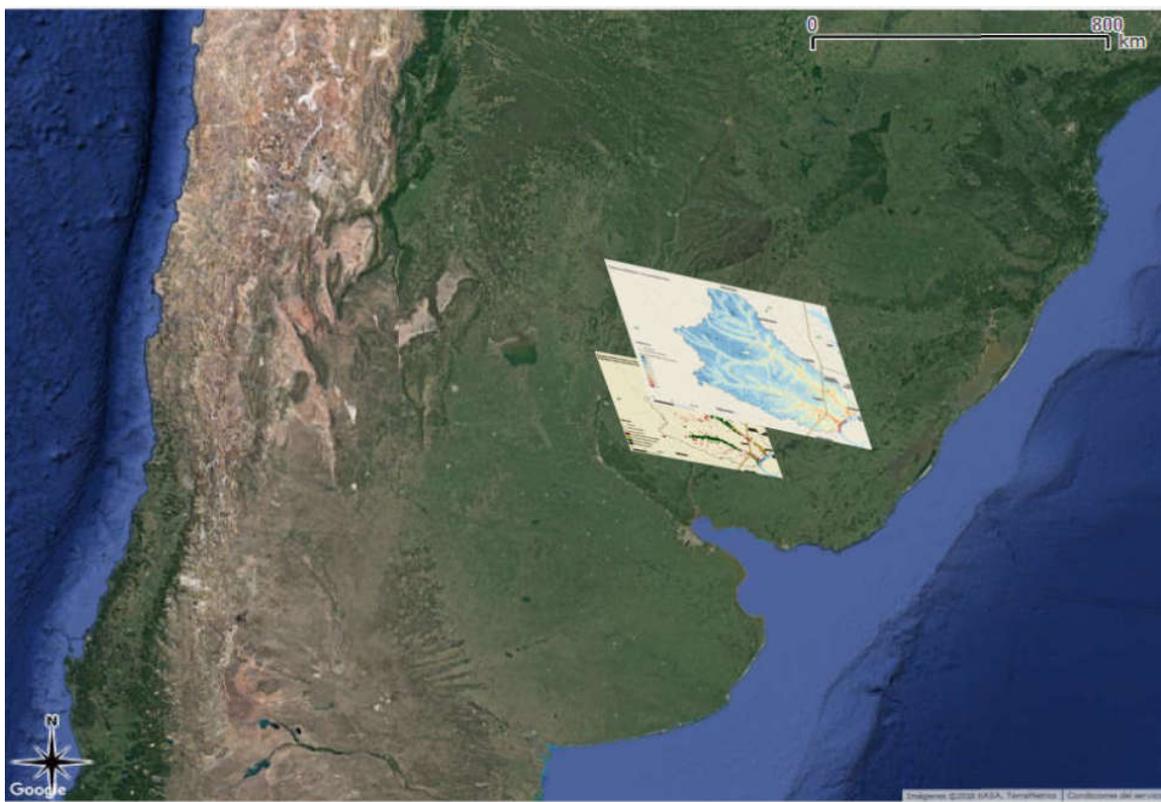


Figura 1: Mapa región de estudio.

Objetivo de este capítulo:

El objetivo de este capítulo fue analizar el área de estudio en relación a su Cobertura-Usos. Se describen a continuación la metodología y los resultados obtenidos.

Materiales y métodos:

A principios del año 2016 se realizó una campaña de muestreo al azar para reconocer el área del corredor ripario, donde se capturaron fotografías, georeferenciadas, Anexo).

Con un Modelo Digital de Elevación (DEM) generado a partir de una escena del Shuttle Topography Radar Mission (SRTM) fuente USGS-NASA datum

WGS 84, se definieron las cuencas y drenajes (utilizando el software y paquetes de QGIS/GRASS) Además con una imagen Landsat 8 OLI Path 225 Row 082 Nivel 1, de agosto de 2017 (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), se compuso un falso color RGB_432; y vista en 3D (Figura 2), para realizar una clasificación supervisada (QGIS), a través del algoritmo de mínima distancia, Las clases a detectar fueron: 1. Plantaciones Forestales, 2. Cultivos, 3. Pastizales, 4. Humedales y Pajonales, 5. Bosques Nativos, 6. Cítricos, 7. Suelos Desnudos, 8. Urbano, 9. Agua. Tipificándose sus atributos en porcentajes (Figura 3 y 4), y analizándose las características altimétricas (Figura 5 y 6)

Resultados:

Yuquerí Grande

- Las coberturas naturales y seminaturales alcanzan el 34,3% de la superficie total 70067,9 ha; en cambio la de uso del suelo el 64,3%.

Yuquerí Chico

- Las coberturas naturales y seminaturales alcanzan el 42,6% de la superficie total 36234 ha; en cambio la de uso del suelo el 55,8%.

Menos del 2 % de las coberturas corresponde al agua, en ambas cuencas.

Se aprecia el uso, en las zonas altas del cultivo de estación; en la media de las plantaciones forestales; y en la baja de lo urbano.

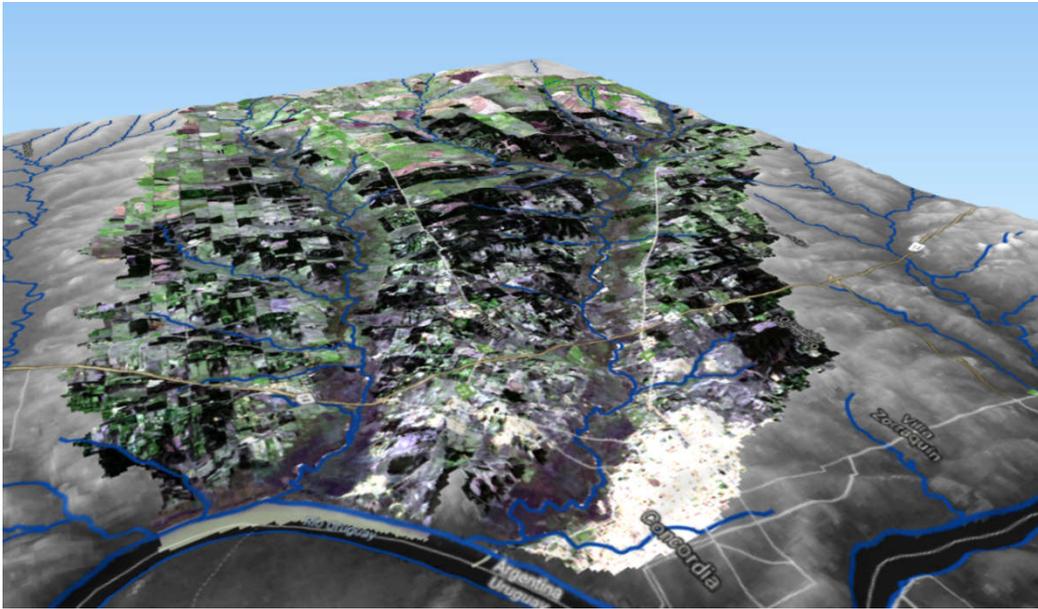


Figura 2: Mapa 3D coberturas y usos de cuencas, imagen Landsat 8 OLI agosto 2017
FCC_432_RGB, fuente USGS.

