

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE



**Determinación del riesgo por inundación en el valle
del río Limay, tramo Arroyito-Confluencia.**

**Licenciatura en Saneamiento y
Protección Ambiental.**

**Facultad de Ciencias
del Ambiente y la Salud**





Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay;
Tramo Arroyito-Confluencia.*



TESISTA

David Esteban Barra. (Leg. N° 100363)

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Ana Cecilia Dufilho – FACIAS – Universidad Nacional del Comahue.

CO-DIRECTORA DE TESIS

Lic. Giselle Orellano – Universidad Nacional del Comahue.



Resumen

El hombre, como el resto de los seres vivos, se encuentra sometido en cierta medida al medio natural que lo rodea. Es precisamente la naturaleza, tanto viviente como inanimada, la que proporciona los elementos necesarios para la existencia de las sociedades humanas. Pero a medida que el hombre y sus actividades socioeconómicas se expanden, la interferencia con la naturaleza y su dinámica son cada vez mayores, lo cual implica una mayor exposición a ciertos fenómenos naturales.

Uno de los fenómenos naturales que más implicancia ha tenido en el último tiempo en su interacción con el hombre y sus sociedades son las inundaciones, provocando pérdidas al ser humano de toda índole, desde vidas humanas hasta pérdidas económicas. Si bien es cierto que algunos eventos extremos, en particular las inundaciones pueden tener un origen natural, en ocasiones el hombre aumenta la peligrosidad de los mismos debido a su accionar (deforestación que aumenta los procesos de escorrentía, impermeabilización del suelo debido al avance urbano, ocupación de la franja de ribera, construcción de represas, etc.).

En el área de estudio a partir de la década del 70, se modificaron drásticamente las dinámicas en cuanto al proceso de urbanización y los usos del suelo, a partir de la creación de los embalses aguas arriba de las principales ciudades. La atenuación de las crecidas por las represas provocó la ocupación de nuevas tierras ganadas en la planicie de inundación del río Limay, para diversas actividades y usos productivos. En los últimos años el creciente aumento demográfico y la consiguiente presión inmobiliaria fue reemplazando paulatinamente dichas zonas con la construcción de nuevos barrios. Esta expansión urbana sin planificación genera un aumento en la peligrosidad y por ende del riesgo.

El peligro asociado a las represas es además la posibilidad de su rotura bajo distintos escenarios, que implicarían inundaciones severas y daños de gran magnitud.

En el presente estudio se determinó el riesgo de inundación producido por una crecida del río Limay de 3200 m³/s que tiene un período de recurrencia de 100 años. Para ello se tomó como información de base las curvas de inundación elaboradas para el Plan de Acción Durante Emergencias (PADE), definidas por la AIC en la delimitación de las líneas de ribera y conexas para los ríos Limay y Neuquén. Se determinaron los distintos usos del suelo en la zona inundable y se analizó la vulnerabilidad de la población según el criterio de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Con el empleo de un Sistema de Información Geográfica se zonificó el peligro según el criterio de altura de agua durante la inundación y se obtuvo la zonificación en diferentes categorías de peligro. Luego se obtuvieron las relaciones entre peligro y vulnerabilidad para obtener la distribución del riesgo en la planicie de inundación del río Limay.



Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay; Tramo Arroyito-Confluencia.*



Los resultados indican que de las 32000 ha de la planicie del valle del río Limay en el tramo Arroyito-Confluencia existen unas 9500 ha que serían afectadas por la crecida de 100 años de las cuales unas 1330 ha, ocupadas por desarrollos urbanos presentan una vulnerabilidad media a alta. Finalmente unas 1691 ha, presentan un riesgo de inundación medio-alto y alto.

Estos avances permiten sugerir a las autoridades que deben prestar atención en la planificación del desarrollo urbano atendiendo a la probabilidad de crecidas extraordinarias con el potencial de provocar daños irreparables.

Palabras claves: **crecidas, peligrosidad, vulnerabilidad, SIG, período de retorno, Neuquén.**

Abstract

Man, like the rest of living beings, is subject to a certain extent to the natural environment that surrounds him. It is precisely nature, both living and inanimate, that provides the necessary elements for the existence of human societies. But as man and his socio-economic activities expand, the interference with nature and its dynamics are increasing, which implies a greater exposure to certain natural phenomena.

One of the natural phenomena that more implication, has had in the last time in its interaction with the man and his societies are the floods, causing losses of all nature from human lives to economic losses. Although it is true that some extreme events, in particular floods may have a natural origin, sometimes man can increase the dangerousness of them due to their action (deforestation that increases runoff processes, soil impermeabilization due to urban advance, occupation of the strip of river, construction of dams etc).

In the area of study from the 70s, the dynamics were drastically modified in terms of the urbanization process and therefore the land uses, from the creation of the embalses upstream of the main cities. The attenuation of the floods by the dams provoked the occupation of the new lands gained in the floodplain of the river Limay for diverse activities and productive uses. In recent years, the growing demographic increase and the consequent immobilization pressure gradually replaced these zones with the construction of new neighborhoods. This urban expansion without planning generates an increase in the hazard and therefore in the risk.

The danger associated with dams is also the possibility of breaking them under different scenarios, which would involve severe floods and large-scale damages. In the



Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay;
Tramo Arroyito-Confluencia.*



present study, the risk of flooding caused by a flood of the Limay river of 3200 m³ / s that has a recurrence period of 100 years for this it was taken as basic information, the flood curves elaborated for the action plan during emergencies (PADE), defined by the (AIC) in the delimitation of the lines of rivera and related, for the rivers Limay and Neuquén. the different land uses in the flood zone were determined and the vulnerability of the population was analyzed, according to the criterion of unsatisfied basic needs (NBI). With the use of a geographical information system the hazard was zoned according to the criterion of height of water during the flood, and the zoning was obtained in different categories of hazard. Then the relationships between hazard and vulnerability were obtained to obtain the distribution of risk in the Limay river floodplain.

The results indicate that of the 32000 ha of the plain of the Limay river valley in the Arroyito-Confluencia section exist some 1330 ha occupied by urban developments which present a medium-high vulnerability. finally some 1691 ha present a medium-high and high flood risk.

These advances allows suggest to the authorities should pay attention in the planning of urban development, attending into account the probability of extraordinary floods with the potential to cause irreparable damage.

Words keys: **floods, hazard, vulnerability, GIS, return period, Neuquén.**

Índice general

Resumen.....	1
Abstract	2
1 Abordaje de la problemática	9
2 Objetivos.....	9
General:.....	9
Específicos:.....	10
3 Antecedentes	10
Marco legal Nacional, referido al riesgo	13
El rol del Estado en emergencias y catástrofes.....	13
Organismos Nacionales con competencias en emergencias y catástrofes.....	13
Marco legal en la Provincia de Neuquén	15
4 Caracterización del área de estudio.....	18
Ubicación.....	18
Características naturales.....	18
Características hidrológicas del río Limay	19
Población	20
Caracterización general de las urbanizaciones afectadas.....	21
5 Metodología.....	23
Generalidades del riesgo.....	23
Mapas de riesgo	24
Los Sistemas de Información Geográfica	26
Definición	26
Generalidades de los SIG.....	27
Ventajas y desventajas de los sistemas de información geográficas (SIG)	30
Componentes físicos de los mapas de riesgo	30
Mapa de inundabilidad	30
Mapa de peligrosidad.....	31
Modelos digitales de elevación para obtener los calados	32
Interpolación de datos	32
Métodos de Interpolación.....	33



**Tesis de grado: Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay;
Tramo Arroyito-Confluencia.**



Kriging: método de estadística geográfica	35
Componente humano de los mapas de riesgo	36
Medición de la pobreza: Conceptos y métodos.....	36
Concepto de Pobreza	36
Métodos de Medición	36
Método de la Línea de Pobreza (LP)	37
Método de Medición Integrada	38
Método de las Necesidades Básicas Insatisfechas	38
6 Tratamiento de los datos	41
Procesamiento y análisis de los datos.....	41
Análisis del componente físico para el mapa de peligrosidad	41
Análisis de la inundabilidad.....	41
Análisis de la peligrosidad: obtención de las profundidades.....	42
Análisis del componente humano para el mapa de vulnerabilidad	48
Análisis de la exposición.....	48
Análisis de la vulnerabilidad	51
Clasificación del Riesgo	59
7 Resultados.....	60
Resultados para la peligrosidad	60
Resultados para la vulnerabilidad	65
Resultados para el riesgo	70
8 Conclusiones	74
9 Recomendaciones	75
10 Bibliografía.....	77

Índice de figuras

<i>Figura 1. Ejidos y localidades dentro del valle del río Limay.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2. Esquema general para la realización de un mapa de riesgo por inundación.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3. Componentes generales de un SIG.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 4. Base de datos gráficos y alfanuméricos de un SIG.</i>	<i>28</i>
<i>Figura 5. Representación gráfica de un modelo vectorial y raster en un SIG.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 6. Área del valle, dentro de la cual se encuentra el área de estudio.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 7. Raster homogeneizado dentro del cual esta el área de estudio.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 8. Superposición del MDE y la curva de inundación de 3200 m³/s.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 9. Modelo digital de elevación recortado al área de estudio.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 10. Transformación de la capa vectorial de polígono a línea.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 11. Transformación de la capa vectorial de línea a puntos.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 12. MDE con los rangos de profundidad y alturas del área inundable.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 13. Distribución de los usos del suelo en el área inundable.</i>	<i>50</i>
<i>Figura 14. Barrios afectados de Neuquén capital.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 15. Área de los barrios de Neuquén capital, expuestos a la inundación.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 16. Zonificación y datos para el barrio Valentina sur rural.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 17. Distribución de la peligrosidad (ha), por ejidos.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 18. Peligrosidad promedio por zonas.</i>	<i>63</i>
<i>Figura 19. Profundidades y alturas máximas para los distintos usos del suelo.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 20. Distribución de la peligrosidad en el área inundable.</i>	<i>64</i>
<i>Figura 21. Distribución de las áreas vulnerables (ha), por ejidos.</i>	<i>68</i>
<i>Figura 22. Estadísticos para la vulnerabilidad, por zonas.</i>	<i>69</i>
<i>Figura 23. Máximos y mínimos de hogares con NBI/ha en las distintas áreas.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 24. Distribución de la vulnerabilidad en el área inundable.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 25. Distribución del riesgo (ha), por ejidos.</i>	<i>71</i>
<i>Figura 26. Estadísticos para el riesgo, por zonas.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 27. Máximo riesgo por zonas, para el área inundable.</i>	<i>73</i>
<i>Figura 28. Distribución del riesgo en el área inundable.</i>	<i>73</i>



Índice de tablas

<i>Tabla 1. Descripción de las herramientas de interpolación disponibles en ArcGIS 10.3.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 2. Definición de los indicadores NBI, descripción y hogares donde pueden ser identificados.</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 3. Criterio de clasificación y reclasificación para la peligrosidad.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 4. Clasificación de los usos del suelo (zonificación) y sus descripciones.</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 5. NBI por barrios afectados en Neuquén Capital.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 6. Cantidad de hogares con NBI, en el área afectada de cada barrio (Neuquén Capital).</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 7. Resultados del cálculo de NBI con la interfaz de ArcGIS 10.3 (Valentina sur rural).....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 8. Hogares con NBI, por zonas, barrios y sus áreas afectadas, en Neuquén Capital.</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 9. Criterios de clasificación y reclasificación para la vulnerabilidad.</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 10. Criterios de clasificación y reclasificación para el riesgo.</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 11. Distribución de la peligrosidad por ejidos y clasificación.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 12. Estadísticos para la peligrosidad, por usos del suelo.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 13. Hogares con NBI en toda el área de estudio.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 14. Distribución de la vulnerabilidad por ejidos y clasificación.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 15. Estadísticos para la vulnerabilidad por zonas.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 16. Distribución del riesgo por ejidos y clasificación.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 17. Estadísticos para el riesgo por usos del suelo.....</i>	<i>72</i>



Agradecimientos

- En primer lugar a mis padres por todo el amor recibido, ya que son los principales promotores de este sueño, gracias a mi padre por desear y anhelar siempre lo mejor para mi, a mi madre por ayudarme siempre a que sea una mejor persona. Y a ambos por creer en mi y mis expectativas y por cada uno de sus consejos que me han guiado en la vida.

- A mi hermana Marisol, por su apoyo incondicional y desinteresado en todo lo referido al camino universitario, desde lo emocional hasta lo económico. Le doy gracias a la vida, por la familia que me tocó y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, gracias.

- A mi directora Cecilia Dufilho, por su confianza, caridad y por cada detalle y momento dedicado para aclarar cualquier tipo de duda que me surgiera durante la elaboración de este trabajo; por el tiempo dedicado, la paciencia y el compromiso y sobretodo por haber elegido la vocación de enseñar.

- A Giselle Orellano, mi co-directora, por su voluntad, opinión crítica y su colaboración y paciencia en las correcciones de este documento.

- A la Universidad Nacional del Comahue por haberme permitido formarme en ella, y a todas las personas que son parte de ella que de manera directa o indirecta, fueron partícipes de este proceso.

- Por último a mis compañeros de carrera, por todos los buenos y malos momentos, ya que aprendimos de todos ellos.

1 Abordaje de la problemática

Muchos desastres son una mezcla compleja de peligros naturales y acciones humanas. Las inundaciones son uno de los desastres naturales con mayores repercusiones socioeconómicas en sus diversas escalas, global, nacional, regional, municipal, etc., que supone no solo la pérdida de vidas humanas, sino también genera un monto considerable en cuanto a pérdidas económicas (Pujadas, 2002), además de las afectaciones ambientales de dicho evento.

Las inundaciones se generan por lluvias intensas o continuas que sobrepasan la capacidad de infiltración y retención del suelo en un área determinada, por desbordamientos de los ríos, ascenso del nivel medio del mar, fusión rápida de nieve o hielo, ruptura de bordos o diques y presas o por la descarga de agua procedente de los embalses, entre los factores más importantes. Las pérdidas por dichos desastres son causadas por interacciones entre la peligrosidad y/o amenaza y las características de los elementos expuesto, que los hacen susceptibles a daños. El potencial destructivo de un peligro está en función de su magnitud, duración, localización y momento de la ocurrencia del evento (EIRD, 2009).

Para mitigar o tratar de minimizar los efectos negativos de las inundaciones, se pueden adoptar medidas predictivas (meteorológicas e hidrológicas), preventivas (estructurales o no estructurales) y correctoras (UNISDR, 2009). En cualquier caso, la adopción de unas u otras, o la combinación de ambas, precisa como paso previo la realización de un análisis y evaluación del riesgo que supondría dicha inundación.

Los mapas de riesgo, como expresión espacial de los peligros a los que se encuentra sometido un territorio en particular, se configuran como una de las soluciones para armonizar las causas, los elementos expuestos y su tratamiento, para así, poder plantear posibles soluciones a potenciales impactos (Díez Herrero & Pujadas Ferrer, 2002).

2 Objetivos

General:

- Contribuir a la gestión y mitigación del riesgo por inundación en el área de la Confluencia.

Específicos:

- Analizar el escenario de amenaza de probabilidad de recurrencia de 100 años.
- Identificar y analizar las áreas afectadas tanto urbanas como rurales.
- Implementar una metodología SIG para el análisis de riesgo.
- Realizar una zonificación de riesgo de inundación para el periodo de recurrencia analizado en el tramo Arroyito y la ciudad de Neuquén.
- Realizar recomendaciones referidas al manejo del riesgo por inundaciones.

3 Antecedentes

A nivel mundial se estima que en promedio unos 196 millones de personas, en más de 90 países estarían expuestas a inundaciones catastróficas, pero con bases en estudios geoespaciales, realizados para calcular la exposición humana al riesgo por inundaciones, se estimó que en más de 147 países había poblaciones potencialmente amenazadas por el fenómeno de las inundaciones (PNUD, 2004).

Sin embargo, durante el último tiempo, el patrón de inundaciones ha ido cambiando en todos los continentes, convirtiéndose en un fenómeno cada vez más frecuente, intenso e impredecible para las comunidades locales. Esto se debe, en particular, a que cuestiones relacionadas con el desarrollo y la pobreza, han conducido a un mayor número de personas a vivir en áreas vulnerables a las inundaciones.

El Cuarto Informe de Evaluación 2007 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) predice que “las situaciones de fuertes precipitaciones, cuya frecuencia es probable que aumente, incrementarán el riesgo de inundaciones”. Estas, afectarían la vida y los medios de sustento en los asentamientos humanos, causando graves consecuencias a las personas de más escasos recursos y por ende más vulnerables (Bernstein, 2008).