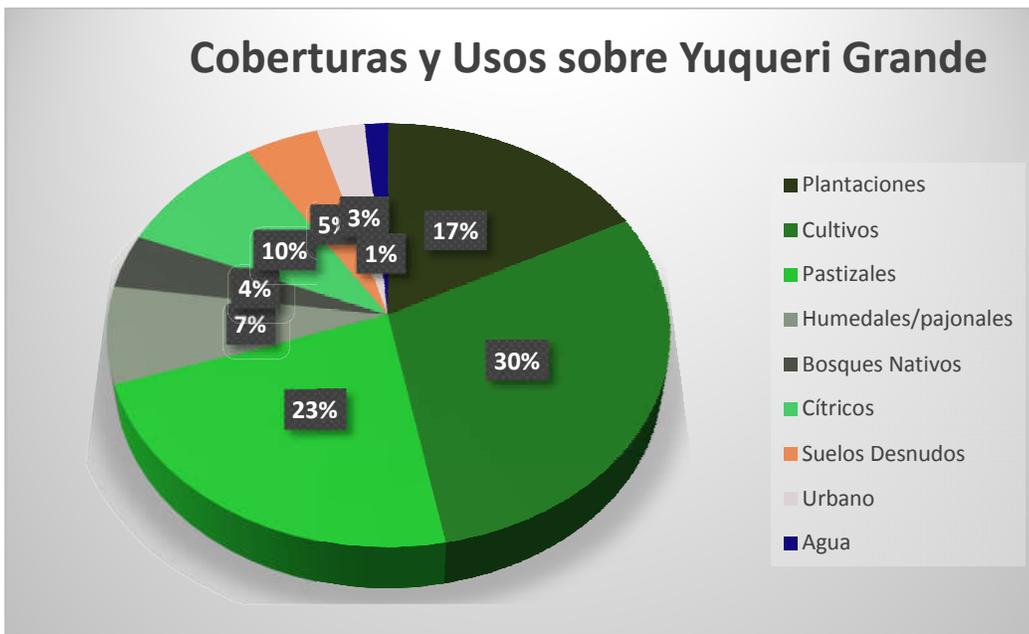


Figura 3: Tipificación de coberturas y usos del suelo

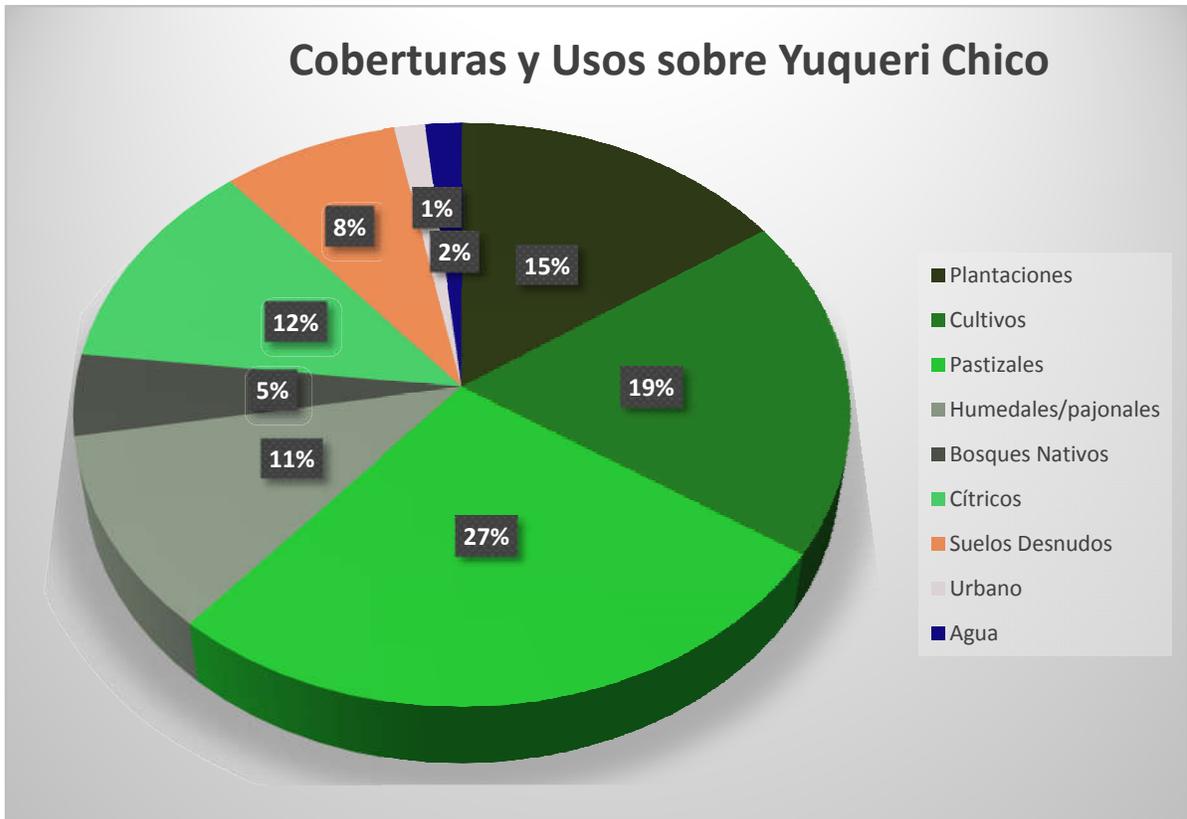


Figura 4: Tipificación de coberturas y usos del suelo

Cuenca	ha	Altura media	mediana	mínima	máxima	moda	d.máxima	d.mínima
YGR	70067,97	48,9	51	0	82	54	31	51
YCH	36234,31	43,5	45	1	76	47	31	44

Figura 5: Características altimétricas de cuencas

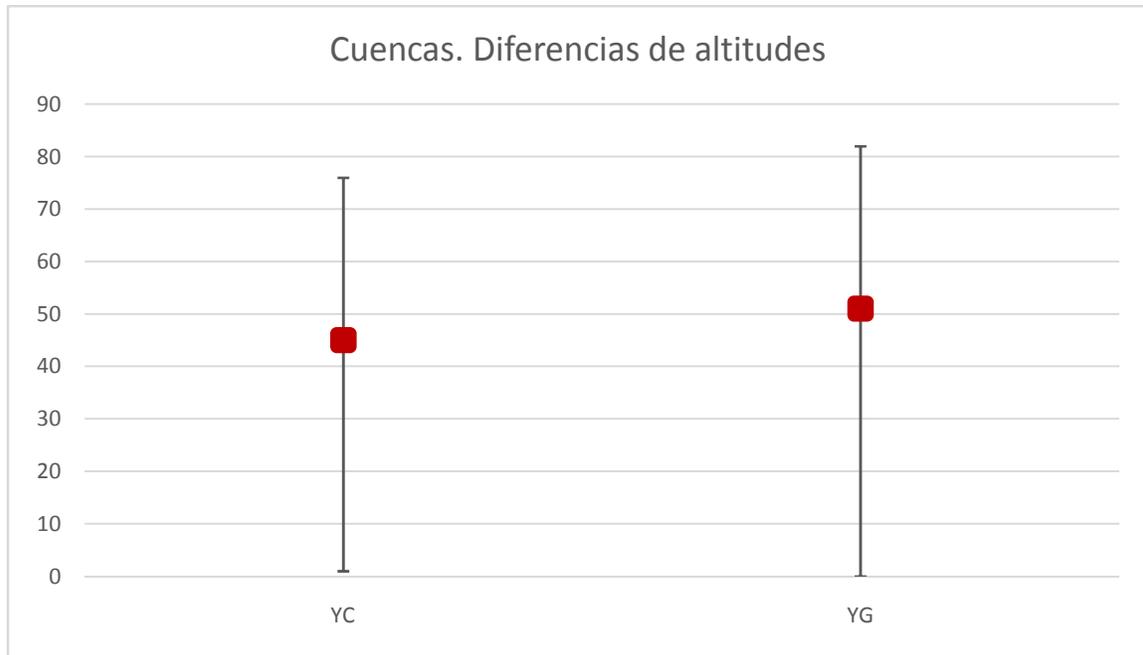


Figura 6: Distribución de datos altimétricos.

Discusión y Conclusión:

Hay que tener en cuenta que el modelo digital de elevación fue obtenido del producto SRTM el cual no indica la altura a nivel superficie sino del dosel, por lo tanto, los bosques nativos incrementan la altura del terreno, disminuyendo la probabilidad de inundación. Asimismo, por ser coberturas arbóreas que absorben gran cantidad de agua, disminuye la magnitud del riesgo de inundación.

Capítulo 3. Estructura de coberturas y su relación con las precipitaciones locales y regionales.

Introducción:

La teledetección permite analizar los patrones de acumulación superficial de agua, dado que provee de información tanto de las condiciones hídricas, cotas y coberturas antes y después de una inundación (Karen, y otros. 2009). Las ventajas del uso de los datos satelitales son la consistencia cartográfica de éstos, también la capacidad para manipularlos computacionalmente y el hecho de que los sensores miden las propiedades físicas de las cubiertas terrestres (Dekker, y otros. 1997).

Si bien las imágenes ópticas presentan limitaciones en cuanto a su disponibilidad en días nublados, los cuales son aquellos que presentan mayor información de la acumulación de agua en una cuenca luego de las tormentas, la adquisición de datos en días posteriores a una gran precipitación permite evaluar las zonas más afectadas y el grado de escorrentía que presenta la cuenca (Hernández y otros, 2002). Existen numerosos trabajos que aplican sensoramiento remoto para la estimación de áreas vulnerables a inundación (Khan, y otros. 2011, Taubenböck, y otros. 2011, Klemas 2015); también, sobre áreas inundadas tras eventos extremos de precipitación (Sanyal y Lu, 2004, Klemas 2015).

Las imágenes SAR del sensor, SENTINEL 1 de banda C, que mide en la longitud de onda 5,404 GHz polarizaciones H/V, permiten la obtención de datos en cada pasada ya que la onda penetra las nubes de ser necesario. En este sentido el desarrollo de la tecnología nacional SAR está muy bien dispuesta y la

constelación SAOCOM de banda L está en órbita y funciona perfectamente. Un instrumento ideal para los estudios que comprometen cuestiones hidrológicas.

Los escenarios temporales analizados en este apartado, corresponden a mayo de 2018 cuando la tormenta local castiga la zona, y río Uruguay alcanzaba los 9 msnm; siendo lo normal de 6 msnm; y a mayo de 2017 donde la cuenca alta del río Uruguay, y la zona del departamento de Concordia, Federación y en el Norte de la Provincia de Corrientes (Monte Caseros) fue la que sufrió por las precipitaciones. El impacto en este último caso produjo el corte de la ruta nacional Nº 14, y la ruta provincia Nº 28; y a nivel local el corte de la Av. Presidente Frondizi, la Av. Presidente Perón, la Av. Presidente Illia, y la Av. Monseñor Ricardo Rösch; además de las tantas familias que debieron ser evacuadas (El Heraldó Concordia). La altura del río en ese entonces superaba los 13 msnm, creciendo. La alerta es a los 11 msnm y la evacuación a los 12,5 msnm.

Objetivos de este capítulo:

Evaluar el área de las coberturas afectadas por la inundación tras eventos de precipitación local y regional.

Materiales y métodos:

Con dos imágenes radar Sentinel 1 (banda C) SAR, fuente COPERNICUS ESA, datum WGS 84 se mapeó la superficie que el agua cubrió por completo la ve-

getación. Para obtener el área inundada de mayo de 2018 (Figura 7 y 8), se seleccionaron los píxeles más oscuros con la calculadora ráster, y se los sumaron como una máscara, estimándose sobre las clases Coberturas-Usos que se superpusieron; en QGIS vista 3D. No se tuvieron en cuenta las zonas afectadas, donde la vegetación generó scattering mezclando la señal del agua. Acompaña un mapa de las precipitaciones (Figura 9). Luego la exploración de los datos afectada por la inundación (Figura 10)

Para mapear el escenario de junio 2017 (Figura 11 a 15) se realizó el mismo proceso anterior.

Resultados:

Coberturas

- Aproximadamente el 60% del anegamiento se produjo en áreas naturales y seminaturales de las coberturas, para estos casos del 10 y 20 % inundado.

Vistas 3D incidencia de la precipitación local mayo 2018

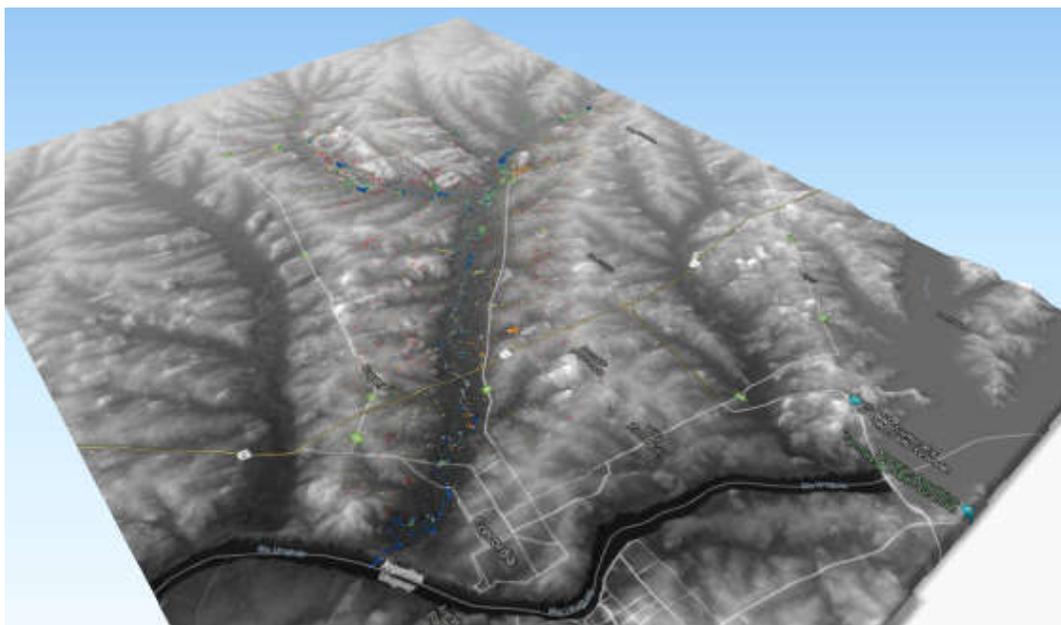


Figura 7 Mapa máscara inundación de coberturas-usos, Sentinel 1 sobre DEM Yuquerí Grande

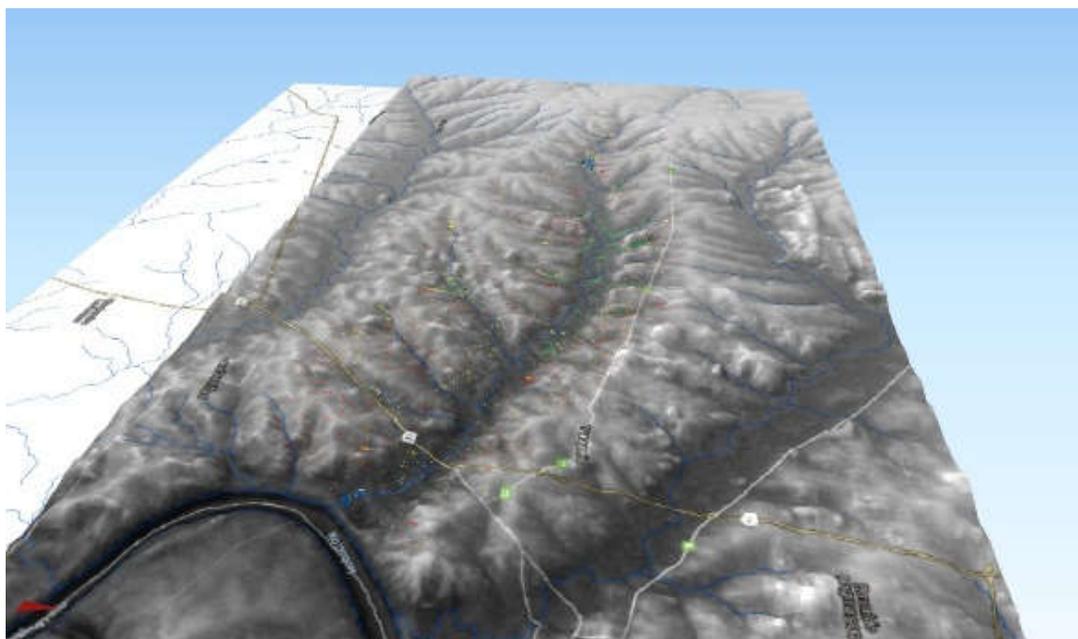


Figura 8 Mapa máscara inundación de coberturas-usos, Sentinel 1 sobre DEM Yuquerí Chico

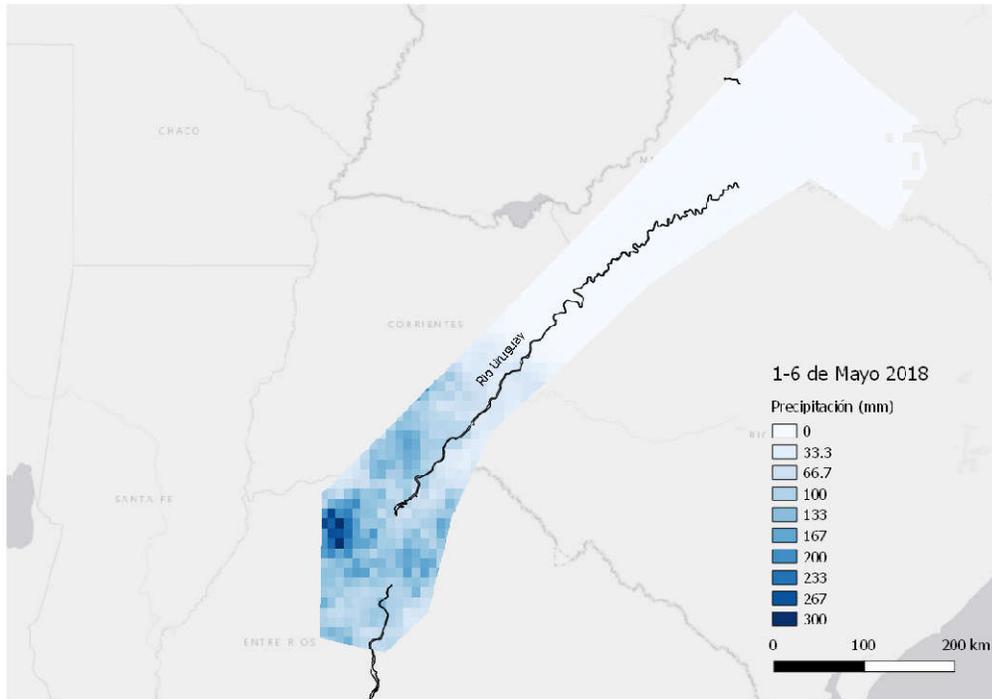


Figura 9: Precipitaciones locales acumuladas entre el 1 al 6 de mayo de 2018 (estimado a partir del satélite GPM).

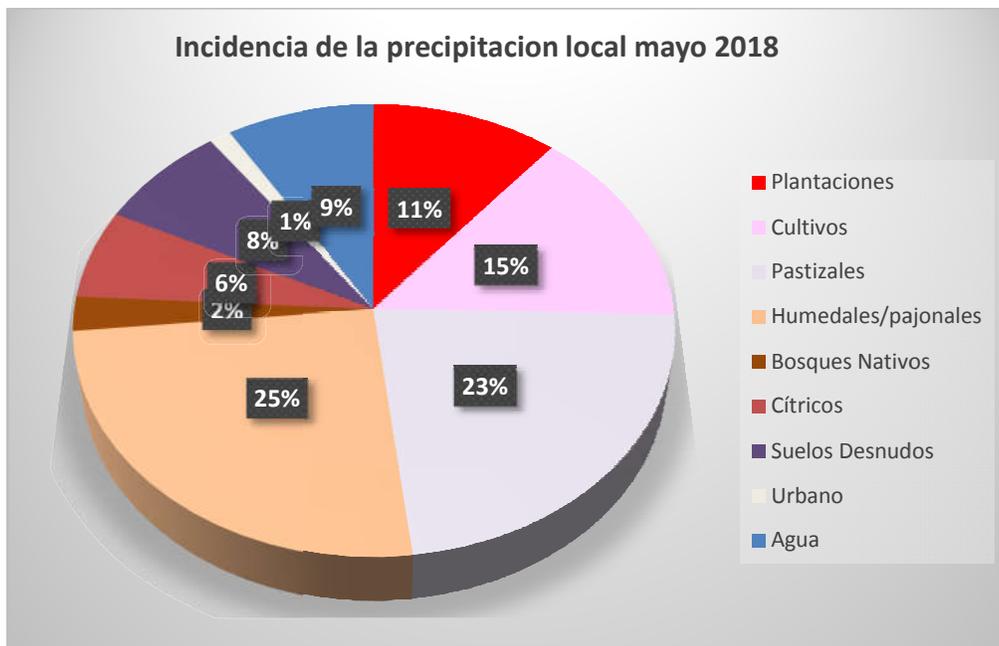
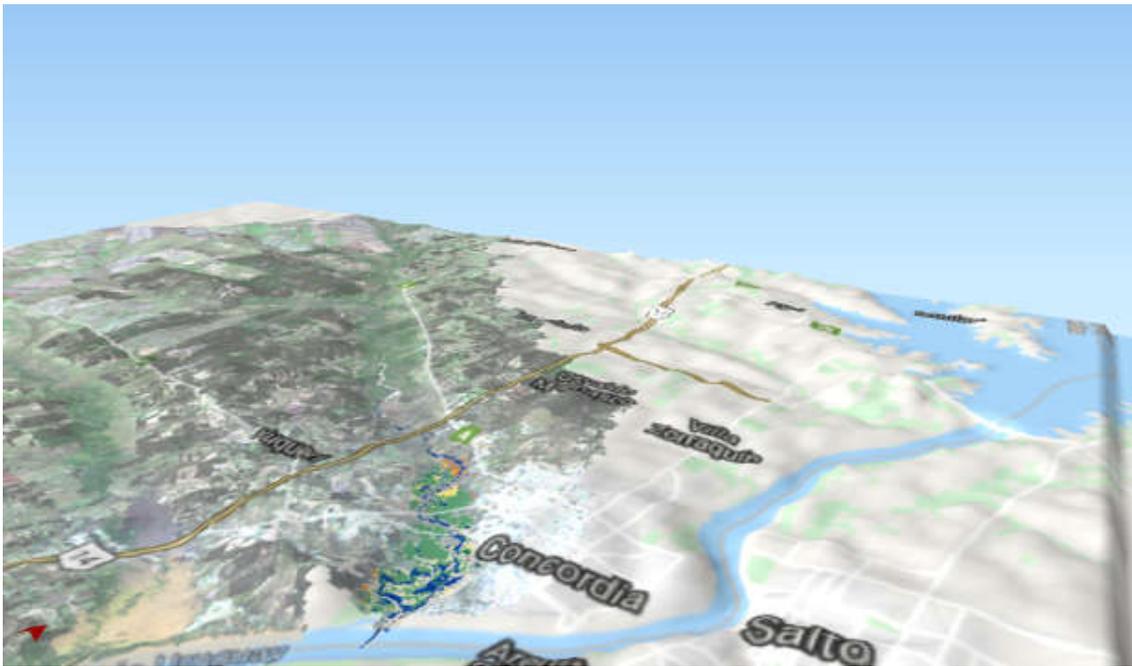


Figura 10: Incidencia de la precipitación local sobre coberturas y usos del suelo, en ambas cuencas.

1

2

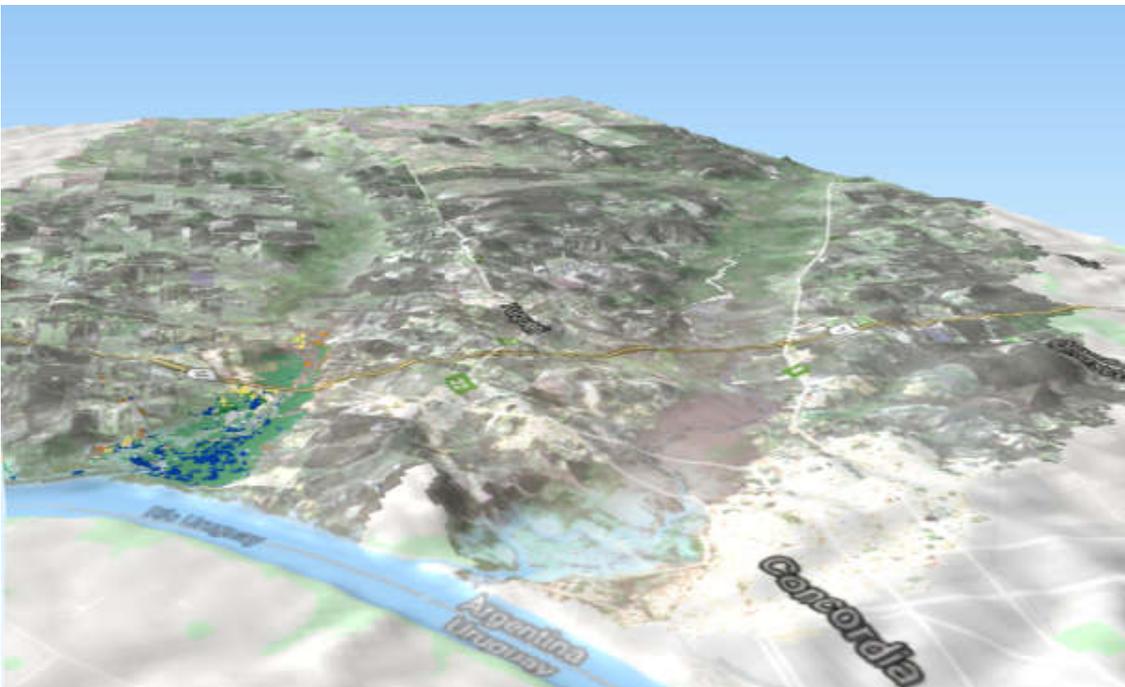
Vistas 3D incidencia de las precipitaciones regionales junio 2017