Es por ello que el informe derivado de la 122ª Asamblea de la Unión Interparlamentaria (UIP) que está dirigido principalmente a los representantes de los distintos parlamentos a nivel mundial y que se denominó “Reducción del Riesgo de Desastres: Un instrumento para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio” (UNISDR, 2010), exhorta a los gobiernos y sus gobernantes en sus distintos niveles a garantizar la producción e implementación de planes de desarrollo para que las sociedades sean más resilientes ante los desastres. Y sostiene que “La reducción del



Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay;
Tramo Arroyito-Confluencia.*



riesgo de desastres y el aumento de la capacidad de respuesta a los peligros naturales en diferentes sectores del desarrollo pueden tener efectos multiplicadores y acelerar la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio”.

Una demostración de esto, resume el informe, es que la reducción del riesgo protege las inversiones para el desarrollo y ayuda a las sociedades a sostenerse en el tiempo a pesar de las amenazas y detalla:

“Bangladesh, Cuba, Vietnam y Madagascar han logrado mitigar significativamente el efecto de las amenazas hidrometeorológicas, como las inundaciones y tormentas tropicales, mediante sistemas mejorados de alerta temprana, preparación ante desastres y otras medidas de reducción de riesgos, China gastó US\$3,15 mil millones para mitigar el impacto de las inundaciones, evitando así pérdidas estimadas en US\$12 mil millones “ (UNISDR, 2010).

Como ya se mencionó, las inundaciones son sucesos complejos causados por la interacción entre fenómenos naturales y actividades humanas, es por ello que existe una vasta y variada bibliografía en relación al tema. Y en la mayoría de los casos los autores y estudios realizados sobre este fenómeno coinciden, que es indispensable analizar la interrelación inseparable entre los factores directamente naturales (climatológicos, morfológicos, hidrogeológicos, etc.), y los influenciados por la actividad humana (cambio de usos del suelo, cambio climático, etc.), así como los factores estrictamente sociales o antrópicos (institucionales, legislativos, normativos y culturales) y analizar de forma integral el conjunto de condiciones de cada uno de los elementos, logrando de esta forma que la gestión del riesgo, y preparación de respuesta de las comunidades ante las inundaciones sea más eficaz ya que esta está condicionada por factores específicos del contexto y las circunstancias de cada caso.

Esto se debe a que durante las últimas décadas se han realizado diversos ensayos en relación con la gestión del riesgo y la preparación de respuesta de las comunidades ante las inundaciones. Sin embargo, solo se produjeron resultados efectivos cuando dichos trabajos se realizaron de forma integrada e incluyeron la reducción de la vulnerabilidad como elemento adicional clave (DFID, 2004).

Dentro de este contexto, un caso particular que se puede citar es un hecho catastrófico que produjo un gran impacto en la sociedad española, en el año 1996 una avenida súbita en el barranco de Arás (Huesca), devastó el camping de Biescas, ocasionando la muerte de 87 personas. Después de un intenso debate sobre si el citado evento podría o no calificarse de excepcional e imprevisible, quedó claro que la previsibilidad en este tipo de catástrofes puede detectarse con estudios que tengan en cuenta la vulnerabilidad de actividades humanas en zonas identificadas como peligrosas. “Esto marcó un antes y un después en el tratamiento de los riesgos



Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay; Tramo Arroyito-Confluencia.*



naturales en España” (Olcina, 2006), ya que se produjeron varios logros que han avalado la importancia de los mapas de riesgos naturales en la prevención de situaciones catastróficas.

En el ámbito Nacional cabe mencionarse que el Centro de Estudios Ambientales y Sociales junto con la Cruz Roja, elaboraron un informe sobre los riesgos de desastres en Argentina (Gelis & Ostuni, 2008). Las inundaciones son la gran preocupación acentuado esto por el cambio climático. En el estudio se explica que hay que prestar atención a “las inundaciones debido a que, a nivel nacional, es el tipo de desastre más recurrente, el de mayor cobertura territorial y el que más daños ha acumulado a lo largo del periodo analizado (1970 y 2007)”. “Argentina se ubica entre los 14 países más afectados por inundaciones, ocasionando pérdidas equivalentes al 1.1 por ciento del PBG”, detalla el documento. Aproximadamente 29 millones de personas están expuestas al riesgo de las inundaciones. Entre los años 1944 a 2005 se registraron 41 eventos severos, con 13.5 millones de personas afectadas. Incluso hubo medio millón de evacuados y 785 muertos por las inundaciones.

En el artículo (Grupo Banco Mundial, 2014) titulado “Argentina debe aprender a convivir con las inundaciones y adquirir capacidades para enfrentarla” se asume que si bien los desbordes en la cuenca del Paraná son conocidos y de baja recurrencia, lo que llevó a las poblaciones a establecerse en zonas inundables sin tener conciencia del riesgo y que a partir del año 1982 la situación empeoró ya que se produjeron 5 de las 10 inundaciones más grandes del siglo XX, provocando desastres que afectaron principalmente a los sectores más pobres; finalmente tras la inundación de mayo del año 1992 se comienza a enfrentar el problema de forma más integral, debido a que dicha crecida afectó a 7 provincias del país: Formosa, Misiones, Chaco, Corrientes, Santa Fe, Entre ríos y Buenos Aires. El agua caída superó cuatro veces el promedio anual, 120000 personas fueron evacuadas y las pérdidas en la producción industrial y el comercio se calcularon en 905 millones de dólares.

A partir de este hecho es que el gobierno incluye en su agenda la reducción de la vulnerabilidad, a través de la puesta en marcha de programas de manejo integral del riesgo en todo el país, con el apoyo de créditos de ayuda internacional (Banco Mundial) para mitigar los efectos de las crecientes de los ríos. Se concluye que “Argentina invirtió más de 1000 millones de dólares en prevenir los riesgos hídricos, los logros son importantes ya que solo en el fenómeno del niño en el año 1998 se evitaron pérdidas por 1500 millones de dólares” (Grupo Banco Mundial, 2014).

A nivel regional se puede citar el trabajo realizado en la ciudad de Cipolletti “Usos del territorio y afectación por inundaciones. Provincia de Río Negro, Patagonia, Argentina” (Capelleti, 2011), cuyo objetivo principal fue determinar los usos del territorio del ejido municipal norte de Cipolletti y la afectación por inundaciones

asociados a distintas recurrencias de los ríos, y por la hipótesis de rotura de las presas Alicurá y Piedra del Águila, localizadas aguas arriba del río Limay.

Marco legal Nacional, referido al riesgo

El rol del Estado en emergencias y catástrofes

En el marco normativo e institucional, es el Estado Nacional el encargado de crear y dictaminar los roles y competencias en cuanto al desempeño de los distintos organismos ante las emergencias y catástrofes dentro del territorio argentino. (Ospital & Hobert, 2005). En este punto hay que tener en cuenta que desde el punto de vista institucional Argentina es un país federal. Es decir, si bien existe un conjunto de leyes generales nacionales, cada provincia es autónoma y por consiguiente dicta sus propias normas. Asimismo, existen leyes y decretos de emergencia específicos para situaciones de desastre (Colombo, 2016). Lo que supone un altísimo nivel de complejidad en cuanto al marco legal, por tal motivo en este apartado sólo se hará mención de los principales organismos estatales vinculados a la preparación y atención de emergencias y desastres y algunos organismos con competencia dentro del área de estudio (jurisdicción provincial) referidos a la protección civil, relacionadas con el tema de estudio (inundaciones).

Organismos Nacionales con competencias en emergencias y catástrofes

- **Secretaría de Protección Civil y Abordaje Integral de Emergencias y Catástrofes¹:** Es la institución más consolidada en el ámbito de la atención en cuanto a la actuación frente a los desastres. Depende del Ministerio de Seguridad de la Nación. Es de jurisdicción Nacional e interviene en las etapas de mitigación, respuesta y recuperación. También coordina el Sistema Nacional de gestión integral del riesgo y protección civil (SINAGIR) creado por la ley N° 27287.

Su objetivo principal es, implementar las acciones tendientes a preservar la vida, los bienes y el hábitat de la población ante desastres de origen natural o antrópico, coordinando el empleo de los recursos humanos y materiales del estado Nacional en las etapas de mitigación, respuesta y reconstrucción.

¹ Fuente: <http://www.minseg.gob.ar>.

- **Sistema Federal de Emergencia² (SIFEM):** El sistema federal de emergencias coordinado por el Ministerio de Seguridad de la Nación y el Área de Panorama General, es de jurisdicción Nacional, e interviene en las fases de prevención, mitigación y respuesta.
Elabora las medidas que sirven para definir las políticas que hacen a la protección de la comunidad, y colaborar con los entes nacionales, provinciales o privados, para hacer frente a desastres naturales o causados por el hombre, y a ilícitos que por naturaleza sean de su competencia.
- **Dirección Nacional de Asistencia Crítica³ (Subsecretaría de Abordaje Territorial):** Jurisdicción Nacional, interviene en las etapas de respuesta, su principal objetivo es el mantenimiento de equipos y medios de asistencia permanentemente actualizados ya que se requiere de capacidad de respuesta en tiempo y forma en el momento en que se requiera su actuación.
- **Autoridades Interjurisdiccionales de Cuencas⁴: Limay-Neuquén-Negro, Río Colorado, Cuenca del Plata y demás Comités de Cuencas:** Jurisdicción Nacional, intervienen en las etapas de mitigación y recuperación. Estas unidades intervienen en la administración de los recursos hídricos interjurisdiccionales. Su objetivo principal en cuanto al riesgo es proporcionar la alerta eficaz y oportuna (en coordinación con otros organismos competentes).
- **Instituto Nacional del Agua⁵ (INA):** Jurisdicción Nacional, interviene en las etapas de mitigación y recuperación, tiene por objetivo principal satisfacer los requerimientos de desarrollo tecnológico, estudios e investigación en cuanto al control y preservación del agua para el desarrollo de una política hídrica nacional. Desarrolla actividades en diversos campos de estudio entre los que se pueden citar: crecidas, inundaciones y aluviones, erosión y sedimentación; impacto hidráulico de obras de infraestructura entre otros.
- **Subsecretaría de Recursos Hídricos⁶:** Jurisdicción Nacional, interviene en las etapas de mitigación y recuperación y es el organismo rector en materia de políticas hídricas, es decir que tiene competencia en todo lo relacionado con la gestión de recursos hídricos.

² Fuente: <http://www.minseg.gov.ar/sifem-sistema-federal-de-emergencias>.

³ Fuente: <https://www.boletinoficial.gob.ar>.

⁴ Fuente: <http://www.cohife.org/comites-de-cuenca>.

⁵ Fuente: <https://www.ina.gov.ar>.

⁶ Fuente: <https://www.mininterior.gov.ar>.

- **Organismo Regulador de Seguridad de Presas⁷ (ORSEP):** Jurisdicción Nacional, interviene en las etapas de mitigación y recuperación, tiene entre sus competencias la fiscalización en la elaboración, ejercitación y actualización de los planes de acción durante emergencias (PADE), dentro de su competencia está la de sensibilización de integrantes de organismos públicos y privados y de la población sobre la necesidad de disminución del riesgo en caso de emergencias, relacionadas con las represas.

- **Instituto Geográfico Militar⁸ (Ministerio de Defensa):** Jurisdicción Nacional, interviene en la etapa de mitigación, es el que brinda la base geográfica oficial sobre la que se debería montar todo el sistema de información geográfica (SIG) para emergencias, ya que esto es la base de un sistema integral de información y alerta.

Marco legal en la Provincia de Neuquén

La provincia de Neuquén cuenta con la ley N° 2713 sancionada en agosto del año 2010 la cual es complementaria a la legislación provincial sobre Defensa Civil, Ley N° 841, su Decreto Reglamentario N° 1071/76 y el Decreto N° 0975/08. Enfoque del riesgo (COPADE, 2010).

El objetivo principal de dicha ley es incorporar el enfoque de riesgo en las políticas de planificación y ordenamiento territorial de la provincia de Neuquén cuya autoridad de aplicación es la Secretaría del Consejo de Planificación y Acción para el Desarrollo (COPADE), que trabajará de manera coordinada y en cooperación con la Dirección Provincial de Defensa Civil (García Graygorta, 2012).

Los demás objetivos de la ley son:

- Incorporar el enfoque de riesgo en las políticas de planificación y desarrollo territorial a fin de prevenir y reducir el riesgo y la ocurrencia de desastres.
- Aumentar la seguridad de los asentamientos humanos y proteger el medioambiente mediante la identificación, reducción y control de las condiciones de riesgo.

⁷ Fuente: <http://www.orsep.gob.ar>.

⁸ Fuente: <http://www.ign.gob.ar>.

Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay;
Tramo Arroyito-Confluencia.*

- Promover la generación de un Sistema de Gestión Integral de Riesgo que involucre a todos los organismos públicos, privados y de la sociedad civil competentes, en un proceso continuo, sistémico, sinérgico y multidimensional.
- Promover una gestión integral del riesgo operativa, sustentable y duradera con la participación coordinada de los diversos actores del sector público, privado y de la sociedad civil.
- Impulsar el desarrollo de planes, programas y proyectos referidos a la gestión integral del riesgo y otras acciones derivadas en los ámbitos provinciales y locales.

Además por medio de la misma norma se crea una red provincial de riesgo, que es la que permite la puesta en marcha de los objetivos y cuya conformación es delegada a los siguientes organismos o en su defecto a los organismos que institucionalmente los remplazaren: Dirección Provincial de Defensa Civil, Subsecretaría del COPADE, áreas de planificación de todos los organismos de la Administración Pública provincial centralizada, entes autárquicos y empresas del Estado, Subsecretaría de Desarrollo Municipal e Institucional, municipios y comisiones de fomento que adhieran a la Ley y/o cualquier otro organismo que la autoridad de aplicación determine (COPADE, 2010). Dentro del Artículo 8° se detallan las funciones que son competencia de la autoridad de aplicación:

Algunos de los principios⁹ y conceptos básicos sobre los que se funda el riesgo en la planificación territorial lo constituyen:

- **Principio de prevención:** Apunta a incorporar medidas y acciones en la fase preventiva, previa a la ocurrencia de desastres para evitarlos y disminuir el riesgo. Implica incorporar conductas proactivas.
- **Principio de responsabilidad compartida:** Implica la colaboración, participación y las acciones de todos los actores involucrados para garantizar la generación de espacios seguros y sustentables, mitigar el riesgo y evitar la ocurrencia de eventos adversos.
- **Principio de participación:** Implica la participación de los distintos sectores que integran la sociedad, tanto en la identificación de los problemas y necesidades como en la formulación de estrategias de resolución, y en los procesos de gestión y control.

⁹ Principios y conceptos basados en la ley provincial de Neuquén N° 2713 "El enfoque del riesgo en la planificación territorial".

- **Principio de coordinación:** Implica la coordinación de procedimientos y acciones interinstitucionales y multisectoriales.
- **Gestión integral de riesgo:** Es un proceso continuo, multidimensional, interministerial y sistémico de formulación, adopción e implementación de políticas, estrategias, prácticas y acciones orientadas a reducir el riesgo y sus efectos, así como también las consecuencias posdesastres, que comprende las siguientes etapas: gestión de los peligros y gestión de la vulnerabilidad (que se corresponde con la prevención y mitigación), gestión de la emergencia y gestión de la rehabilitación y la reconstrucción.
- **Análisis de riesgo:** Comprende el uso de toda la información disponible y la generación de nueva información que sea necesaria, para conocer acabadamente las múltiples causas del riesgo y prever la ocurrencia de eventos adversos y sus consecuencias.
- **Mapas de riesgo:** Los mapas de riesgo son representaciones cartográficas que permiten visualizar la distribución de determinados riesgos de desastre en un territorio específico, a partir de la combinación de mapas de peligrosidades y vulnerabilidades.
- **Mitigación:** Es el conjunto de acciones destinadas a disminuir el riesgo y los efectos generados por la ocurrencia de un evento adverso.

En cuanto a la gestión de los recursos hídricos, la normativa base está constituida en el Código de Aguas ley provincial N° 899 Decreto Reglamentario N° 790/99, cuya autoridad de aplicación es la Subsecretaría de Recursos Hídricos. Institución que además posee el poder de policía en materia de usos y aprovechamiento de los recursos hídricos provinciales.

Por otro lado, existe el Ente Provincial de Agua y Saneamiento (EPAS) creado a partir de la Ley N° 1763 (1988). Es un organismo descentralizado y autárquico, cuya misión es la de “regular, controlar y garantizar la provisión de agua potable y saneamiento de toda la provincia de Neuquén”¹⁰.

Además, la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro es la encargada de la regulación de la cantidad y calidad de los recursos hídricos interprovinciales y tiene la responsabilidad de la gestión integral de las

¹⁰ Fuente: Ente Provincial de Agua y Saneamiento. [Http://www.epas.gov.ar](http://www.epas.gov.ar).

cuencas pertenecientes a dichos ríos; está compuesta por las provincias de Río Negro, Neuquén y Buenos Aires y el Estado Nacional. Este organismo “tiene por objetivo, entender en el modo y con los alcances que se fijan en su Estatuto, en todo lo relativo a la administración, control, uso y preservación de las cuencas de los ríos mencionados”¹¹. Para ello se realizan controles por ejemplo en cuanto a la calidad del agua bacteriológica, metales pesados y agroquímicos principalmente, evaluación de la calidad de agua de los embalses, monitoreos de freáticos, establecimientos de los caudales ecológicos, control de la operación de embalses y evaluación de la ocupación de riberas entre otras actividades que son de su alcance normativo.

4 Caracterización del área de estudio

Ubicación

El área de estudio se encuentra emplazada en el tramo comprendido entre el embalse Arroyito y la confluencia de los ríos Limay y Neuquén, sobre la llanura aluvial del valle del río Limay. Dicho embalse es el quinto de los cinco embalses ubicados sobre el río Limay en el noroeste de la región del Comahue, y se ubica a 39°14' Sur, 68°40' Oeste, con una altitud de 315 msnm a unos 50 Km de la ciudad de Neuquén, en inmediaciones de la pequeña localidad de Arroyito. El área también abarca una parte de la vecina provincia de Río Negro en el límite del río Limay, actuando éste como límite natural (Figura 1).

Características naturales

El área de estudio se encuentra situada en la zona denominada valle de los ríos, compuesta por depósitos fluviales, que a su vez se puede dividir en la llanura aluvial subreciente, una amplia faja central con la red de espiras de meandros colmados, con muy pocos cauces con nula funcionalidad y alta acción antrópica de nivelación. La llanura aluvial reciente es la zona más cercana al río constituida por bancos, islas, riberas inundables y depósitos de albardones estabilizados tras la regulación de los caudales de los ríos.

¹¹ Fuente: Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro. <http://www.aic.gov.ar>.



Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay;
Tramo Arroyito-Confluencia.*



En el tramo que corresponde al área de estudio, el río tiene un sentido de escurrimiento hacia el este, presenta brazos de entre 100 y 350 metros de ancho con meandros y en partes anastomosado, y cuyo cauce se encuentra desplazado hacia la margen derecha del valle. En contraste a este se puede observar otra unidad de relieve bien diferenciada, el relieve mesetiforme, conformado por terrazas de origen fluvial con sus relativas pendientes. Es dentro de la zona del valle donde se encuentran las zonas más fértiles y coexisten de forma coyuntural con la configuración del avance urbano, aunque en el último tiempo este también se ha extendido a sectores más elevados, como la zona de mesetas.

En cuanto al clima, la zona se caracteriza por presentar una amplia amplitud térmica de importancia, ya que en invierno se dan temperaturas por debajo de los 0°C, y en verano pueden superar los 30°C, los vientos predominantes son de dirección oeste/sudoeste. Las precipitaciones en la zona, aunque escasas, se pueden dar de forma torrencial. Todas estas características de la zona la ubican dentro de las condiciones climáticas semiáridas, lo que permite el desarrollo de una vegetación rala, xerófila con poca cobertura del suelo, que presenta diferentes adaptaciones a las condiciones imperantes del ambiente para minimizar la pérdida de agua (F.A.O, 2015)

Características hidrológicas del río Limay

El río Limay tiene su nacimiento en el lago Nahuel Huapi a una altura de 790 msnm y tiene un desnivel aproximado de 500 m, en su trayecto recorre 450 km cuya orientación va en sentido noreste y fluye hasta encontrarse con el río Neuquén dando origen al río Negro. Como afluentes más importantes tiene a los ríos Traful y Collón Curá, con régimen pluvio-nival, con doble onda de crecida. La primera se produce en invierno, coincidente con la época de mayores precipitaciones en la cordillera y la segunda, a fines de la primavera cuando se produce el deshielo de la nieve acumulada en las altas cumbres. Los estiajes se producen en el comienzo del otoño. El Limay tiene un caudal medio o módulo de 650 m³/s y se caracteriza por tener su régimen atenuado por los lagos naturales en su nacimiento y en la mayoría de sus tributarios importantes, sumando a esto la regulación de los embalses aguas abajo.

Población

La población en su asentamiento sigue las condiciones naturales de la región y se concentra mayoritariamente sobre las márgenes de los ríos. El Departamento de Confluencia cuenta con 362673 habitantes, del total de población de la provincia que es de 551266 habitantes según el censo del 2010, lo que representa el 65,8% de la población, y donde más del 50% de la misma está radicada en el corredor Senillosa-Plottier-Neuquén, que une la localidad de Cipolletti (Provincia de Río Negro). También cabe resaltar que el área es la de mayor actividad económica de la provincia. Dando origen a un aglomerado metropolitano, según los criterios del INDEC¹², también conocida como el área Metropolitana del Neuquén (AMN) dentro de la cual coexisten municipios de dos jurisdicciones provinciales (DAMI, 2013), Es de tipo mono-nuclear en donde la ciudad de Neuquén capital ejerce un poder hegemónico, seguido por Cipolletti y los otros municipios que la componen (Figura 1).

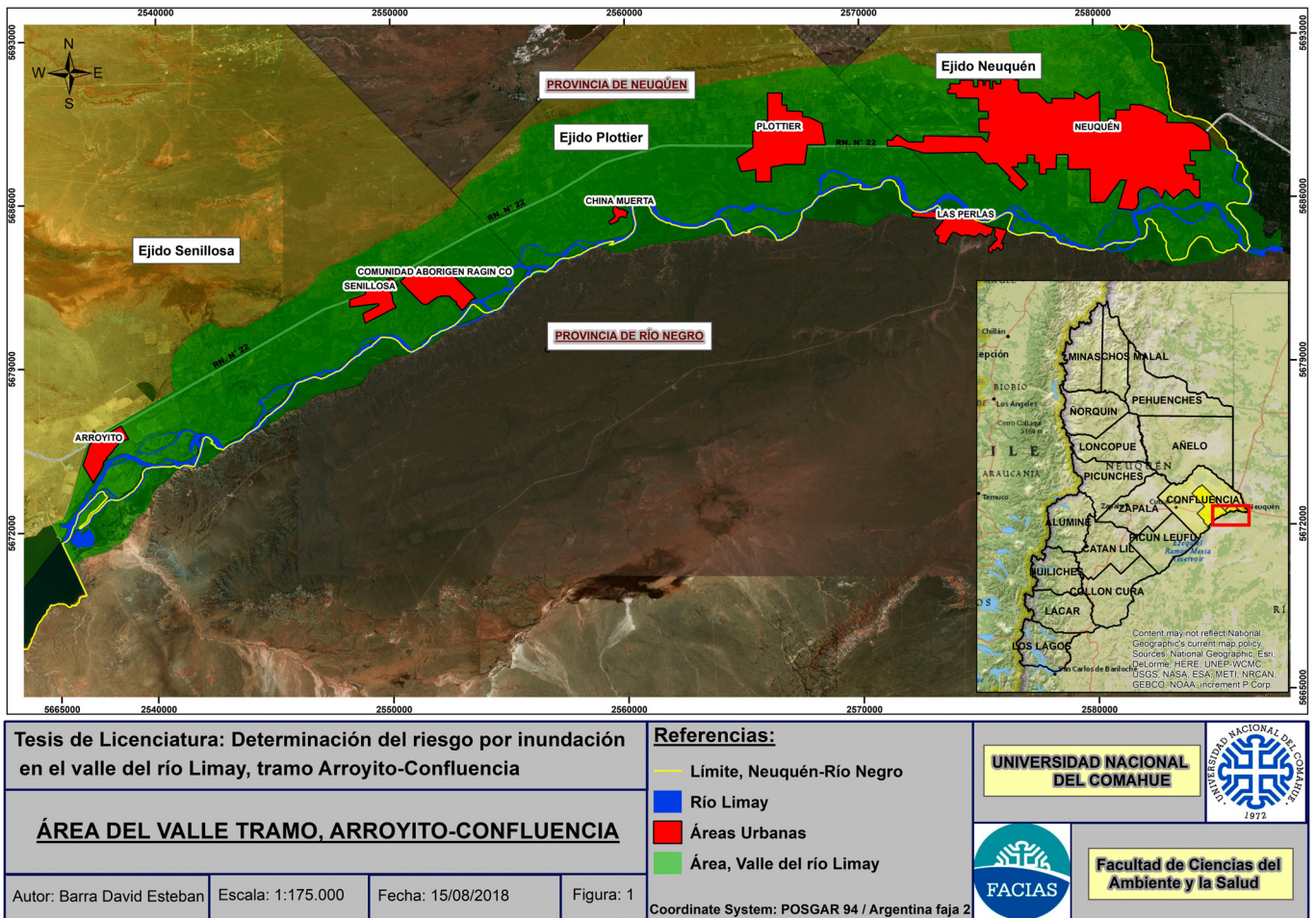


Figura 1. Ejidos y localidades dentro del valle del río Limay.
Fuente: <http://gisestadisticannqn.Neuquén.gov.ar/>. (2017).

¹² INDEC. Dirección Provincial de Estadística y Censos de la Provincia del Neuquén.

Caracterización general de las urbanizaciones afectadas

Como se podrá observar más adelante (Figura 6), solo algunas áreas de las ciudades o localidades pertenecientes a los diferentes ejidos se verán en cierto grado afectadas, debido a su cercanía al río, estas urbanizaciones son: Neuquén, Plottier, Senillosa, Arroyito, Balsa las Perlas y la comunidad mapuche Ragin Co ubicada en las inmediaciones de Senillosa, por lo que a continuación se detallan algunas características generales de las urbanizaciones afectadas en el área de estudio.

Neuquén: Ciudad capital de la Provincia del Neuquén, ubicada en el departamento Confluencia hacia el este de la provincia. Ocupa la franja de tierra al oeste de la confluencia de los ríos Neuquén y Limay que da origen al río Negro, por lo que forma parte de la micro-región del Alto Valle del Río Negro.

Es la más importante del sur Argentino y cabecera de entrada a la Patagonia, es además el lugar de mayor concentración política, administrativa y económica y el centro de servicios más grande de la región, que concentra a casi el 43% de la población total de la provincia y la más poblada de la patagonia, con 231780 habitantes (INDEC, 2010) y un ejido de 12794 ha. Forma una conurbación junto a las localidades de Plottier (Provincia de Neuquén) y Cipolletti, denominado Neuquén-Plottier-Cipolletti. Y su municipio pertenece a uno de primera categoría (más de 5000 habitantes)¹³.

Plottier: Se encuentra ubicado a unos 15 km de la capital provincial a la vera del río Limay, en el departamento Confluencia, Provincia de Neuquén, Argentina y está conectada a ella a través de la Ruta Nacional N° 22. Cuenta con 33600 habitantes aproximadamente, según el Censo Nacional de 2010, siendo el cuarto municipio más poblado, con un ejido de unas 14268 ha.

Su producción principal es frutícola, en donde predominan los cultivos de manzanas y peras, esta zona está principalmente compuesta por chacras que no superan las 10 ha, lo que se puede catalogar como unidades de producción pequeñas y en su mayoría son solamente productores, aunque también existen algunas plantas de empaque, y cooperativas que cuentan con empacadoras y acopiadoras. Otras actividades de importancia son la cría de caprinos, la explotación forestal, apícola y la extracción de petróleo.

Su cercanía a la capital neuquina y la conexión entre ellas mediante la Ruta Nacional N° 22 la convierte en una ciudad pujante y de mucho tráfico de personas que

¹³ Constitución de la provincia de Neuquén reforma (2006), referida al Régimen Municipal Art. 276.

Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay;
Tramo Arroyito-Confluencia.*

viven allí, pero desempeñan sus trabajos en la ciudad de Neuquén, esto hace que en los últimos años se ha acrecentado el funcionamiento de Plottier como ciudad dormitorio, por la abundancia de loteos y su buena conexión vial hacia la capital (Río Negro, 2005).

Dentro del ejido de Plottier se encuentra también el paraje China Muerta ubicado a 28 km hacia el oeste de la capital de Neuquén, y a pocos km de la ciudad de Plottier. Este es un paraje rodeado por chacras donde las viviendas de los pobladores se ubican a orillas del río Limay o dispersas entre las chacras. En cuanto a los servicios básicos no existe gas ni agua potable, por lo que los habitantes se proveen de leña y garrafas y utilizan agua de perforaciones que realizan en sus lotes. Cabe destacar que este paraje además presenta abundante fauna y últimamente es utilizada por los habitantes de sus alrededores como lugar de descanso debido a su tranquilidad, claridad de sus aguas y su accesibilidad, ya que se puede ingresar directamente por la Ruta Nacional N° 22 (Gonzales, 2015).

Senillosa: Está situada a 33 km de la capital provincial (Neuquén). Se accede a ella a través de la ruta antes mencionada y es de los municipios afectados el que cuenta con menor cantidad de habitantes 8130 (INDEC, 2010), ésta cifra la sitúa como el décimo aglomerado de la provincia, no obstante posee el ejido más grande, con una superficie total de 143581 ha, entre las bardas de la meseta patagónica y el cauce del río Limay.

Está rodeada por un valle de tierras fértiles aptas para el cultivo de frutales. El cultivo se produce a través de riego, aprovechándose para la agricultura unas 450 ha productivas; además cuenta con un parque industrial de 50 ha, y es considerado un municipio de primera categoría. Dentro de este municipio se encuentra ubicado Arroyito, a 54 Km al sureste de la ciudad de Neuquén en la unión de la Ruta Nacional 22 y la Ruta Nacional 237, cuenta con 90 habitantes (INDEC, 2010), y su principal funcionamiento se debe a que sobre el Río Limay se encuentra el Dique Arroyito el cual cuenta con una planta productora de agua pesada, con capacidad de 200 t/año, operada por la empresa estatal ENSI.

Cabe destacar igualmente que en inmediaciones de la localidad de Senillosa, existe una comunidad mapuche denominada Ragin Co, donde 14 familias se dedican al cultivo de hortalizas, forrajes, cría de pollos, lombricultura y ganado menor, en especial chivos, ovejas y algunas vacas, Instaladas desde el año 1991. La comunidad mapuche ocupa un predio de aproximadamente 25 ha cerca de esta localidad. Estas tierras, aunque disponen de riego no están bajo cultivo intensivo. Las familias todas numerosas, no tienen ningún servicio básico salvo electricidad en algunos sectores (Río Negro, 2003).

Las Perlas: Ésta, aunque se encuentra dentro del ejido de Cipolletti perteneciente al departamento de General Roca, formalmente está dentro del departamento el Cuy, se encuentra ubicada en la margen derecha sur del río Limay a unos 12 km de la confluencia con el río Neuquén, cuenta con una población de 2182 habitantes (INDEC 2010) y está vinculada con la ruta provincial N° 7 de ripio, que continúa en dirección sureste. Sin embargo, la movilidad se orienta hacia el norte, por el puente interprovincial que conecta con el barrio Valentina sur rural, de la ciudad de Neuquén. Desde allí, se está a sólo 1 km de la ruta Nacional N° 22, que constituye la vía más rápida para llegar al área comercial y de servicios de la capital neuquina (5 km) y distante de Cipolletti 30 km.

En ella existen unas 500 ha de zonas bajas aledañas al río aprovechables para la actividad agrícola bajo riego, ubicadas al oeste de la urbanización, la que se encuentra en parte asentada en la zona de meseta. Este Paraje, gracias al puente interprovincial dinamizó la movilidad que antes se realizaba en balsa (de ahí su nombre), ha tenido un crecimiento urbano notable, que es cubierto en varios servicios como energía eléctrica (Cooperativa Calf) y transporte desde Neuquén que corresponde a la Empresa Indalo (Barrionuevo, 2012).

5 Metodología

Generalidades del riesgo

Los desastres son una compleja interacción entre las causas naturales y acciones humanas, cada una con sus componentes. El primero es denominado componente físico y tiene su fundamento en las designadas ciencias naturales tales como la geografía , climatología , hidráulica , geología , etc. Y la segunda componente llamada humana que está relacionada con las ciencias sociales.