3

4

Figura 11: Mapa máscara inundación de coberturas-usos, Sentinel 1 sobre DEM Yuquerí Grande



5

Figuras 12: Mapa máscara inundación de coberturas-usos, Sentinel 1 sobre DEM Yuquerí Chico

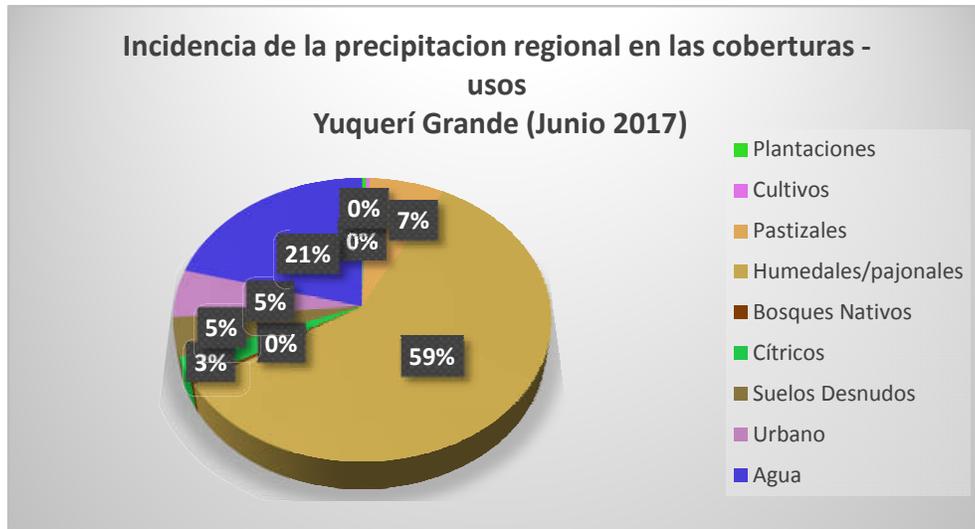


Figura 13: Incidencia de la precipitación regional sobre coberturas y usos del suelo

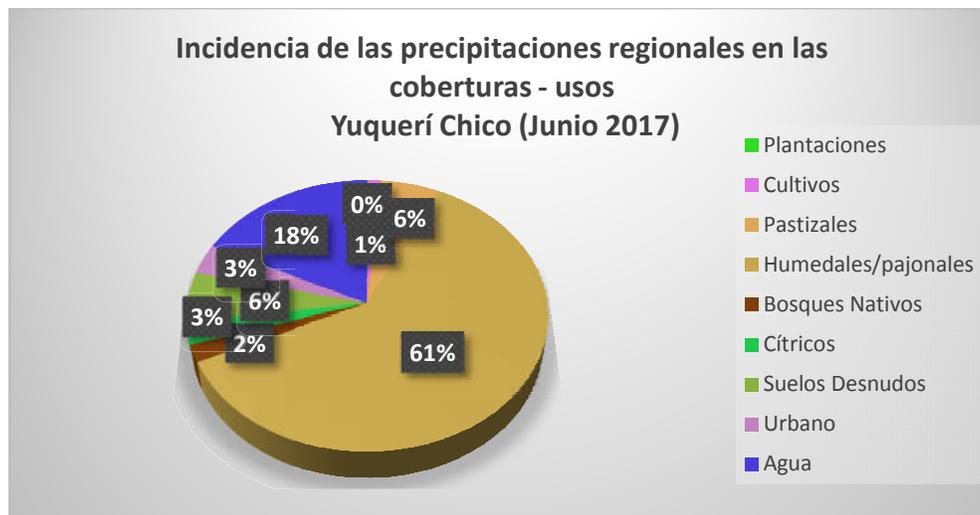


Figura 14: Incidencia de la precipitación regional sobre coberturas y usos del suelo

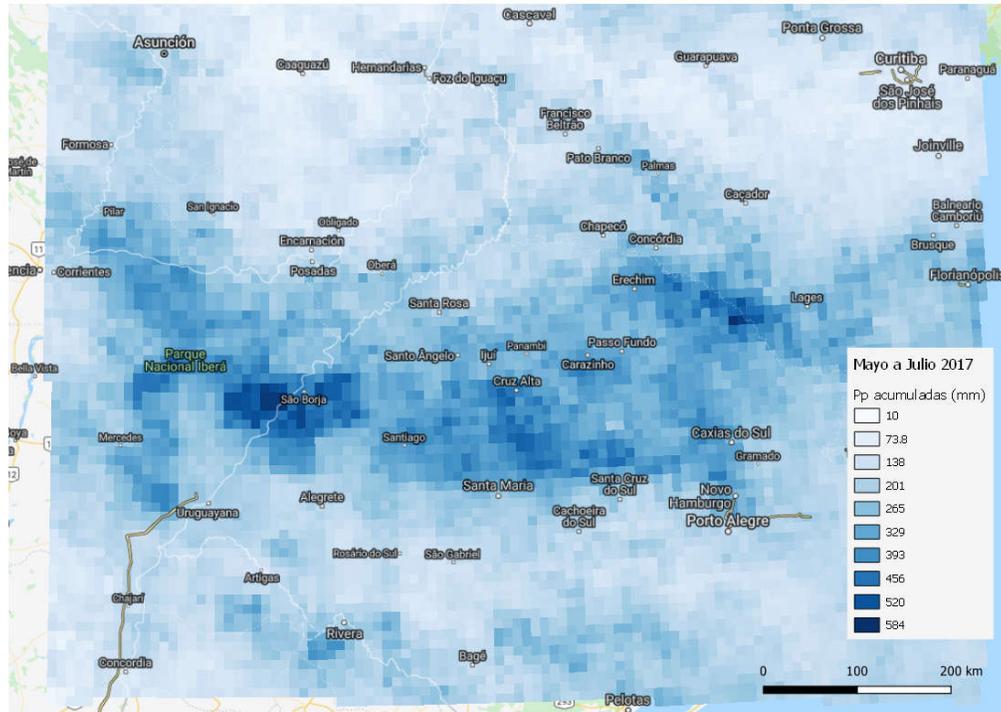


Figura 15: Precipitación regional acumulada mayo a julio 2017, (estimado a partir del satélite GPM).

Discusión y Conclusión:

La poca resistencia al escurrimiento que brindan algunas coberturas probablemente incrementa la velocidad y el caudal aguas abajo, en los períodos de tormentas; aumentando el riesgo de inundación durante los escenarios climáticos intensos. En las áreas medio el tipo de cobertura es fundamental para mitigar las consecuencias del impacto de las cuencas altas. En las zonas bajas la densidad del corredor ripario es importante para ofrecer capacidad de resiliencia. Los efectos del Cambio Climático ameritan medidas de control

de impactos para disminuir la magnitud del riesgo. La agricultura de estación intensiva incrementa el riesgo de anegamiento en las áreas contiguas.

La ciudad de Concordia se encuentra sitiada entre bajos, y se erige protegida por defensas. Con la probabilidad de quedar incomunicada por tierra cada vez que la altura del río Uruguay supera los 12 metros y con cierta población en áreas marginales expuestas a las crecidas, la magnitud del riesgo es elevada; y de regular frecuencia. El área urbana posee una masa de plantaciones forestales alrededor que le brindan cierta protección contra la escorrentía superficial de las cuencas altas que la rodean.

Capítulo 4: Vulnerabilidad a la Inundabilidad.

Introducción:

Para realizar este análisis, no se encontró cartografía suficiente, debiéndose generar la mayor parte de los mapas. La escorrentía en una cuenca depende de diversos factores, entre ellos: Los biofísicos (Moraga Peralta, 2012), la cobertura vegetal y la pendiente; además de las precipitaciones. Hasta hace poco, el suelo se percibía en el contexto de su función para la producción agrícola, sin embargo, los suelos proporcionan muchos más bienes y servicios para la sociedad; por ejemplo, para la protección contra las inundaciones en la zona costera. (Kutílek y Nielsen, 1994. Hillel, 1998).

Objetivo de este capítulo:

El objetivo de este capítulo fue analizar el área de estudio en relación a su vulnerabilidad de inundación. Se describen a continuación la metodología y los resultados obtenidos.

Materiales y métodos:

Se desarrolló un análisis multicriterio a partir de una imagen Landsat 08 de agosto 2017 y de un DEM SRTM fuente USGS-NASA datum WGS 84 (con el software IDRISI 17 versión de prueba) produciendo un mapa de vulnerabilidad a la inundación con las siguientes variables:

- Coberturas-Usos del suelo: asignando, grado menor de vulnerabilidad a aquellas coberturas naturales arbóreas, pastizales humedales, pasando por cultivos y por último suelos desnudos y urbanos. La cartografía se obtuvo por el proceso de clasificación supervisada. (figura 16)

- Distancia al drenaje: asignando un aumento de la vulnerabilidad inversamente proporcional a la distancia al drenaje. Se estimó a partir de la cobertura de drenaje del IGN (SIG 250) mediante buffer. (figura 17)
- Distancia a las rutas: las zonas más cercanas a las rutas fueron consideradas como de vulnerabilidad a la inundación, por el impacto que pueda tener en la sociedad. Se estimó a partir de la cobertura de red vial del IGN (SIG 250) mediante buffer. (figura 18)
- Distancia a caminos consolidados, a menor distancia, mayor vulnerabilidad. Se estimó a partir de la cobertura de red vial del IGN (SIG 250) mediante buffer. (figura 19)
- Distancia a caminos de tierra, a menor distancia, mayor la vulnerabilidad. Se estimó a partir de la cobertura de red vial del IGN (SIG 250) mediante buffer. (figura 20)
- Nivel base de la red de drenaje (interpolación desde los píxeles vecinos, “cerrado de saltos” (Jenson y Dominigue, 1988; Martz y de Jong, 1988) de los niveles base de elevación a partir de la red de drenaje): a menor línea de base, mayor vulnerabilidad. Se estimó a partir del paquete de análisis morfométrico del programa SAGA utilizando el DEM SRTM. (figura 21)
- Depresiones cerradas, a mayor grado de depresión, mayor vulnerabilidad. Consideradas áreas inundables (García Rivero, 2017). Se estimó a partir del paquete de análisis morfométrico del programa SAGA utilizando el DEM SRTM. (figura 22)
- Índice topográfico de humedad, estimada en función de la pendiente al riesgo de acumulación de agua (Wilson and Gallant, 2000), a mayor

índice, mayor vulnerabilidad. Se estimó a partir del paquete de análisis morfométrico del programa SAGA utilizando el DEM SRTM. (figura 23)

Todas las variables se re-escalaron entre los valores 0 (menor vulnerabilidad) y 255 (mayor vulnerabilidad). Luego se consideraron los pesos para cada variable a través de un análisis ponderado jerárquico (Eastman, 2012) quedando de la siguiente manera:

- Cobertura/ usos del suelo: 0.0889
- Distancia al drenaje: 0.1172
- Distancia a las rutas: 0.0398
- Distancia a caminos consolidados: 0.0258
- Distancia a caminos de tierra: 0.0248
- Nivel base de la red de drenaje: 0.2665
- Depresiones cerradas: 0.2665
- Índice de humedad: 0.1707

En este sentido, se priorizaron las variables topográficas y de drenaje por sobre las demás. Por último, se integraron y el producto fue nuevamente reclasificado a valores entre 0 y 10, siendo 10 el grado máximo de vulnerabilidad a la inundación (Figura 24) de relación logarítmica.