Por lo que “toda acción humana presupone un riesgo, tanto en su interacción con el medio natural como con el medio social” (De Jong, 2001). El riesgo por lo tanto se puede expresar como una situación susceptible de causar daños como consecuencia de un suceso que ocurre en un medio vulnerable. Y se obtiene de relacionar la amenaza y/o peligrosidad con la vulnerabilidad de los elementos expuestos y la probabilidad de ocurrencia de dicho evento, por ende se puede definir al riesgo como:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligrosidad} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Amenaza y/o Peligrosidad: Es la posibilidad de ocurrencia de fenómenos y/o procesos de origen natural o humano, que potencialmente pongan en peligro la vida y las condiciones de vida de las personas, la infraestructura básica de las poblaciones, los recursos económicos y naturales, y el medioambiente. Las amenazas pueden ser de origen natural o antrópico. Se entiende por amenazas de origen natural a los fenómenos propios del funcionamiento natural de la tierra, como por ejemplo inundaciones, sequías, sismos etc. Se entiende por amenazas de origen antrópico a aquellas originadas por actividades humanas.

Vulnerabilidad: Es la condición de susceptibilidad, fragilidad o grado de exposición de la estructura social, económica, institucional y/o de infraestructura de una región frente a una amenaza. La vulnerabilidad de una sociedad se manifiesta en diferentes dimensiones interrelacionadas: física, económica, social, institucional, cultural y política.

Mapas de riesgo

Los mapas de riesgo de inundación se pueden agrupar básicamente en cinco tipologías, primero están los que se podrían denominar mapas de áreas inundables, en segundo lugar, los llamados de peligrosidad, tercero los mapas de exposición (elementos en juego), en cuarto lugar, los de vulnerabilidad a las inundaciones y por último los llamados mapas de riesgo de daños por inundación (o mapas de daños potenciales por inundación) de desarrollo más reciente, donde se contempla la variable vulnerabilidad (Pujadas, 2002).

Los mapas de áreas inundables: Son los más comunes que se han venido realizando hasta el momento y hasta hace poco confundidos con los mapas de riesgo de daños potenciales por inundación (Herrero, 2002); se limitan a delinear el área potencialmente afectada por las inundaciones. La limitación que presenta este tipo de cartografía es que si bien describe con precisión el espacio inundable, información de muchísima utilidad, nos brinda información más bien escasa sobre qué elementos se verán afectados y con qué intensidad.

Los mapas de peligrosidad: Describen la amenaza o sea las particularidades del suceso que lo hacen más o menos dañino. Por ejemplo, las profundidades y velocidades del agua, la permanencia de la lámina de ésta o la carga de transporte.

La información de estos dos mapas puede ser sintetizada en lo que se podría denominar mapa final de peligrosidad.

Los mapas de exposición: Determinan la localización de los elementos expuestos en un período temporal concreto. Esta información es especialmente útil para conocer la situación de aquellos elementos que por sus características de ubicación o de movilidad en el área estén más o menos expuestos.

Los mapas de vulnerabilidad: Describen aquellas características de los elementos a estudiar que incrementan o disminuyen el impacto de una inundación si ésta se llega a producir. Algunas de las variables a estudiar pueden ser las edades, el género, los ingresos económicos, las viviendas, vías de comunicación, etc.

La información de estos dos puede ser sintetizada en lo que se podría denominar mapa final de vulnerabilidad.

Los mapas de riesgo de daños por inundación: Son los verdaderos mapas de riesgo, puesto que muestran las inundaciones en relación con el impacto negativo que éstas pueden llegar a producir en personas, bienes y actividades humanas.

En el presente trabajo se realizará un mapa de este tipo a partir de los mapas mencionados anteriormente (peligrosidad y vulnerabilidad). Para su realización, se elaborarán los cuatro mapas anteriormente mencionados, ya que la superposición de los mismos proporciona la cartografía de riesgo de daños por inundación. En la Figura 2 se muestra la relación de dichos conceptos.

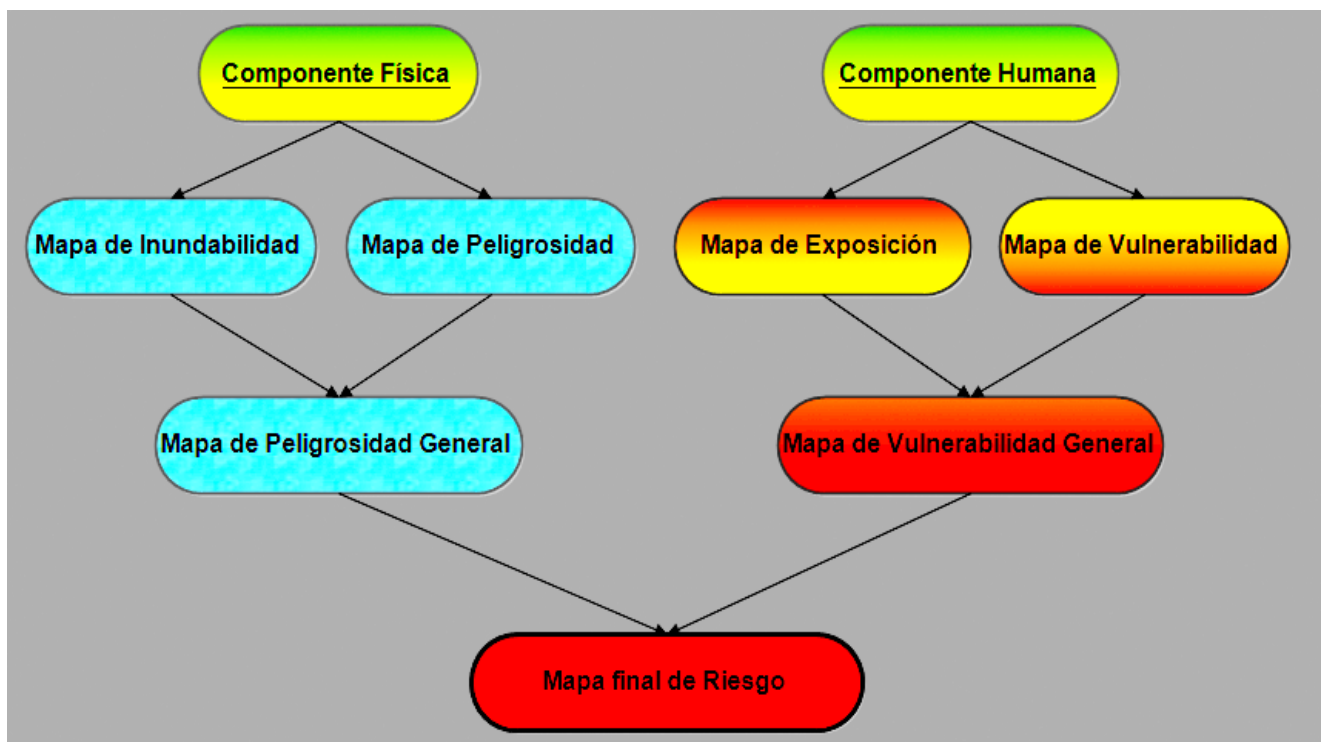


Figura 2. Esquema general para la realización de un mapa de riesgo por inundación.

Los Sistemas de Información Geográfica

Para la determinación de zonas con riesgo de inundación existen diversas metodologías. El uso de las llamadas nuevas tecnologías como son los Sistemas de Información Geográfica (SIG) tienen múltiples campos de aplicación en el análisis y la gestión del riesgo de inundaciones.

Un SIG permite adquirir, almacenar, analizar y editar información espacial. Se estructura internamente con un sistema que gestiona bases de datos georreferenciadas (Díez Herrero, 1999) y es esta capacidad de integración de datos lo que la convierte en una herramienta versátil y potente, ya que admite fuentes de datos tan diversas como mapas digitales y análogos (a diferentes escalas y proyecciones), modelos digitales de elevación (MDE), bases de datos alfanuméricos, fotografías aéreas, imágenes satelitales etc. Esto resulta de gran ayuda a la hora de elaborar estos tipos de mapas.

Definición

Un SIG es un sistema de software, hardware y procesamiento, diseñado para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente. Esta tecnología por medio de equipos informáticos maneja información geográfica como son los datos espaciales, tales como mapas o representaciones cartográficas tanto de zonas naturales como urbanas y sus datos temáticos (Olaya, 2011).

Componentes de un SIG

Un SIG consta básicamente de cuatro componentes principales (Figura 3):

- Equipo (hardware): Es donde opera el SIG, se puede ejecutar en un amplio rango de equipos desde servidores hasta computadoras personales.
- Programas (software): Los principales componentes de los programas son.
 - Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.
 - Un sistema de manejo de datos.

Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay; Tramo Arroyito-Confluencia.*

- Herramientas que permiten búsquedas geográficas, análisis y visualización.
- Interfaz gráfica para que el usuario pueda acceder fácilmente a las herramientas.
- Datos: Probablemente la parte más importante. Los sistemas de información que aportan datos a un SIG son sumamente variados y se presentan de formas diversas, pero la calidad de estos es de vital importancia para que un trabajo tenga sentido y aporte resultados coherentes y útiles.
- Recursos humanos: La tecnología SIG está limitada si no cuenta con el personal que opera, desarrolla y administra el sistema.

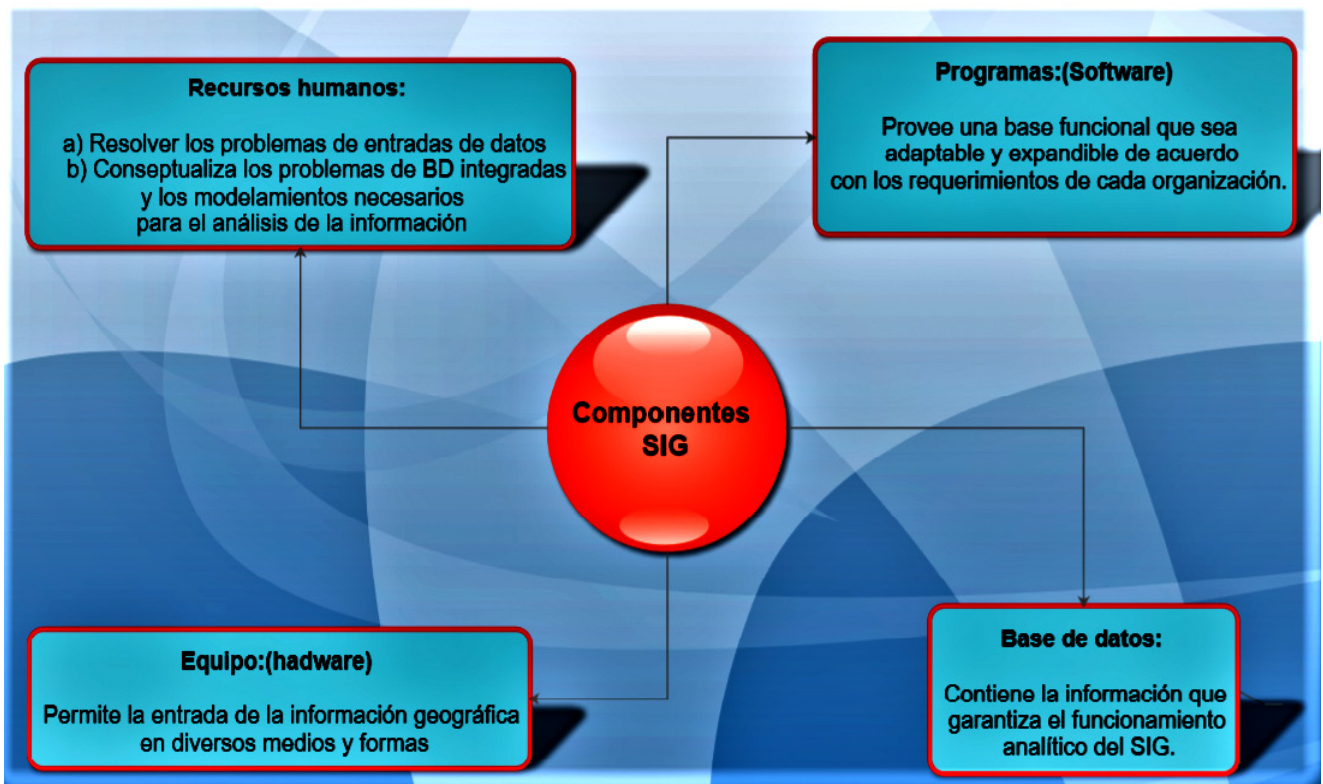


Figura 3. Componentes generales de un SIG.

Generalidades de los SIG

Información que maneja un SIG

Un objeto en un SIG es cualquier elemento relativo a la superficie terrestre que tiene tamaño (alto, ancho, largo) y una localización espacial y al cual se vinculan o asocian ciertos atributos que pueden ser gráficos o alfanuméricos (no gráficos) (Bosque Sendra, 1997).

- **Atributos gráficos:** En estos atributos se representan los elementos u objetos geográficos con su posición relativa especificada en el mundo real y se realiza por medio de puntos, líneas y polígonos.
- **Atributos no gráficos (alfanuméricos):** Estos atributos corresponden a las descripciones, cualificaciones o características de los elementos en juego y se relacionan con los atributos anteriores (gráficos) mediante un atributo unión es decir un atributo común a ambos.

Por lo tanto, la base de datos geográficos es un conjunto de datos (atributos gráficos y no gráficos) organizados acerca de un objeto o elemento que esté localizado en un determinado lugar de interés en la superficie terrestre y en donde:

- A cada objeto contenido en una categoría se le asigna un número identificador, que es único para cada objeto de la categoría y aparece tanto en los atributos gráficos como en los no gráficos (Figura 4).
- Los atributos gráficos son guardados en archivos y los alfanuméricos en tablas, los objetos geográficos se organizan por capas de información o temas también llamados niveles.
- Lo que permite la agrupación de la información en temas son los atributos no gráficos.

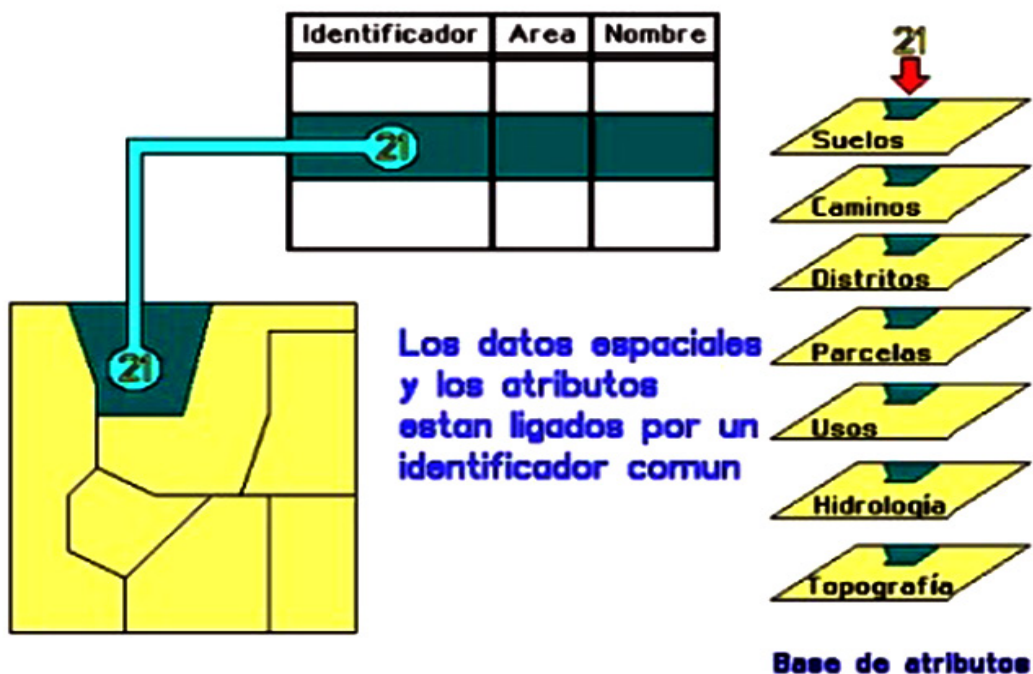


Figura 4. Base de datos gráficos y alfanuméricos de un SIG.

Fuente: <https://www.google.com.ar/search>.

Captura y manejo de la información

Los SIG funcionan con dos tipos de información geográfica que permiten el despliegue de mapas cartográficos, estos dos tipos de información o modelos dependen de la forma en que se representan los objetos en el espacio. Estos dos modelos son el vectorial y el raster (Figura 5).

- **Modelo vectorial:** Este tipo de modelo utiliza básicamente vectores de tipo punto, línea y polígonos (áreas) en donde cada uno está definido por sus pares de coordenadas para delimitar los objetos geográficos por su nombre o código de atributo.
- **Modelo raster:** Este modelo utiliza celdas en donde cada una contiene un solo valor de atributo, a dichas celdas donde se almacena la información digital se las denomina píxeles, que son la unidad mínima de medida. Cada uno de los píxeles que forma la imagen se encuentra georreferenciado, es decir que cada píxel tiene asociada una posición geográfica (ej: latitud-longitud).

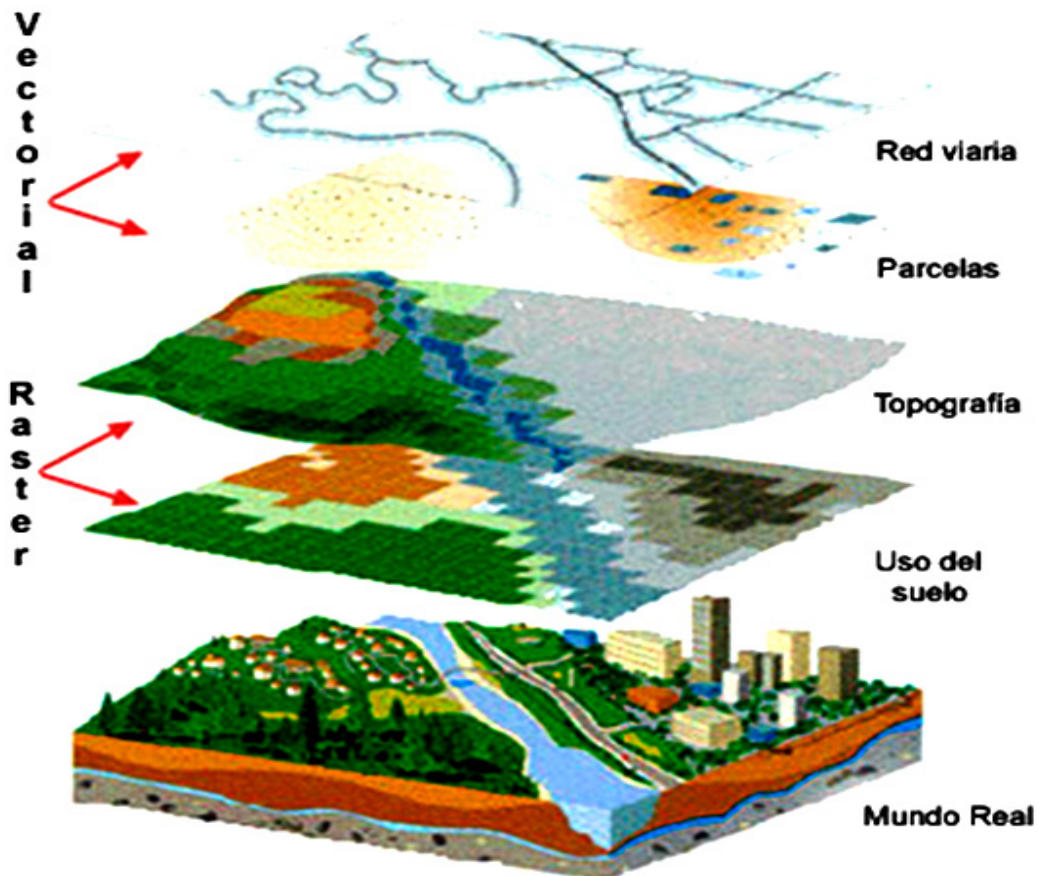


Figura 5. Representación gráfica de un modelo vectorial y raster en un SIG.

Fuente: <http://geoservice.igac.gov>.

Ventajas y desventajas de los sistemas de información geográficas (SIG)

Ventajas

Los SIG permiten realizar muchos trabajos de análisis, una vez que estos cuenten con la información necesaria y de calidad. Los beneficios que proporcionan a través de los análisis son aplicados a muchas organizaciones de distinta índole.

El tiempo que se emplea en la presentación de la información y elaboración de mapas es cada vez más pequeño, permitiendo a los usuarios que puedan contar con la información en el momento preciso.

Otra ventaja de este tipo de sistemas de información y que sobresale ante otros es que: la calidad de información que proporcione irá en aumento a medida que los usuarios lo mantengan actualizado, a esto se suma la creciente cantidad de aplicaciones en las que se puede utilizar.

Desventajas

Es marcada la gran necesidad de contar con técnicos capacitados en la utilización de los diversos programas de software para el manejo de la información geográfica. Como elemento importante en la constitución de un SIG, es imprescindible que se cuente con la capacitación adecuada para las personas que formarán parte del equipo de trabajo que utilizará el SIG.

Otra desventaja es la necesidad de contar con equipo de hardware de alta velocidad y de gran espacio de almacenamiento (tanto en disco como en memoria) para la ejecución de las tareas. Al costo de los hardwares asociados se suma a que la mayoría de las licencias de software es muy costosa.

Componentes físicos de los mapas de riesgo

Mapa de inundabilidad

En primer lugar y en concordancia con lo propuesto para la elaboración de los mapas de riesgo de inundaciones, se cuenta con el shapefile¹⁴ que representa el área

¹⁴ El formato ESRI Shapefile (SHP) es un archivo informático propiedad de la compañía ESRI, creado para los Sistemas de Información Geográfica como Arc/Info o ArcGIS. Es un formato sencillo de tipo vectorial que se utiliza

Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay;
Tramo Arroyito-Confluencia.*

potencial de inundación para el periodo de retorno analizado (100 años), presentado en el análisis de caudales para la delimitación de las líneas de ribera y conexas, en el Plan de Acción Durante Emergencias (PADE) que fueron facilitadas por la AIC¹⁵ a los diferentes organismos para ser tenidos en cuenta en la planificación territorial, y se utilizará solo el tramo Arroyito – Confluencia, cuyos datos se pueden exportar a ArcGIS para procesarlos y obtener tanto el área afectada, como las alturas de agua necesarias para la obtención de la peligrosidad.

Por lo tanto, a partir de dicho shapefile se tendrá una estimación del área que cubriría el caudal analizado, que es necesario para la obtención del primer mapa, el cual se restringe solo a delimitar el área potencial de afectación, y no aporta datos sobre que elementos se verán afectados y con que intensidad.

Mapa de peligrosidad

En segundo lugar se realizará el mapa de peligrosidad, si bien es cierto que los criterios para su cuantificación tradicionalmente se han realizado a partir de la combinación de velocidades y calados, en este caso solo se trabajará con los calados (profundidades) puesto que según el Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente de España, en su “Propuesta de mínimos para la metodología de realización de los mapas de riesgo de inundación” (Gobierno de España, 2013), propone la simplificación de este proceso ya que se ha comprobado que se obtienen resultados cuantitativos similares.

Para obtener dichos calados en el área de estudio, se cuenta con los modelos digitales de elevación (MDE), descargados de la página web del Instituto Geográfico Nacional de Argentina (IGN), y el shapefile del área para el periodo de retorno mencionado con anterioridad, que a partir de su combinación y procesamiento se obtendrán las profundidades del área y por ende el mapa final de peligrosidad.

para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades. Las entidades geográficas de un shapefile se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas).

¹⁵ En el Artículo 5° del Estatuto de la Autoridad (AIC), se establecen los atributos de la misma y específicamente se detalla en el inciso I) “ Establecer normas técnicas que permitan determinar la línea de ribera de los cursos de agua de la cuenca” <http://www.aic.gov.ar>.

Modelos digitales de elevación para obtener los calados

Un Modelo Digital de Elevación (MDE o DEM por sus siglas en inglés) es un modelo generado para representar las superficies topográficas de la tierra. La cual se divide en celdas con un determinado tamaño que se agrupan en forma de grilla, la cual está ordenada, ya que cada celda está ubicada de acuerdo a una posición georreferenciada y a la cual también se le asigna un valor de altura respecto al nivel medio del mar. De esta forma se genera información relativa a las alturas, pendientes y dimensiones del terreno, las cuales pueden ser utilizadas para propósitos diversos como la generación de mapas y modelos tridimensionales de la superficie terrestre. Por ende no solo es información valiosa sino que es muy precisa en relación con sus prestaciones.

La misión SRTM¹⁶ (Shuttle Radar Topography Mission) fue un proyecto internacional cuyo objetivo principal fue la creación de un modelo digital de elevación global de alta resolución y calidad uniforme (Informe MDE-Ar_45m, 2014), que cubriría casi toda la superficie terrestre (desde los 60 grados de latitud norte hasta los 60 grados de latitud sur).

En Argentina el Instituto Geográfico Nacional a partir de un convenio con la NGA (National Geospatial-Intelligence Agency), recibió el modelo para Argentina con resolución de 30 metros por pixel. A partir del cual se obtuvo otro de 45 metros por pixel que cubre todo el territorio Nacional (MDE-Ar) dicho modelo, se recorta al tamaño de las cartas utilizadas por el IGN (escala 1:100.000), para facilitar la accesibilidad y descarga a los usuarios (Informe MDE-Ar_45m, 2014).

Interpolación de datos

La interpolación básicamente se trata de estimar o predecir valores desconocidos a partir de valores conocidos. La versatilidad del método de interpolación se puede justificar ya que por ejemplo visitar todas las ubicaciones de un área de estudio para medir la altura, la concentración, precipitación, etc., o la magnitud de cualquier fenómeno, generalmente es difícil o costoso. En cambio, se

¹⁶ "La misión SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) fue un proyecto internacional llevado a cabo en cooperación entre la U.S. Matinal Aeronautics and Space Administration (NASA), el German Aerospace Center (DLR), la Agencia Espacial Italiana (ASI) y la U.S. National Geospatial Intelligence Agency (NGA)" (Informe MDE-Ar_45m, 2014) pag 4.

puede medir el fenómeno en ubicaciones de muestras en puntos estratégicos y se pueden asignar valores previstos a todas las demás ubicaciones.

Las herramientas de interpolación de superficie por ende, crean una superficie continua (o predicción) a partir de los valores de los puntos en una muestra, de ahí la necesidad en nuestro caso de convertir el shapefile de polígono a línea y luego a puntos, que son los que se necesitan para la extrapolación de los datos. Y cuyo objetivo entonces será hacer predicciones a partir de los puntos (valores de altura en msnm en nuestro caso), para la creación de la superficie continua, la cual está representada en un nuevo raster, para todos los puntos, donde cada valor de pixel que equivale a la altura estará asociado al punto más cercano que se ha extraído del MDE original.

Métodos de Interpolación

En general existen diferentes métodos de interpolar; cada método se denomina modelo, donde se realizan diferentes suposiciones acerca de los datos, es por ello que algunos modelos son más aplicables a determinados datos, por ejemplo: un modelo puede dar cuenta de la variación de dichos datos de mejor manera que otro ya que cada uno de ellos produce predicciones usando diferentes tipos de cálculos, y aunque los métodos que se utilizan en uno u otro caso son bastante diferentes, todos los métodos de interpolación se basan en la presunción lógica de que cuanto más cercanos estén dos puntos sobre la superficie terrestre, los valores de cualquier variable cuantitativa que midamos en ellos serán más parecidos, es decir, las variables espaciales muestran autocorrelación espacial.

Cuando se trabaja con un SIG la interpolación espacial suele utilizarse para obtener capas raster que representan la variable a interpolar. En esos casos cada pixel de la capa raster constituye un punto en el que hay que realizar la interpolación.

Las herramientas de interpolación, en general, se dividen en métodos determinísticos y métodos de estadística geográfica (Toro & Melo, 2009). El software ArcGIS 10.3 que se utilizará en este trabajo posee en su caja de herramientas (ArcToolbox) herramientas de análisis espacial (Spatial Analyst Tools), un conjunto de herramientas (modelos), que pueden ser utilizados basados en el análisis de los datos para ver cuál es el modelo que mejor se ajusta al conjunto de observaciones.

Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay; Tramo Arroyito-Confluencia.*

- Los métodos determinísticos de interpolación asignan valores a las ubicaciones basándose en los valores medidos circundantes y en fórmulas matemáticas específicas que determinan la suavidad de la superficie resultante. Estos incluyen IDW (ponderación de la distancia inversa), Vecino natural, tendencia y Spline.
- Los métodos de estadísticas geográficas están basados en modelos estadísticos que incluyen la autocorrelación (la relación estadística entre los puntos medidos). Gracias a esto, las técnicas de estadística geográfica no sólo tienen la capacidad de producir una superficie de predicción sino que también proporcionan alguna medida de certeza o precisión de las predicciones. El Kriging es un método que entra en esta denominación.

En la tabla 1 se enumeran los modelos de interpolación disponibles en la caja de herramientas de ArcGIS 10.3 ArcToolbox, y se detalla una breve descripción de cada uno de ellos:

Tabla 1. Descripción de las herramientas de interpolación disponibles en ArcGIS 10.3.
Fuente: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3> (2017).

Herramienta	Descripción
IDW	Interpola una superficie de ráster a partir de puntos utilizando una técnica de distancia inversa ponderada (IDW).
Kriging	Interpola una superficie de ráster a partir de puntos utilizando kriging.
Natural Neighbour	Interpola una superficie de ráster a partir de puntos utilizando una técnica de vecinos naturales.
Spline	Interpola una superficie de ráster a partir de puntos utilizando una técnica de spline de curvatura mínima bidimensional. La superficie de alisado resultante pasa exactamente a través de los puntos de entrada.
De topo a ráster	Interpola una superficie hidrológicamente correcta a partir de datos de punto, línea y polígono.
De topo a ráster por un archivo	Interpola una superficie de ráster hidrológicamente correcta a partir de datos de punto, línea y polígono mediante el uso de parámetros especificados en un archivo.
Técnica de Tendencias	Interpola una superficie de ráster a partir de puntos utilizando una técnica de tendencia.

De las herramientas detalladas anteriormente se utilizará para la interpolación de los datos extraídos del DEM original, el modelo tipo kriging.



Kriging: método de estadística geográfica

Este es un procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersos con valores z (en nuestro caso alturas en msnm), dicha estimación utiliza un modelo de variograma para la obtención de los valores ponderados que se le darán a cada punto de referencia usados en la estimación, por ende también puede ser entendida como una predicción lineal o inferencia partiendo de la premisa ya comentada de que puntos más próximos en el espacio tienden a tener valores más parecidos en puntos más cercanos (principio de geoestadística), esta correlación se utiliza para generar una superficie continua con un cierto grado de certeza (Zavaleta Sánchez, 2010).

Se considera al método de kriging del tipo MELI (Mejor Estimador Lineal Insesgado) es lineal porque sus estimaciones son combinaciones lineales ponderadas de los datos existentes; y es insesgado porque procura que la media de los errores (desviaciones entre el valor real y el valor estimado) sea nula; es el mejor (óptimo) porque los errores de estimación tienen una variancia de estimación mínima. El término kriging abarca tres variantes del método (Emery, 2013).

Tipos de Kriging

Kriging ordinario

Las medias locales no son necesariamente próximas de la media de la población, usándose apenas los puntos vecinos para la estimación. Es el método más ampliamente utilizado en los problemas ambientales y es el que se utilizará en este trabajo, para la interpolación de los datos.

Kriging simple

Asume que las medias locales son relativamente constantes y de valor muy semejante a la media de la población que es conocida. La media de la población es utilizada para cada estimación local, en conjunto con los puntos vecinos establecidos como necesarios para la estimación.

Cokriging

Es una extensión de las situaciones anteriores en las que dos o más variables tienen una dependencia espacial, por ende, es la estimación conjunta de variables aleatorias regionalizadas, más comúnmente conocida como Cokriging (Kriging conjunto), es el análogo natural del Kriging de una función aleatoria, pero mientras que el Kriging utiliza la correlación espacial para determinar los coeficientes en el

estimador lineal, el Cokriging utiliza la correlación espacial y la correlación entre funciones aleatorias al mismo tiempo.

Componente humano de los mapas de riesgo

Medición de la pobreza: Conceptos y métodos

El concepto de pobreza es multidimensional y no existe un enfoque autosuficiente para poder dimensionarlo. En la actualidad, la definición más utilizada para la identificación de la pobreza centra su atención en cuanto a “necesidad”, “estándar de vida” o “insuficiencia de recursos”. Así, los indicadores más utilizados atienden a la satisfacción de ciertas necesidades, al consumo de bienes o el ingreso disponible. Es decir, es posible tener tantas definiciones y cuantificaciones de ella, como aspectos o criterios existan para medirla (Barneche & Bugallo, 2010).

Concepto de Pobreza

De una manera general, y a pesar del carácter multidimensional y complejo que puede tener, se dice que la pobreza es una condición en la cual una o más personas tienen un nivel de bienestar inferior al mínimo necesario para la sobrevivencia, y es entendida como la situación de privación, que obliga a quienes la padecen a llevar una vida por fuera de los estándares socialmente establecidos. También se refiere a la exclusión como consecuencia de la carencia de recursos necesarios para acceder a las condiciones materiales de existencia típica de una determinada sociedad.