Por otra parte se cruzaron las coberturas/usos del suelo con los grados de vulnerabilidad de inundación y se analizó la superficie relativa de cada clase en cada grado de vulnerabilidad. Además, se estimaron cinco zonas buffer consecutivas (de 90m) alrededor de los arroyos y se cruzó también con la capa de coberturas/usos del suelo a fin de contabilizar la proporción relativa de categorías en función de la distancia al drenaje (Figura 25 a 28).

Variables estandarizadas ilustrativas

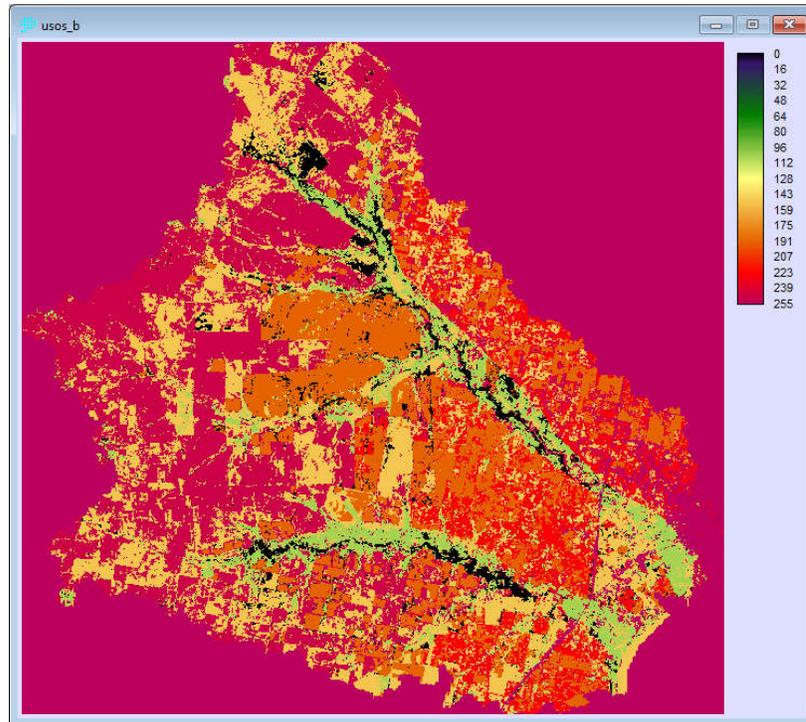


Figura 16: Coberturas Usos

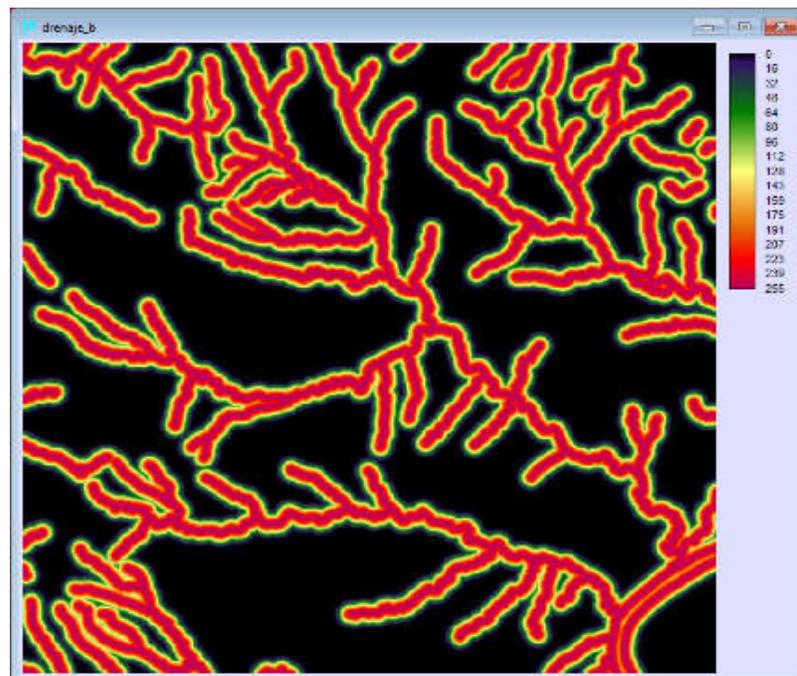


Figura 17 Buffer distancia al drenaje

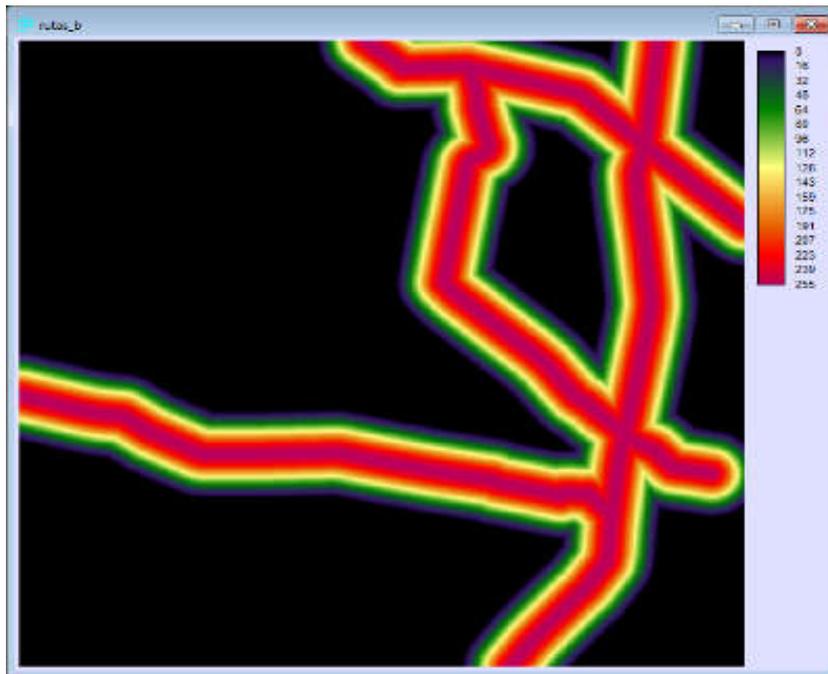


Figura 18: Buffer distancia a rutas

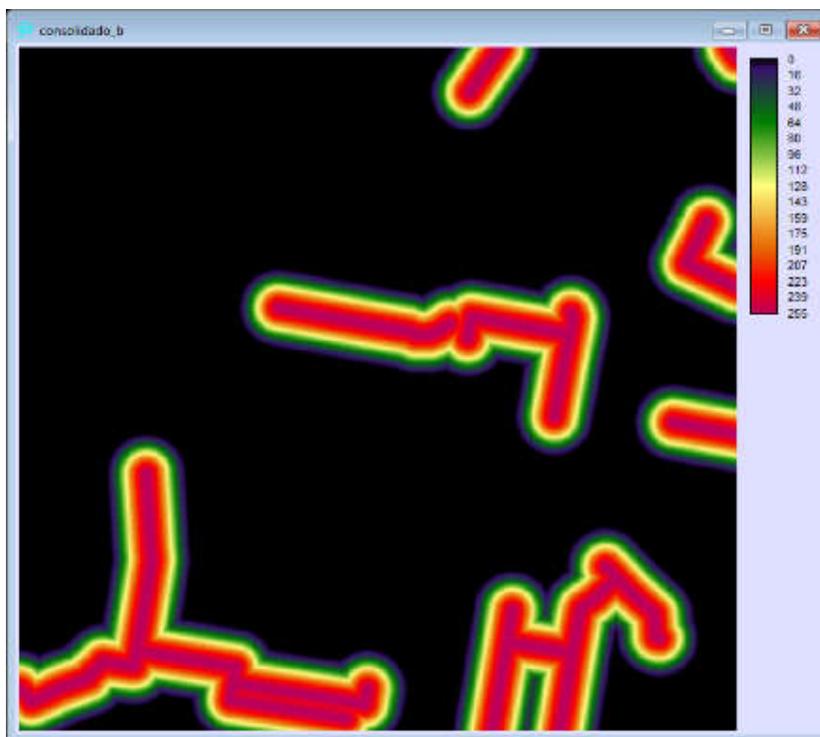


Figura 19: Buffer distancia caminos consolidados



Figura 20: Buffer distancia caminos de tierra

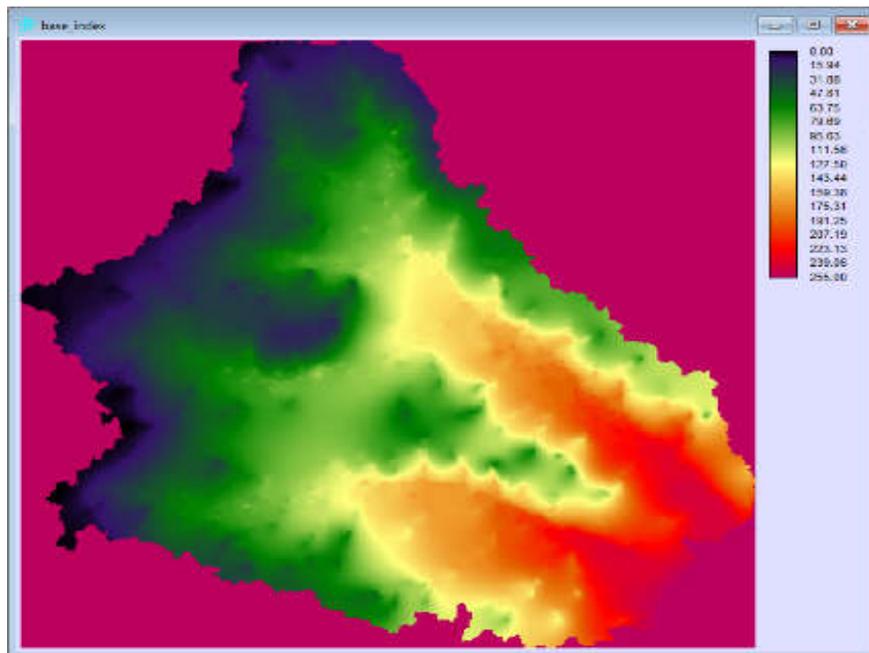


Figura 21: Nivel base

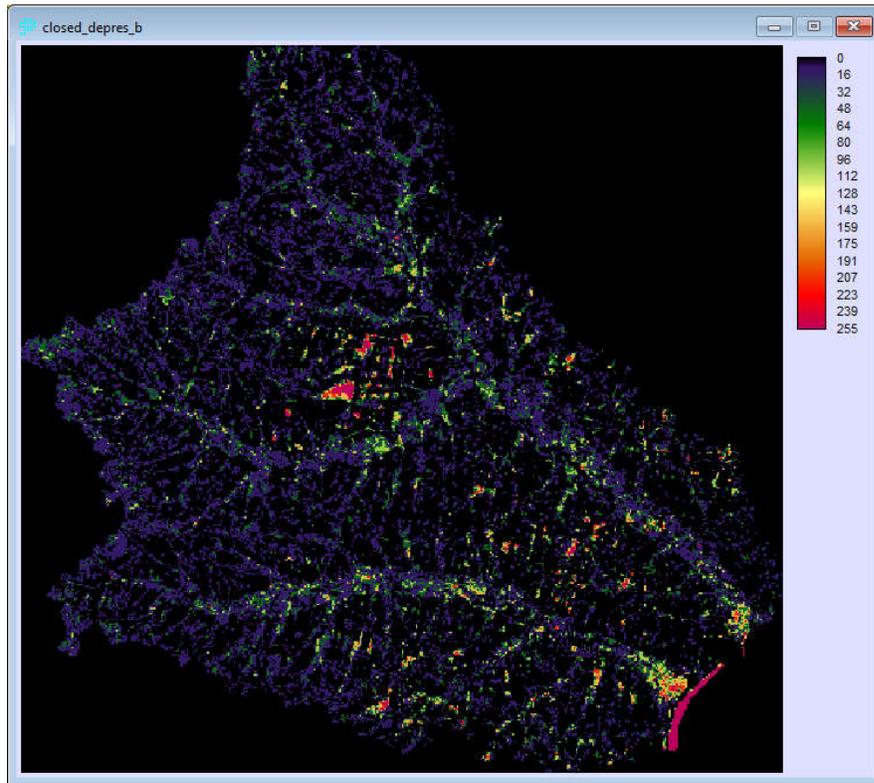


Figura 22: Depresiones

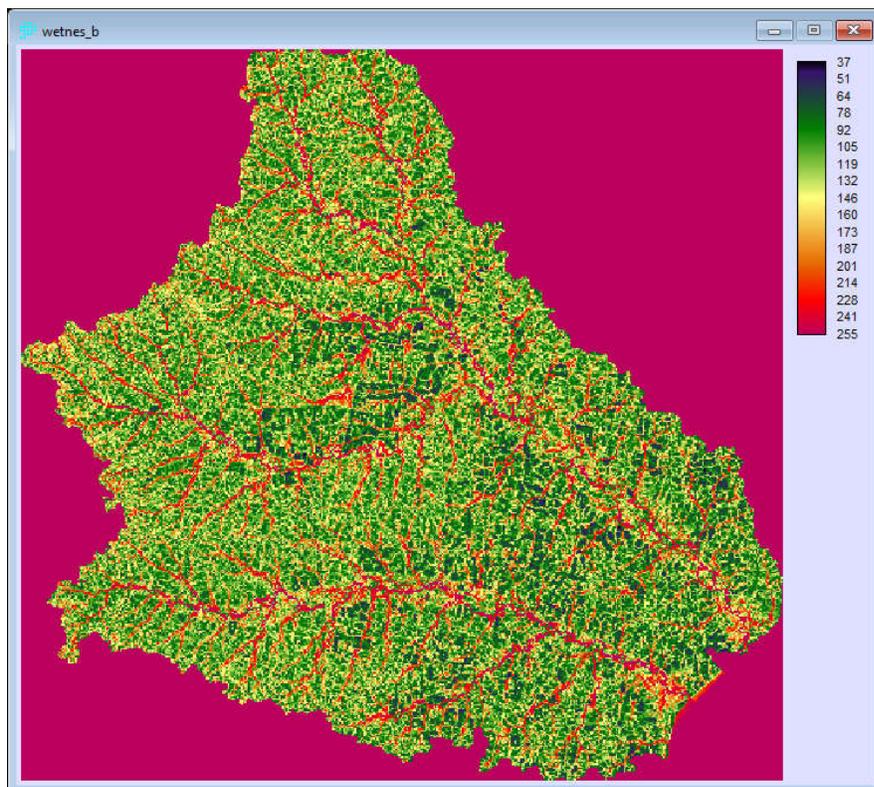


Figura 23: Índice de humedad

Resultados:

A medida que la vulnerabilidad a la inundación es mayor, decrecen las superficies de los bosques nativos, y la de los pastizales; y aumentan la de los humedales y en la de máxima vulnerabilidad, los cuerpos de agua permanentes (Figura 24).

En las zonas con menor grado de vulnerabilidad a la inundación (Figura 25) vemos que predominan las pasturas y bosques nativos (espinales).