Esta definición general de pobreza es prácticamente la premisa básica para iniciar el proceso de su medición, cualquiera sea el método a utilizar. Es decir, son los indicadores del "nivel de bienestar" y los criterios para determinar el "mínimo necesario" los que hacen diferente un método de medición de otro (Altimir, 1979).

Métodos de Medición

A partir de los planteos anteriores, y con el objetivo de medir la pobreza se puede utilizar un método directo o uno indirecto. En el primero, una persona pobre es

Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay;
Tramo Arroyito-Confluencia.*

aquella que no satisface una o varias necesidades básicas, como por ejemplo una nutrición adecuada, un lugar decente para vivir, educación básica, etc (NBI).

El indirecto, en cambio, clasificará como pobres a aquellas personas que no cuenten con los recursos suficientes para satisfacer sus necesidades básicas (LP).

Mientras que el método directo relaciona el bienestar con el consumo efectivamente realizado, el método indirecto lo evalúa a través de la capacidad para realizarlo. Actualmente a estos métodos se le ha sumado una nueva línea de trabajo que toma parte de los dos anteriores.

Por lo que en la actualidad para cuantificar la pobreza, hay tres métodos de medición internacionalmente reconocidos: el de la Línea de Pobreza (LP), el de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), y el Integrado, que combina las dos anteriores (Feres y Mancera, 1999).

Método de la Línea de Pobreza (LP)

Es el método más utilizado internacionalmente a pesar de sus limitaciones, utiliza el ingreso o el gasto de consumo como medida del bienestar, estableciéndose un valor per cápita para una canasta con los insumos básicos necesarios para la sobrevivencia (canasta básica), y esta se toma como valor de referencia (línea) para poder establecer las diferencias de los niveles de pobreza.

La línea de pobreza extrema corresponde al valor per cápita de la canasta que contiene solo rubros alimenticios. La línea de pobreza total comprende el valor per cápita de los rubros alimenticios y no alimenticios. Con este método son considerados pobres extremos a quienes tienen ingresos o gastos per cápita por debajo del valor de la canasta mínima alimentaria. Pobres no extremos quienes tienen ingresos o gastos per cápita por arriba de la línea de pobreza extrema, pero por debajo de la línea de pobreza total; es decir cuando pueden financiar el costo de una canasta mínima de alimentos pero no el costo de una canasta mínima total. Se considera no pobres a quienes tienen ingresos o gastos per cápita¹⁷ por arriba de la línea de pobreza total.

¹⁷ El ingreso per cápita es un cálculo que se realiza para determinar el ingreso que recibe, en promedio, cada uno de los habitantes de un país; es decir, en promedio, cuánto es el ingreso que recibe una persona para subsistir. Este cálculo se obtiene dividiendo el ingreso nacional entre la población total de un país.

Método de Medición Integrada

El tercer método, denominado Método Integrado de medición de la pobreza, combina los métodos de la línea de pobreza y necesidades básicas insatisfechas. Con este método se clasifica a la población en los siguientes cuatro grupos:

- Pobres crónicos que son los grupos más vulnerables porque tienen al menos una NBI e ingresos o gastos por debajo de la línea de pobreza.
- Pobres recientes, es decir, aquellos que tienen sus necesidades básicas satisfechas pero que sus ingresos están por debajo de la línea de pobreza.
- Pobres inerciales, que son aquellos que tienen al menos una necesidad básica insatisfecha, pero sus ingresos o gastos están por encima de la línea de pobreza.
- Integrados socialmente, es decir los que no tienen necesidades básicas insatisfechas y sus gastos están por arriba de la línea de pobreza.

En la medida que los indicadores utilizados por ambos métodos (NBI y LP) tienen comportamientos diferentes a lo largo del tiempo, podría identificarse situaciones de pobreza estructural (bajo el enfoque del método de las NBI) y de pobreza coyuntural (bajo el enfoque del método de la línea de pobreza). La principal limitación de este método es que el porcentaje total de pobres siempre resulta mayor que el que proporciona cualquiera de los dos métodos que integra (Altimir, 1979).

Método de las Necesidades Básicas Insatisfechas

El método de medición de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) toma en consideración un conjunto de indicadores relacionados con necesidades básicas estructurales (vivienda, educación, salud, infraestructura pública, etc.) que se requiere para evaluar el bienestar individual. Este conjunto de indicadores puede variar de país en país. A diferencia de la Línea de Pobreza este indicador se refiere a la evolución de la pobreza estructural.

Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay;
Tramo Arroyito-Confluencia.*

La metodología de las NBI para el estudio de la pobreza en los países de Latinoamérica fue propuesta por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en los años 70 y en Argentina se aplica a los censos desde el año 1980 (INDEC, 1988).

El concepto de NBI permite la delimitación de grupos de pobreza estructural, y está basado en el establecimiento de los umbrales mínimos de bienestar, según niveles universalmente aceptados, los cuales deben ser alcanzados a partir de la cobertura de un cúmulo de necesidades materiales básicas. Así, cuando los hogares, o la población que reside en ellos, no pueden satisfacer tales necesidades, estos son categorizados con NBI. De acuerdo con este enfoque, se define un concepto de pobreza estructural a partir de indicadores vinculados a condiciones habitacionales esenciales, a la escolarización en el nivel primario de educación formal y a la inserción en el mercado laboral de los integrantes del hogar, conceptos estos que están muy vinculados a la calidad de vida (INDEC, 1992). Este método es el que se utilizará en el presente trabajo.

Limitaciones del método

La principal característica de este método es que no es sensible a los cambios de la coyuntura económica y por lo tanto no ofrece una visión específica del comportamiento de la pobreza. Con este método se considera población en pobreza a aquella que tiene al menos una necesidad básica insatisfecha cualquiera sea el indicador. Este método presenta las siguientes limitaciones:

- Todos los indicadores utilizados tienen el mismo peso.
- Considera igualmente pobre a un hogar que indistintamente tiene uno ó más NBI.
- Considera igualmente pobre a un hogar en donde hay uno ó más niños que no asisten a la escuela.
- Por facilidades de medición se privilegia a los indicadores de vivienda. Asimismo, la utilización de indicadores de servicios para el área rural presenta problemas conceptuales.

En la medida de que el área rural es en mayor proporción un ámbito casi natural, al utilizar los mismos indicadores del área urbana se estaría sobreestimando la pobreza de este ámbito. (Blanco, Alegre, & Jiménez, 2009).

Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay; Tramo Arroyito-Confluencia.*

No obstante este método tiene la gran ventaja de que permite la focalización de la pobreza y la elaboración de mapas de pobreza a nivel de distritos, cuando se utiliza como fuente de información los Censos Nacionales (INDEC, 1988) dentro de los cuales están las variables que componen el indicador (NBI).

De acuerdo con la metodología censal adoptada por el INDEC (Tabla 2), se consideran hogares con NBI a aquellos que presentan al menos una de las siguientes características:

- Vivienda inconveniente (NBI 1): Es el tipo de vivienda que habitan los hogares que moran en habitaciones de inquilinato, hotel o pensión, viviendas no destinadas a fines habitacionales, viviendas precarias y otro tipo de vivienda. Se excluye a las viviendas tipo casa, departamento o rancho.
- Carencias sanitarias (NBI 2): Incluye a los hogares que no poseen retrete.
- Condiciones de hacinamiento (NBI 3): Es la relación entre la cantidad total de miembros del hogar y la cantidad de habitaciones de uso exclusivo del hogar. Técnicamente se considera que existe hacinamiento crítico cuando en el hogar hay más de tres personas por cuarto.
- Inasistencia escolar (NBI 4): Hogares que tienen al menos un niño en edad escolar (6 a 12 años) que no asiste a la escuela.
- Capacidad de subsistencia (NBI 5): Incluye a los hogares que tienen cuatro o más personas por miembro ocupado y que tienen un jefe que no ha completado el tercer grado de escolaridad primaria. (ver cuadro resumido).

Tabla 2. Definición de los indicadores NBI, descripción y hogares donde pueden ser identificados.
Fuente: <https://www.indec.gov.ar> (2017).

Indicadores NBI (INDEC 2010)	Definición operacional (INDEC)	Hogares en los que puede ser identificado
Tipo de vivienda inconveniente	Casilla, pieza de inquilinato, hotel-pensión y otras (excluye ranchos, casas y departamentos)	Universo de hogares particulares
Condiciones sanitarias deficientes	No tiene retrete	Universo de hogares particulares
Hacinamiento	Más de tres personas por cuarto	Hogares particulares con 4 o más personas
Escolaridad	Niños de 6 y 12 años que no asisten a la escuela	Hogares particulares con al menos un niño de entre 6 y 12 años de edad
Capacidad de subsistencia	4 o más personas por miembro ocupado y cuyo jefe alcanzó hasta 2° grado escolar	Hogares particulares con cuatro o más personas y con al menos un miembro económicamente ocupado

6 Tratamiento de los datos

Procesamiento y análisis de los datos

Para el análisis, procesamiento y tratamiento de los datos de las distintas variables que componen el riesgo, se utilizó el software ArcGIS 10.3 de ESRI, los DEM (modelos de elevación digital) descargados desde la página del Instituto Geográfico Nacional de Argentina y el shapefile del área inundable para un periodo de retorno¹⁸ de 100 años, que representa un caudal de 3200 m³/s, el cual corresponde a los límites de zona de riesgo de inundación en el análisis de caudales para la delimitación de las líneas de ribera en el río Limay, en el tramo Arroyito-Confluencia. Además, se utilizaron datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 de la página oficial del INDEC y de la Dirección Provincial de Estadística y Censos de la Provincia del Neuquén, las imágenes satelitales necesarias y páginas oficiales para datos relevantes.

Análisis del componente físico para el mapa de peligrosidad

Análisis de la inundabilidad

Para el análisis de la inundabilidad, en primer lugar se delimitó el área perteneciente a la zona del valle inferior del río Limay, que se extiende desde el dique compensador de Arroyito y la confluencia de los ríos Limay y Neuquén, y el límite de bardas, que es en donde coexisten la actividad agropecuaria con una densa urbanización, Senillosa-Plottier-Neuquén y Balsa Las Perlas (Río Negro), dentro de la cual se encuentra el área de estudio (Figura 6).

¹⁸ El periodo de retorno se define com el intervalo de recurrencia (T) al lapso promedio en años entre la ocurrencia de un evento igual o mayor a una magnitud dada. Este periodo se considera como el inverso de la probabilidad del m-ésimo evento de los n registros. Donde T= Periodo de retorno (años).

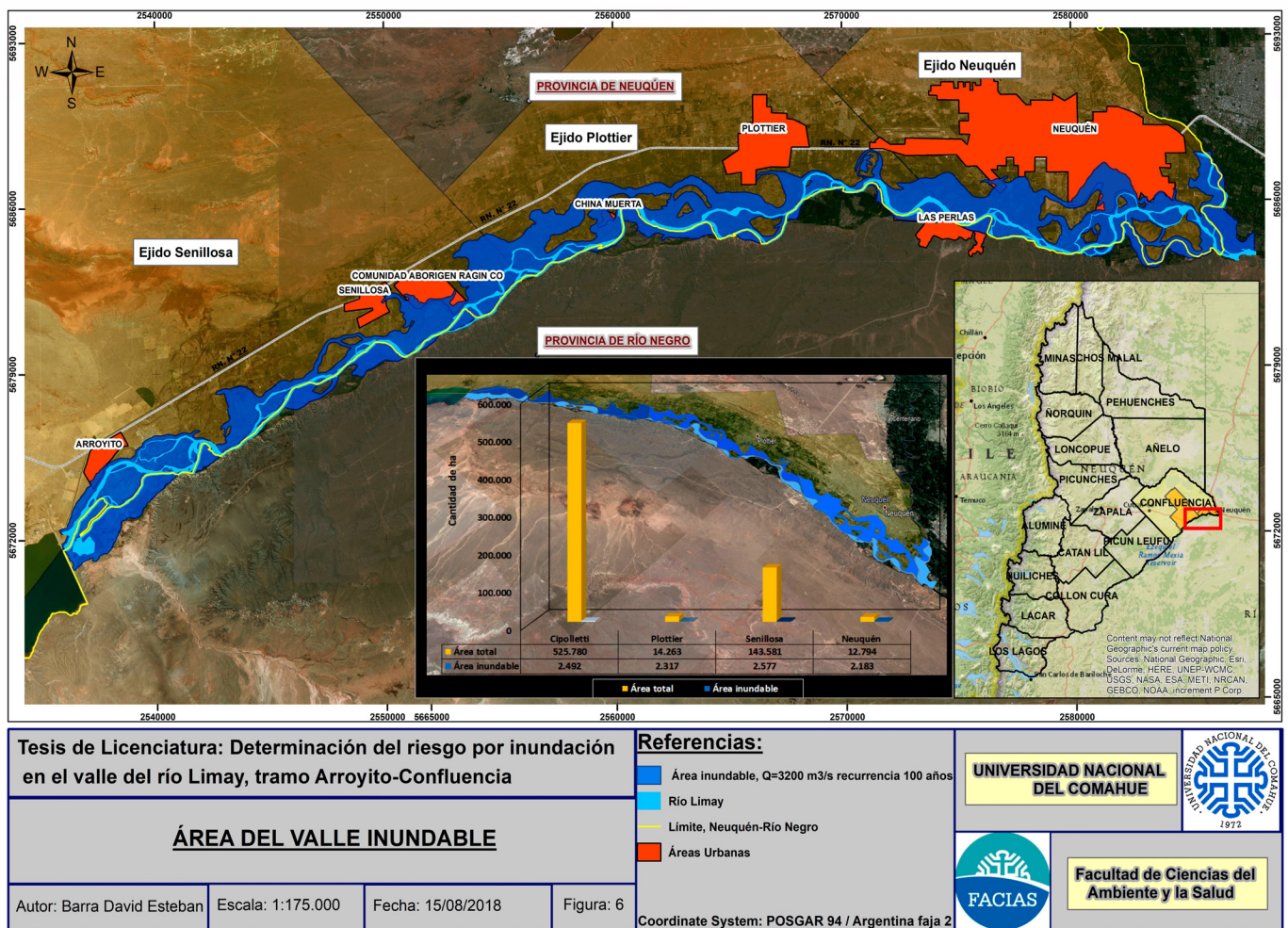


Figura 6. Área del valle, dentro de la cual se encuentra el área de estudio.
Fuente: <http://www.aic.gov.ar/sitio/publicaciones> (2017).

Análisis de la peligrosidad: obtención de las profundidades

En primer lugar para el tratamiento de los datos de la componente física se hizo uso de los DEM descargados de la página oficial del (IGN) Instituto Geográfico Nacional que por defecto están en escala 1:100000, para el caso en estudio, se descargaron seis cartas topográficas, las mismas se unieron a través de la herramienta Mosaic To New Raster (ARcGIS 10.3 ArcToolbox) para poder trabajar con un solo raster homogéneo y con las mismas características que los raster individuales.

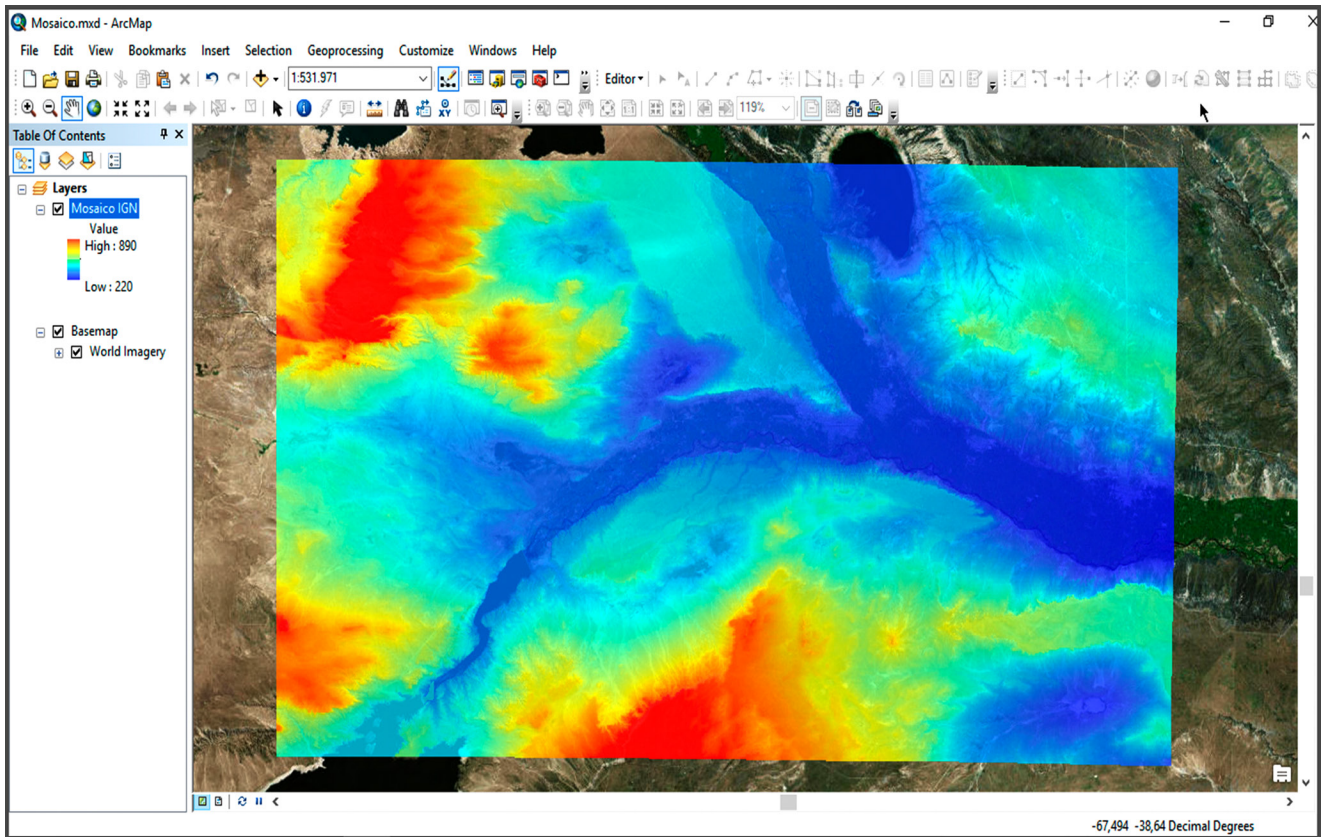


Figura 7. Raster homogeneizado dentro del cual esta el área de estudio.
Fuente: <http://www.ign.gob.ar> (2017).

El MDE o raster, generado anteriormente (Figura 7) se utilizará para superponerlo y recortarlo con el shapefile para el caudal de 3200 m³/s que delimita el área potencial que ocuparía dicho caudal (Figura 8) a fin de trabajar las alturas solo del área de estudio (Figura 9), utilizando la herramienta Extract by Mask (ArcGIS 10.3, ArcToolbox) a una escala de 1:230000.

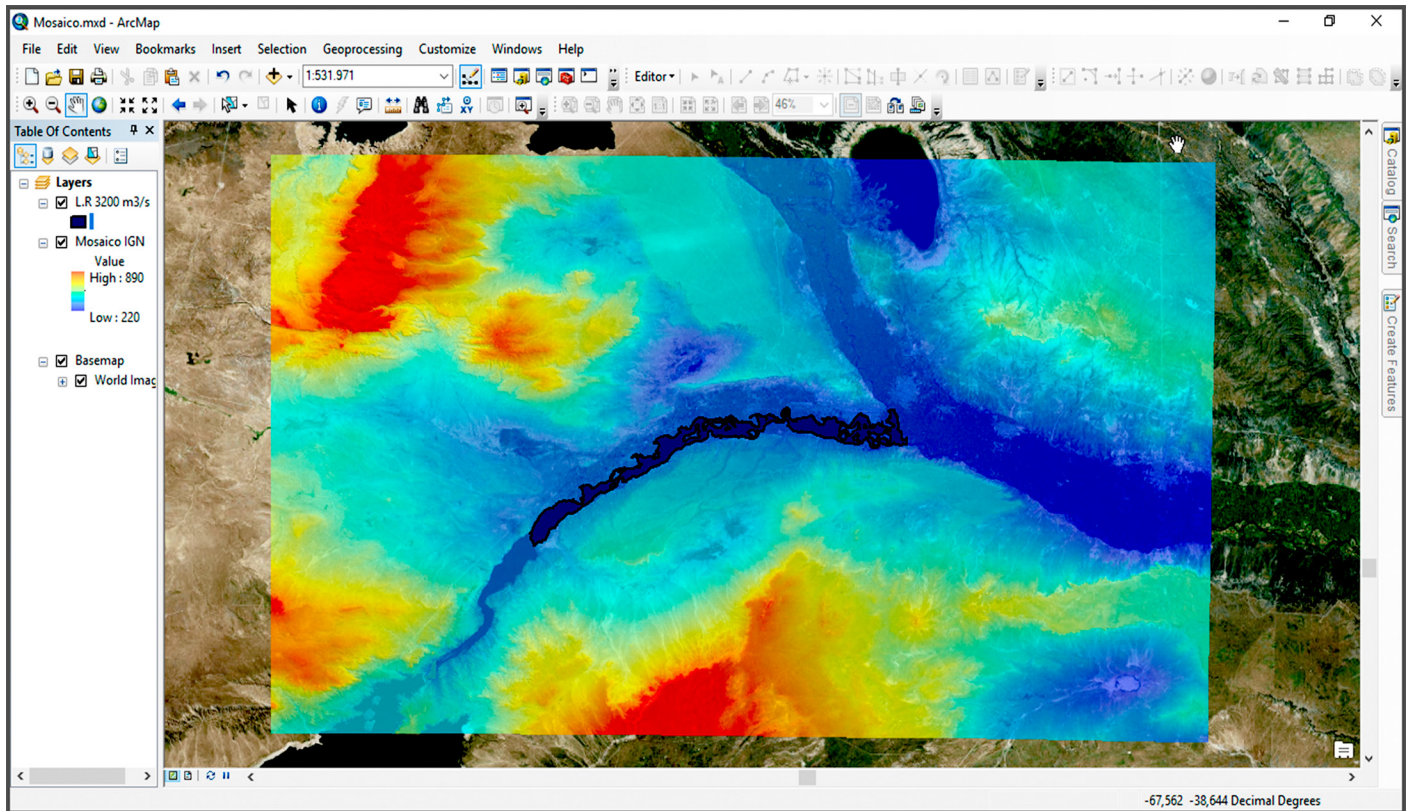


Figura 8. Superposición del MDE y la curva de inundación de 3200 m³/s.

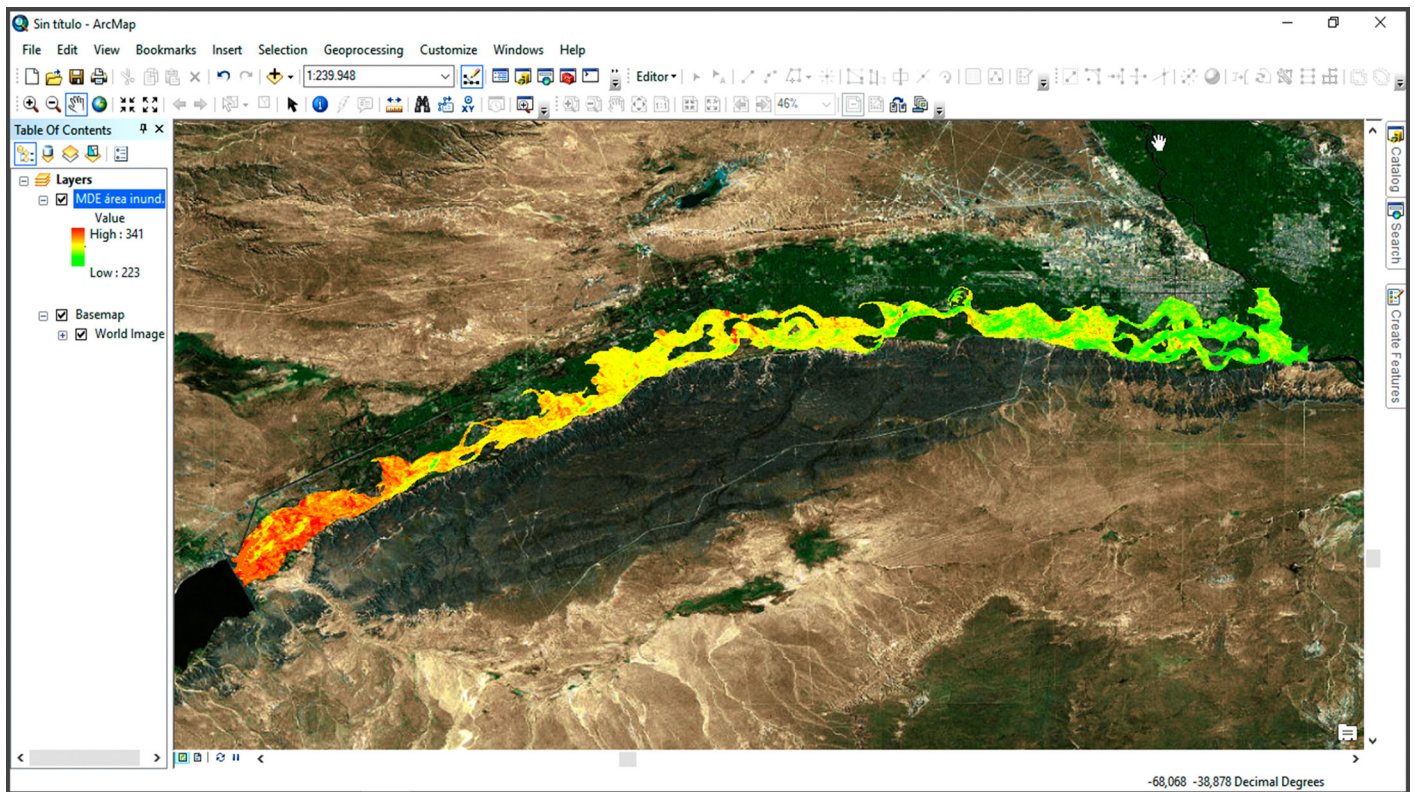


Figura 9. Modelo digital de elevación recortado al área de estudio.

Ahora bien, aunque el shapefile para el caudal en el periodo de retorno de 100 años propuesto delimita un área con exactitud, no da información acerca del relieve que se encuentra por debajo o por encima del área que cubriría el agua, dicho relieve es necesario para deducir las distintas profundidades que cubriría dicha masa de agua a lo largo del área afectada, es por ello que se recurre a los DEM para lograrlo.

Para ello será necesario hacer dos modificaciones al shapefile original que se encuentra en forma de polígono (formato vectorial), en primer lugar se hará la transformación de dicho polígono, a una capa vectorial nueva de tipo línea (Figura 10), ya que sólo es necesario contar con el perímetro del área para poder acceder al segundo paso, para ello se utilizará la herramienta Feature-Feature line (ArcGIS 10.3, ArcToolbox). El segundo paso será la conversión de este último a una capa de puntos (se transforma el shapefile de línea a otro de puntos, Figura 11), esto se debe realizar para extraer los valores de altura del perímetro del MDE, para ello se utilizará la extensión ET GeoWizards que es un complemento para ArcGIS.

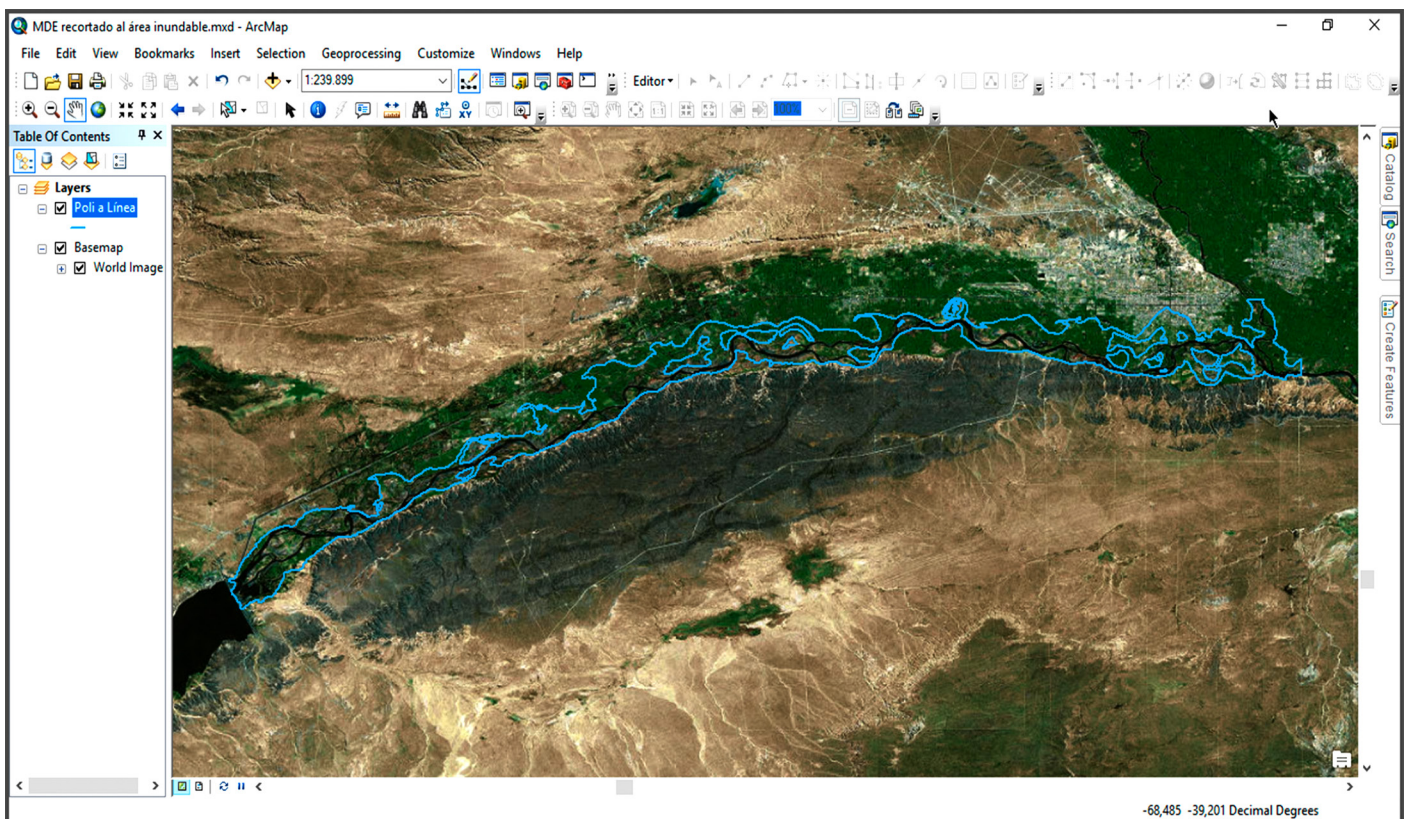


Figura 10. Transformación de la capa vectorial de polígono a línea.

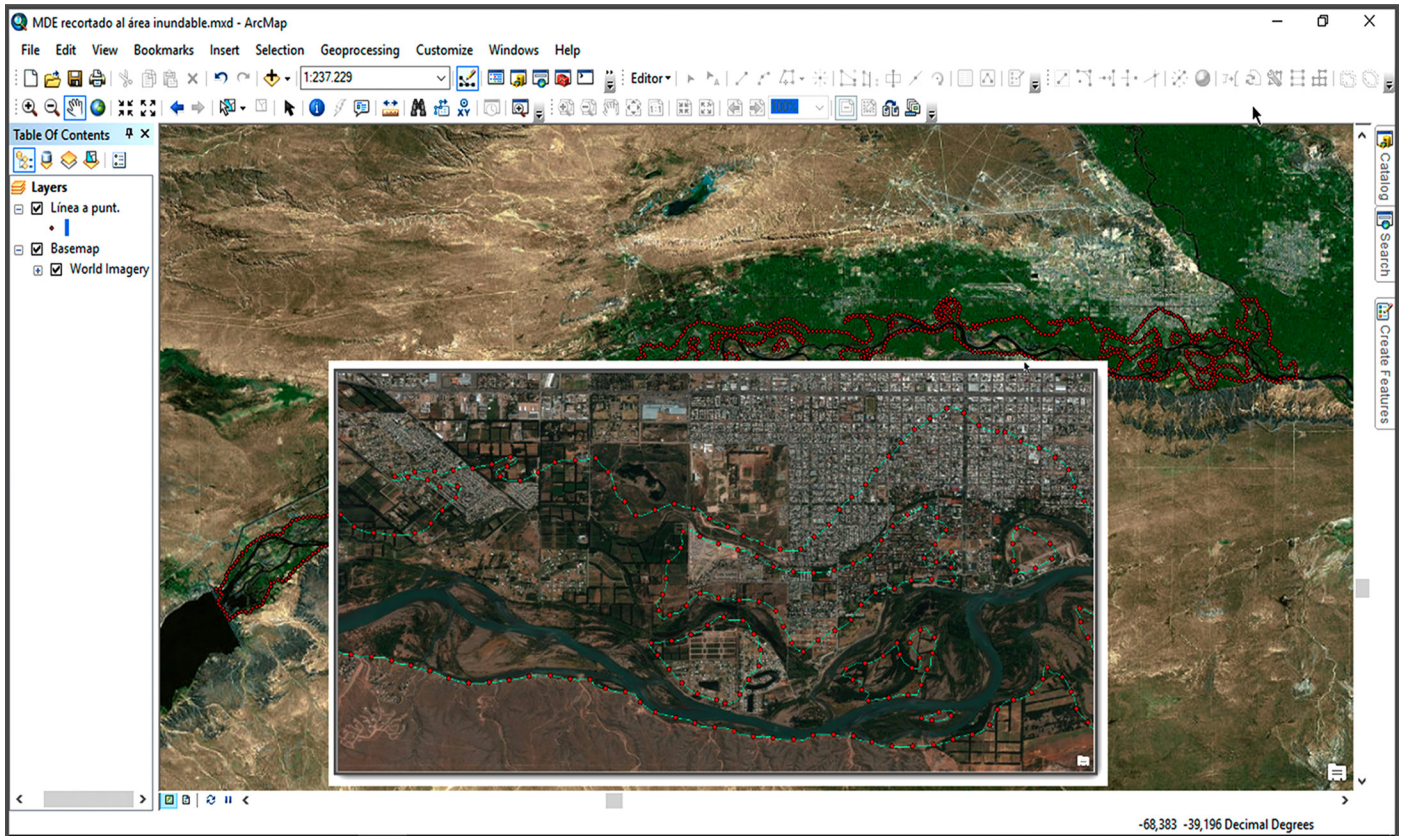


Figura 11. Transformación de la capa vectorial de línea a puntos.