Los cultivos extensivos son más abundantes en áreas de vulnerabilidad baja (Figura 26) y disminuye con el aumento de la misma. Vemos que los pastizales presentan un leve aumento cerca de los arroyos, pero prácticamente su porcentaje de superficie en distintas distancias de los arroyos se mantiene constante (Figura 27). Los humedales presentan un máximo a partir de los 180m de distancia a los arroyos y a partir de los 270m comienzan a disminuir. Los bosques nativos son más abundantes con la cercanía al drenaje. Los pastizales se encuentran asociados a tierras altas y con algunas especies de árboles del espinal. Los mismos son utilizados para ganadería. Es muy probable, con ello, que áreas cercanas a los arroyos sean explotadas con pastoreo y esto haga que en todo tipo de situaciones se hallen pastizales.

En los usos del suelo vemos una relación positiva con la distancia a los arroyos (Figura 28). Analizando ambos gráficos, vemos que cerca de los arroyos prevalecen las coberturas naturales. A su vez vemos que existe una proporción significativa (equivalente a la de los humedales) ocupada por cultivos extensivos cerca de los arroyos.

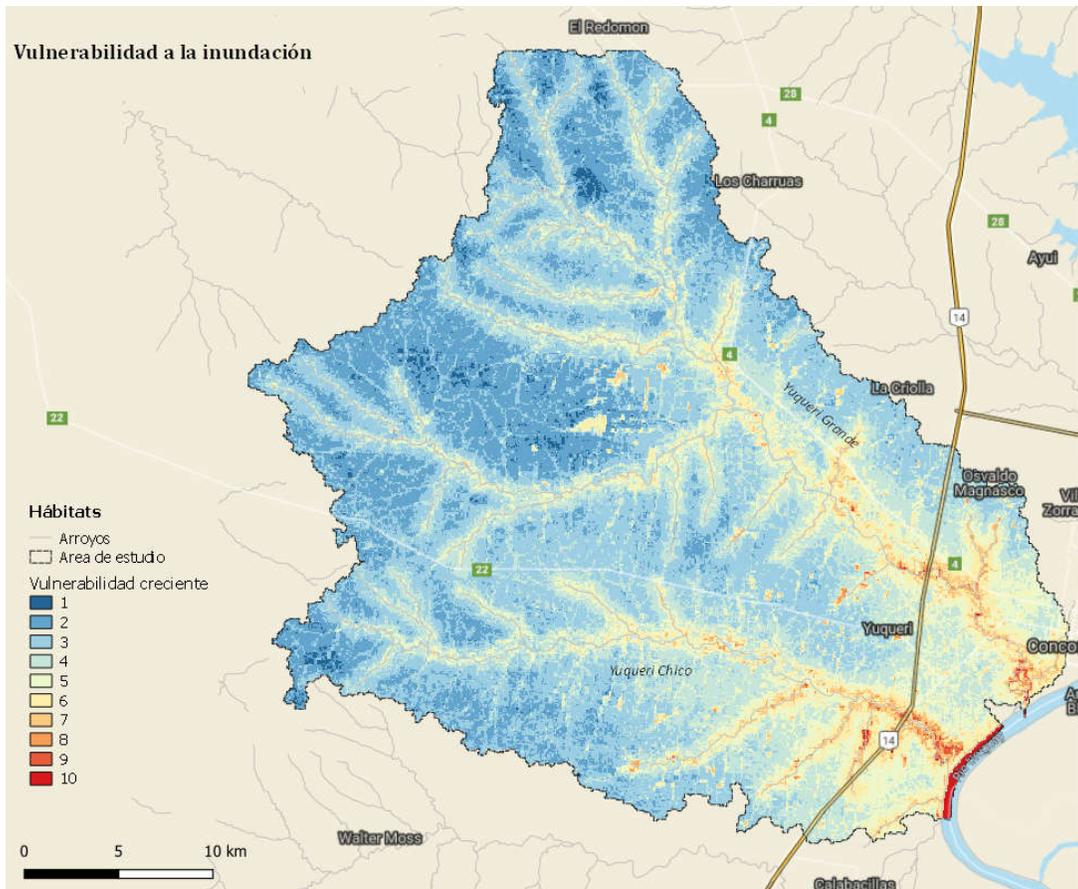


Figura 24: Mapa vulnerabilidad a la inundación, elaboración propia.

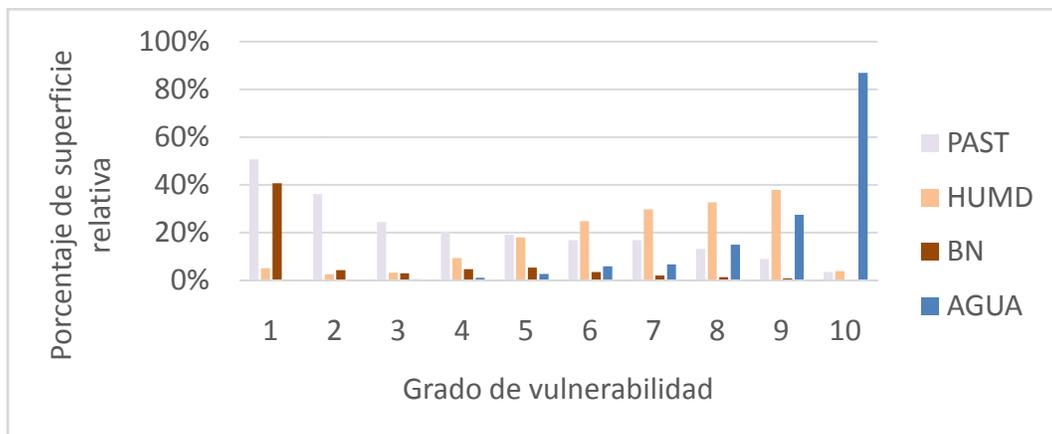


Figura 25: Vulnerabilidad de Coberturas naturales y seminaturales.

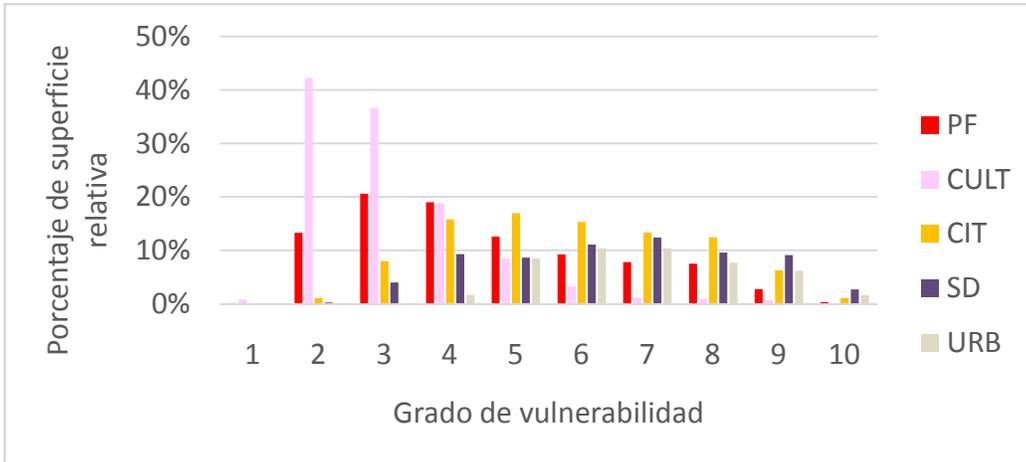


Figura 26: Vulnerabilidad Usos del suelo.

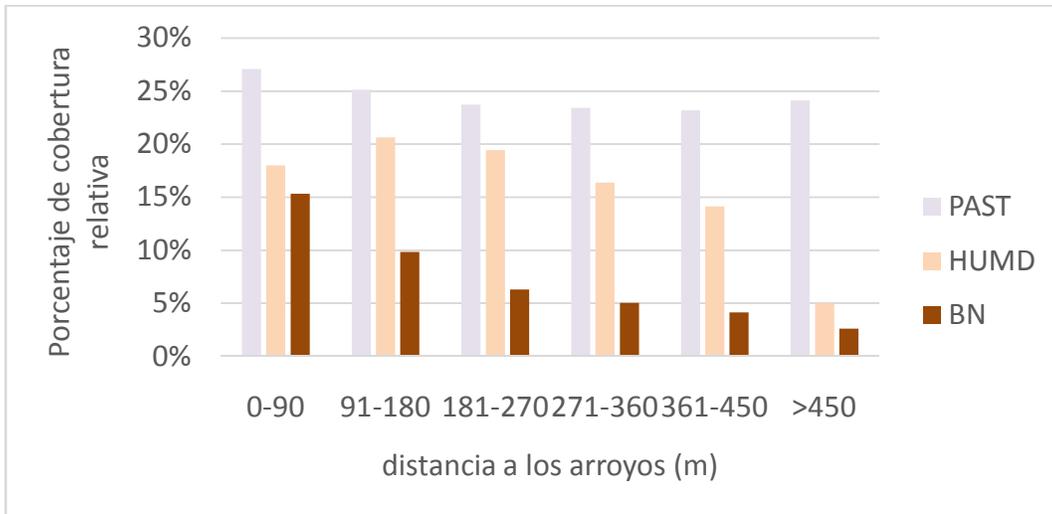


Figura 27: Distribución coberturas naturales y seminaturales.

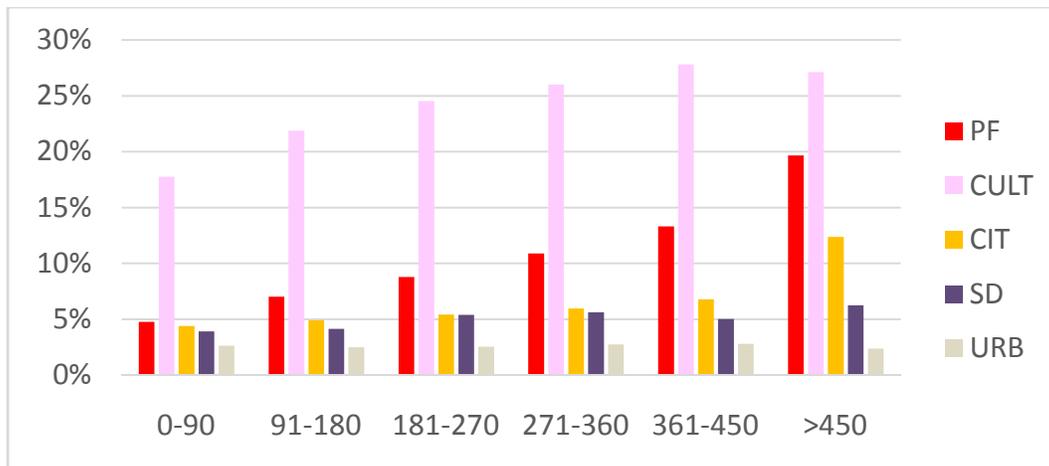


Figura 28: Distribución de los Usos del suelo.

Discusión y Conclusión:

Las plantaciones forestales se encuentran en mayor abundancia sobre las zonas de vulnerabilidad 2 a 5, descendiendo lentamente hasta una vulnerabilidad 9 donde el porcentaje es de 2.5% y en la vulnerabilidad 10 menor a 1%.

Los cítricos, presentan su pico de cobertura entre los grados de vulnerabilidad 4 a 8, descendiendo en el grado 9 (7% de cobertura) y en el grado 10 se observó un 1% de cobertura.

Las zonas urbanas están principalmente desarrolladas cercanas al río Uruguay y otros arroyos, con lo cual existió un considerable porcentaje de cobertura en los grados de vulnerabilidad altos (8 y 9) y existiendo zonas en el grado 10.

Dado que se observó que los cultivos no se encuentran abundantemente en las zonas de mayor vulnerabilidad a la inundación, esta proporción cerca del drenaje equivale posiblemente a cultivos en las nacientes de los arroyos y serían para usos arroceros.

Capítulo 5. Consideraciones y conclusiones sobre la vegetación riparia como amortiguador de la inundabilidad.

Introducción:

La norma que regula el ordenamiento para preservar el bosque nativo prioriza el control de las nacientes de los cursos de agua y exige un perímetro de resguardo para su protección, que depende fundamentalmente del orden en el curso de agua, estableciéndose en la actualidad solamente para los arroyos de 3° orden, 50 m de distancia. Únicamente está conformado hasta la fecha del año 2017 el mapeo del bosque nativo escala 1:250.000 de Federal, Feliciano, La Paz, Paraná, Nogoyá y Rosario del Tala, plasmado por la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos, en convenio con la Dirección General de Recursos Naturales del Gobierno de Entre Ríos.

Objetivos de este capítulo:

Definir áreas de vegetación riparia perimetrales, para la amortiguación de la inundabilidad.

Materiales y métodos:

Se estimó un corredor de vegetación riparia a partir de la clasificación supervisada de coberturas y usos realizada con la imagen Landsat 08, de agosto 2017. Utilizando el módulo Stretch y Overlay de IDRISI 17 para definir la aptitud de hábitat. Primeramente, de bosques nativos (Figura 29), y luego, fueron sumados a los primeros las áreas de humedales/pajonales (Figura 30). Para ello se seleccionaron aquellos fragmentos que cumplían las siguientes condiciones:

- Fragmentos con áreas núcleo de, al menos, 50 km² con una distancia al perímetro mínima de 250 m, denominados hábitats primarios.
- Fragmentos con áreas núcleo de, al menos, 2 km² con una distancia mínima de 125m al perímetro, denominados hábitats secundarios
- Fragmentos con una distancia mínima desde su centro al perímetro de 125m, denominados: corredor primario.
- Fragmentos con una distancia mínima desde su centro al perímetro de 90m, denominados: corredor secundario.

Finalmente el análisis se realizó con el módulo Land Change Modeler, también del software IDRISI 17. Con el corredor ripario potencial superpuesto con las zonas de vulnerabilidad a inundación, con el fin de identificar las zonas críticas y prioritarias a restaurar (Figura 31).

Resultados:

Se hallaron pocos fragmentos nativos protegiendo a los arroyos. Sin embargo, al agregar el humedal a la matriz donde se halla el bosque nativo, el potencial del corredor ripario aumentó.

Se encuentra aprecia consumido el estado natural de la vegetación riparia en ciertas zonas en ambas cuencas.

Las actividades humanas han invadido un área fundamental de protección contra inundaciones.

La sobre explotación del área de vegetación riparia pone en peligro el ecosistema de forma integral.

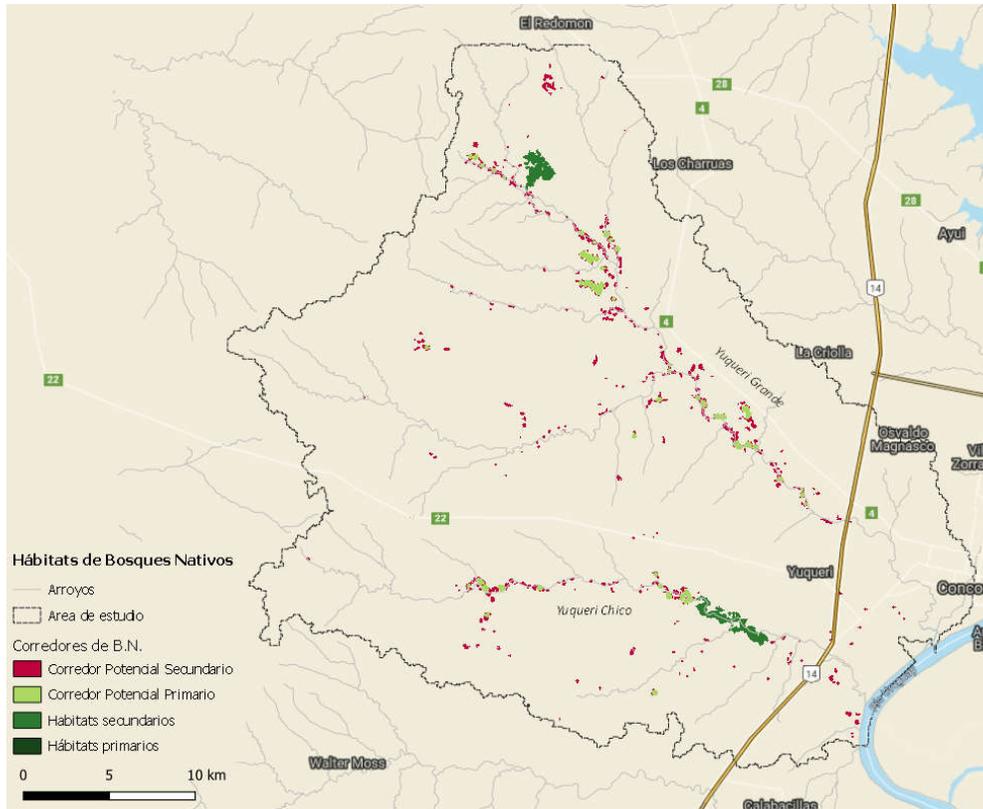


Figura 29: Mapa corredor ripario, potencial bosque nativo, elaboración propia.

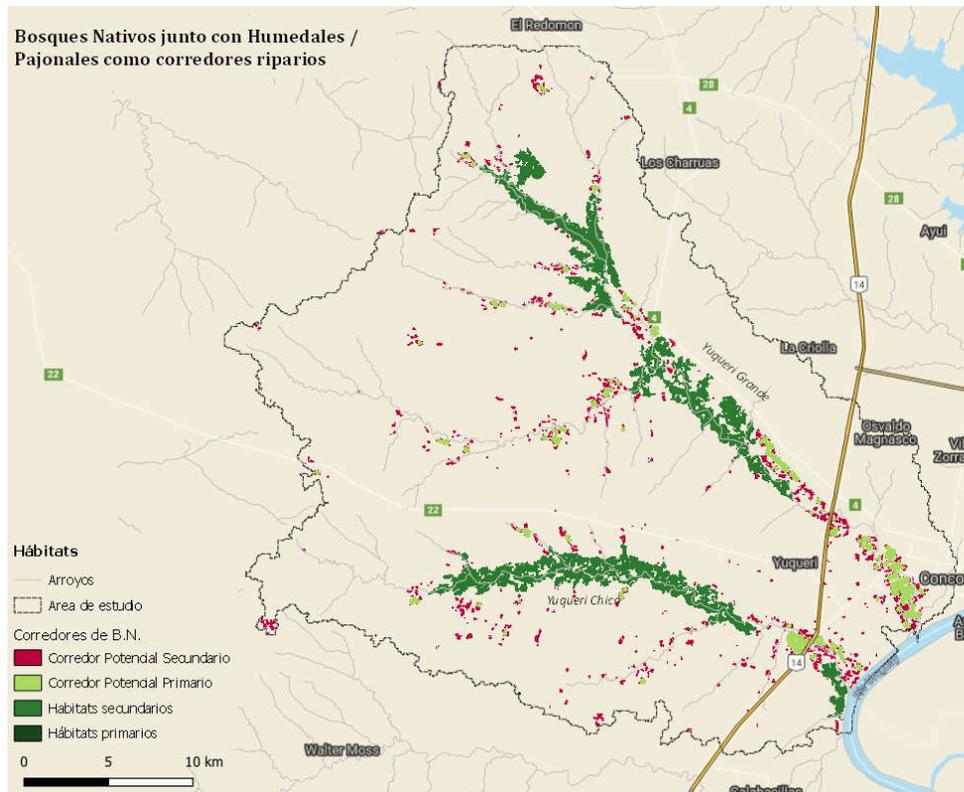


Figura 30: Mapa corredor ripario, potencial bosque nativo y humedales, elaboración propia.

Discusión y conclusión:

Se identificaron tres zonas de riesgo primordiales para gestionar riesgos. En todas ellas la exposición del corredor ripario a las diferentes actividades humanas productivas debilita su capacidad de amortiguación.

Es fundamental el brindar seguridad para el usufructo sustentable de las cuencas, principalmente protegiendo los corredores de vegetación riparia de bosque natural ampliados con el humedal, ya que actúan como amortiguadores contra inundaciones entre otros servicios ecológicos. Especialmente sobre las zonas alteradas por las actividades humanas, cercanas a las desembocaduras de los arroyos sobre el río Uruguay. Justamente, las que más sufre los impactos de inundación. Debería controlarse el cumplimiento de las normas operativas de protección. Además de atender las nuevas medidas de gestión, que incorporan al humedal como área de interés; ya que restan sean operativas y funcionales.

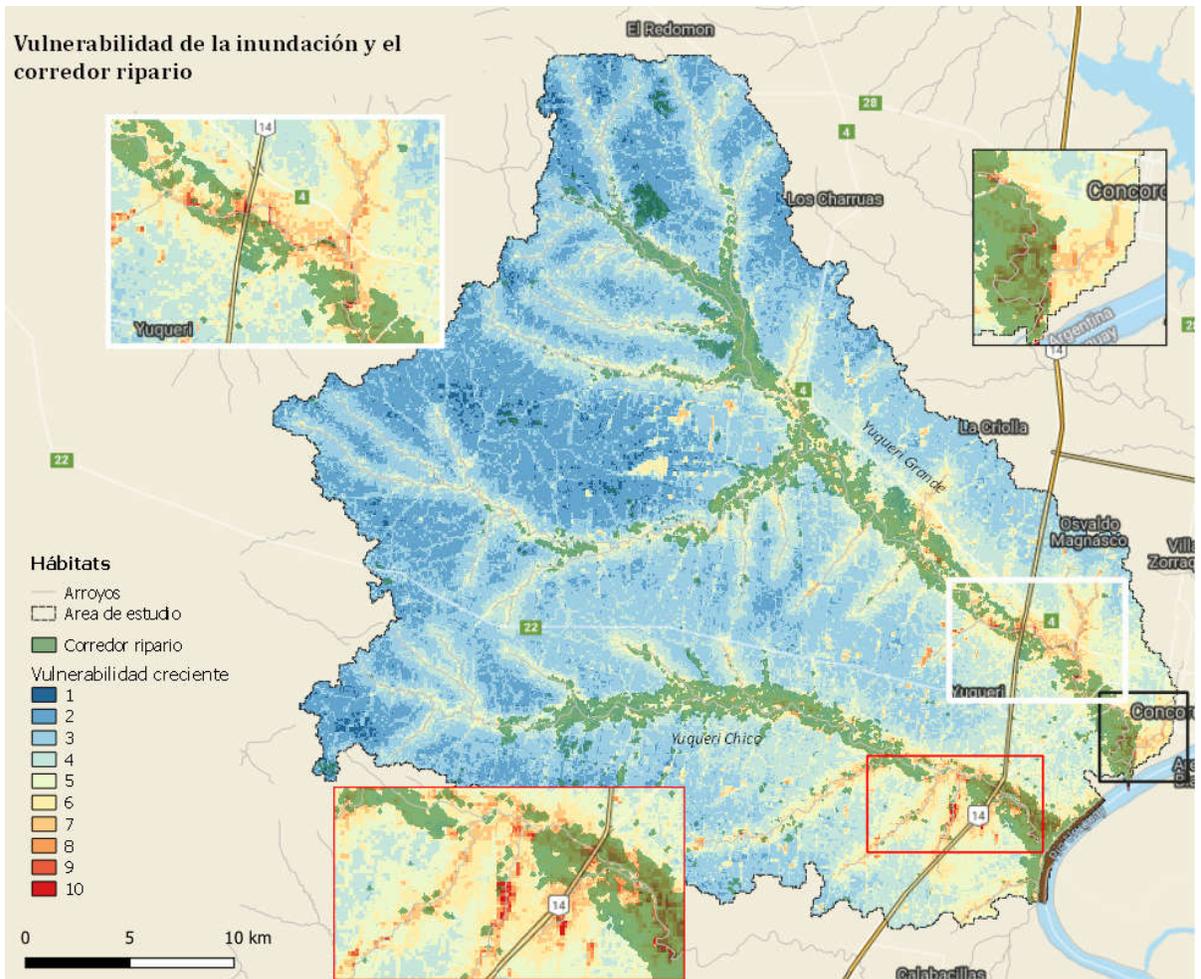


Figura 31: Mapa zonas de riesgos sobre los arroyos Yuquerí, elaboración propia.

Referencias:

Ardila León, J.F. (2013) Aplicación de la teledetección y los sistemas de información geográfica en la interpretación de zonas inundables. Instituto Universitario J. Caldas de Colombia.

Barros, V. R. (2014) Climate change in Argentina: trends, projections, impacts and adaptation. WIREs Clim Change 2014. doi: 10.1002/wcc.316

Barros V. (2005) Inundación y Cambio Climático. Costa argentina del Río de la Plata. Buenos Aires: CIMA; 2005, 41–52.

Barros V. (2013) Escenarios hidrológicos de caudales medios del río Paraná y Uruguay. ECLAC Medio Ambiente y Desarrollo N°154, LC/L.3741, Santiago de Chile, 2013, 57.

Cabrera, A. L. (1971). Fitogeografía de la República Argentina. Bol. Soc. Argent. Bot, 14(1-2), 1-42.

Dekker A.G., Hoogenboom H.J., Goddijn L.M. & Malthus T.J.M. (1997) The relationship between inherent optical properties and reflectance spectra in turbid inland waters. Remote Sensing Reviews, 15, 59–74

Eastman, J.R. (2012) Land Cover Prediction Flow Chart, Scientific Diagram.

Engler, P., Rodríguez, M., Cancio, Ri., Handloser, M., & Vera, M. (2008). Zonas AgroEconómicas Homogéneas Entre Ríos (Vol. 6). Concordia. <https://doi.org/10.1851-6955>

Hernandez Ana M. Uso de la información espacial para la gestión de emergencias. CONAE 2002.

Hillel D. et al. (1998) Física ambiental del suelo. Fundamentos aplicaciones y consideraciones ambientales. Prensa académica.

Jay Sanyal (2003). Application of Remote Sensing in Flood Management Special Reference to Monsoon Asia.

Khan S.I et al. (2011) Satellite Remote Sensing and Hidrologic Modeling for Flood Inundation Mapping in Lake Victoria. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Vol 49 N1.

Karen E. et al. (2009) A review of the status of satellite remote sensing and image processing techniques formapping natural hazards and disasters. Progress in Physical Geography. DOI: 10.1177/0309133309339563

La economía del cambio climático en la Argentina. Primera aproximación, 2014 (CEPAL). <http://www.repositorio.cepal.org/>

Lillesand, T.M. y R.W. Kiefer (2008) Remote Sensing and Image Interpretation, New York, John Willey and Sons.

Moraga Peralta Julio C. (2012) Modelo cartográfico para un ordenamiento en cuencas hidrográficas. Revista Geográfica de América Central. N: 49 pp. 39-72

Moreno-Casasola P (ed) 2016. "Servicios ecosistémicos de las selvas y bosques costeras de Veracruz". INECOL-ITTO CONAFOR-INECC 360 Pág.

Nosetto M.D. (2011) The hydrologic consequences of land cover change in central Argentina Grupo de Estudios Ambientales, IMASL, Universidad Nacional de San Luis & CONICET, San Luis, Argentina

Sandoval M, Jhonston M.P., Derguy M.R, Drozd A.A. 2016. “Estimación de la superficie forestada en los Departamentos de Colón, Concordia y Federación, Entre Ríos en el período 1985 – 2015 con imágenes LANDSAT 5 y 8” XXX Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia.

Sepulcri, M.G. (2012). Cartografía de susceptibilidad hídrica en el delta del río Paraná. Instituto de Clima y Agua. CIRN INTA

Upmeyer, M. (2009). Protecting Our Streams. New Jersey: ANJEC.

Anexo capturas fotográficas arroyo Yuquerí



31°21'6.70"S 58°22'5.02"O



31°14'13.85"S 58°20'32.49"O



31°14'59.76"S 58°18'34.72"O



31°15'53.61"S 58°12'22.18"O



31°16'49.10"S 58°11'29.38"O



31°21'22.50"S 58° 5'39.80"O



31°23'27.91"S 58° 2'47.17"O