Esta capa vectorial de puntos con las alturas correspondientes (msnm), extraídas del perímetro del MDE, se utilizará para la extrapolación de dichos datos, para este proceso ArcGIS cuenta en su caja de herramientas ArcToolbox, con la aplicación Spatial Analyst Tool (Herramienta de análisis espacial) dentro de la cual se encuentra la herramienta para interpolar con sus distintos métodos.

El método elegido para la interpolación de los datos en el presente trabajo, será el método de kriging ordinario comentado en otro apartado.

Este raster de salida de los datos extrapolados es el que se utilizará para restar con el modelo digital de elevación descargado desde el IGN y de esta forma obtener las alturas o más bien dicho las profundidades del agua en toda el área de estudio. En este punto cabe destacar que podrían existir valores negativos en algunos lugares al realizar la diferencia entre el MDE y el raster generado con la extrapolación del contorno del área, esto debido a que algunas áreas o superficies del terreno no están sumergidas sino que estarían por encima del espejo de agua que cubre la zona.

**Tesis de grado: Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay;
Tramo Arroyito-Confluencia.**

Ahora bien, el raster generado a partir de la diferencia entre el modelo digital de elevación (IGN) y el creado a partir de la extrapolación de las alturas del contorno del área en cuestión (Figura 12), es el que nos da la idea de cuáles son las alturas de la lámina de agua o las profundidades de la masa de agua en toda el área de estudio.

Como se mencionó antes, todos los valores negativos se refieren a las áreas que aunque estén dentro del espejo de agua no se verán inundadas y cuyo valor de altura máxima sobre el nivel del agua será de 17 m de altura, (-17) para los cálculos. Por lo tanto, todos los valores positivos (en los cálculos) se refieren a las profundidades en toda el área afectada cuya profundidad máxima alcanza los 19 m de columna de agua. Esto es porque los valores del contorno del MDE y los valores del contorno del área extrapolada son coincidentes, al realizar la diferencia entre ambos, el contorno quedaría con un valor cero, que técnicamente representa las orillas o el límite hasta donde llegaría la inundación. Por ende los valores negativos y positivos están dados por el sistema de referencia que se adopta, esto es consecuente con lo denominado cartografía de zonas inundables. A continuación se muestra una imagen con lo comentado para una mejor interpretación.

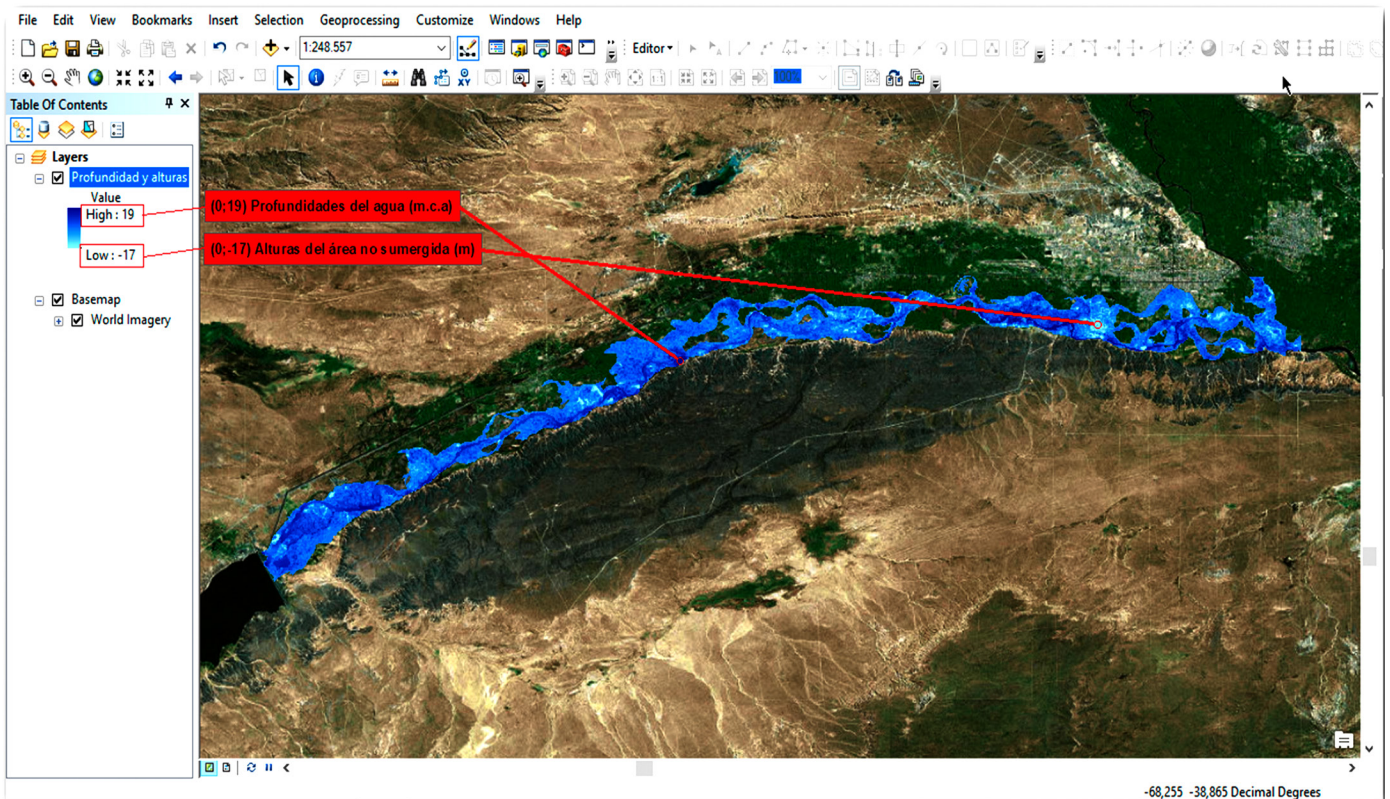


Figura 12. MDE con los rangos de profundidad y alturas del área inundable.

Ahora para poder decidir si cierta zona está más expuesta o menos expuesta se debería ser capaz de discernir un valor para un determinado rango de alturas y/o profundidades, y poder decidir si una zona es más o menos peligrosa, ya sea para un

determinado tipo de emprendimiento o cualquier acción que se desee realizar en un área en particular. Para esto es necesario saber, una vez definidas las categorías de peligrosidades, a qué zona o tipo de peligrosidad potencial corresponde el área donde se desea realizar cierta actividad, por ejemplo, no es lo mismo construir un centro de salud que un área recreativa en una zona donde la peligrosidad esté catalogada como alta, ya que si bien la peligrosidad del área en ambos casos es la misma, lo que difiere en ambos casos es el riesgo final, debido a que la variable vulnerabilidad tiene un peso diferente en cada emprendimiento.

Para este trabajo se adoptó la siguiente clasificación (Tabla 3) para cada rango y luego se discretizaron los valores haciendo una reclasificación de los datos continuos a valores enteros (discretización).

Tabla 3. Criterio de clasificación y reclasificación para la peligrosidad.

Rango de valores	Peligrosidad	Discretización
-17 ; -2 (Altura)	Nula	0
-2 ; 0 (Altura)	Muy baja	1
0 ; 1 (Profundidad)	Baja	3
1 ; 2 (Profundidad)	Media	5
2 ; 4 (Profundidad)	Alta	7
4 ; 8 (Profundidad)	Muy alta	9
8 ; 19 (Profundidad)	Extrema	10

Análisis del componente humano para el mapa de vulnerabilidad

Análisis de la exposición

Para el análisis de la exposición se realizó una zonificación basada en la observación del área en cuestión a través del visor web add basemap de ArcMap (ArcGIS, 10.3) y el visor Google Maps. Para dicho procedimiento se utilizaron herramientas de digitalización del software usado (ArcGIS, 10.3).

La zonificación del área de estudio pretendió delimitar las diferentes zonas que se encuentran dentro del área de inundación (Tabla 4), en relación a sus usos actuales (usos del suelo)¹⁹ con bases en la observación de las imágenes satelitales y posteriormente tener una idea de cuál o cuáles serán afectadas y en qué grado. Dicha zonificación se realizó teniendo en cuenta los conceptos básicos, en cuanto a las formas de usos del suelo en general.

Tabla 4. Clasificación de los usos del suelo (zonificación) y sus descripciones.

Zonificación	Definición
Zona urbana de media densidad	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se denominan así a las áreas donde existe una conglomeración de asentamientos urbanos en los cuales el principal componente son las viviendas estilo residencial o viviendas sociales y que no entran en la categoría de barrios privados o "countries", sin tener en cuenta por ejemplo las edificaciones verticales (edificios) los cuales aumentan la densidad poblacional.
Zona urbana de baja densidad	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Las áreas urbanas de baja densidad están dadas en este caso por los barrios privados, conocidos como barrios cerrados o "countries", y que se ubican principalmente en la zona costera del río Limay.
Zona rural	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El área rural está dada por los espacios dedicados a las actividades económicas propias del sistema agropecuario y donde la residencia en cuanto a habitantes es bastante menor que en el área urbana en general y que en ciertos lugares se puede apreciar una población rural más o menos dispersa.
Área natural	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Está dada por el espacio de suelo en donde no ha existido alteración por acciones humanas por lo cual se mantiene en sus condiciones naturales (solo sufre modificaciones de carácter natural).
Área del río	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Es la corriente natural de agua que fluye con continuidad en su cauce actual.

El uso del suelo en general se refiere a la ocupación de una superficie determinada en función de su capacidad agrológica²⁰, que es la aptitud que el suelo presenta para el cultivo u otros usos específicos y portanto define su potencial de

¹⁹ El uso del suelo comprende "las acciones, actividades e intervenciones que realizan las personas sobre un determinado tipo de superficie para producir, modificarla o mantenerla" (FAO, 1997a; FAO/UNEP, 1999).

²⁰ El Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos desarrolló una clasificación de los suelos conocida como "capacidad agrológica o uso potencial" basada en las características de: profundidad, permeabilidad, drenaje, presencia de rocas o piedras, topografía, erosión, riesgo de inundación, salinidad y fertilidad.

desarrollo, se clasifica de acuerdo a su ubicación, como urbano o rural (Figura 13) y representa un elemento fundamental para el desarrollo de las ciudades y sus habitantes ya que es a partir de estos elementos que se conforma la estructura urbana y por ende se define su funcionalidad (F.A.O, 1994).

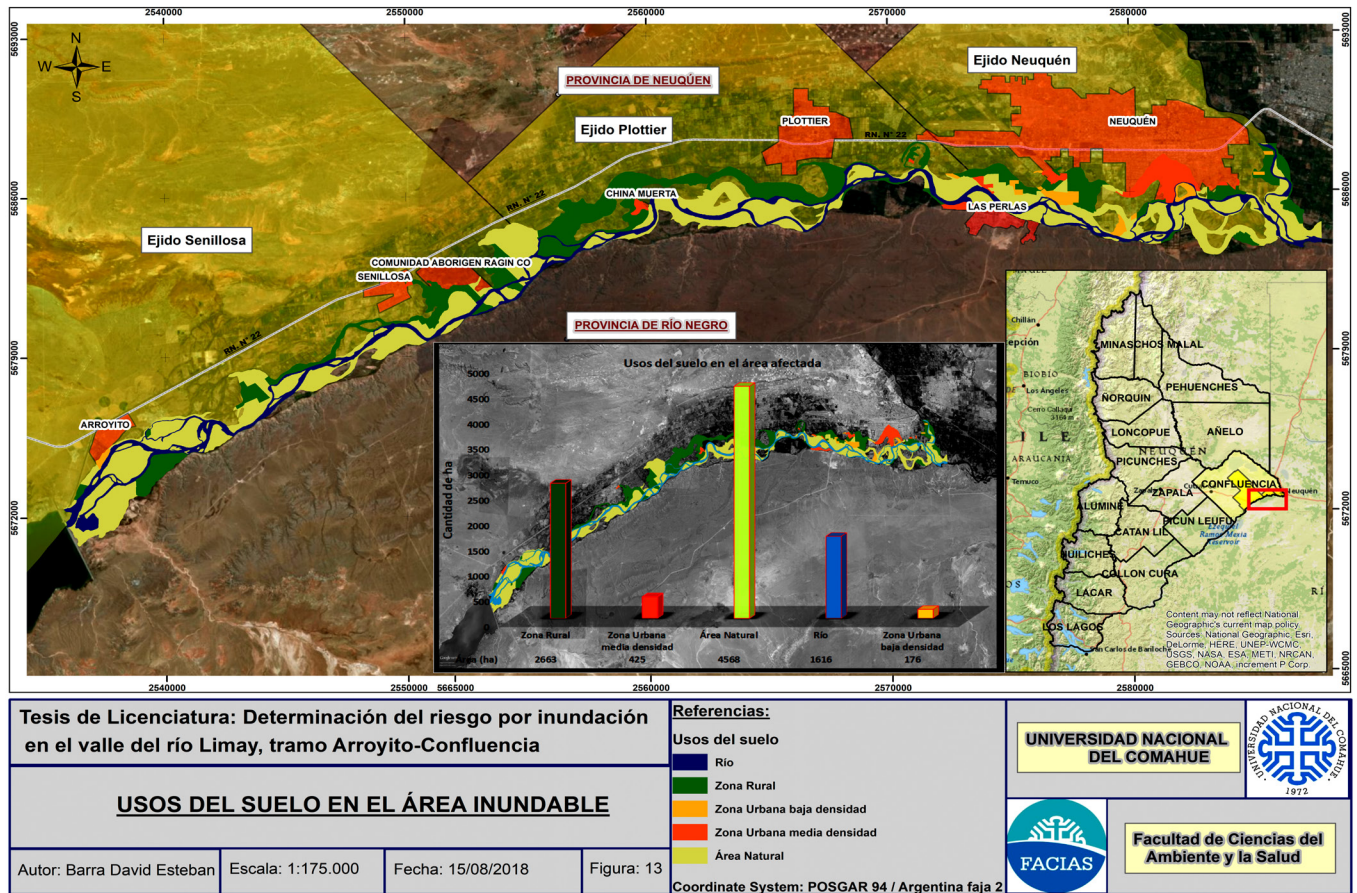


Figura 13. Distribución de los usos del suelo en el área inundable.

En cuanto a la densidad poblacional, esta es una medida que hace referencia al tamaño de una población que reside en una determinada superficie y se define como la cantidad de individuos que habitan por unidad de superficie. Se puede utilizar cantidad de habitantes por kilómetro cuadrado, pero para áreas de mayor concentración de población se puede llegar a utilizar la hectárea.

A su vez la población situada en áreas urbanas se puede dividir en poblaciones de alta, media y baja densidad la cual varía por una serie de factores tales como las características ambientales, las barreras formales a la ocupación (por ejemplo, áreas verdes, de uso comercial, etc), y en relación a las normas establecidas respecto a la posibilidad de construcción, y todo lo relacionado con los procesos de urbanización en un determinado territorio. Todo esto da como resultado una cierta intensidad de edificación que, en consecuencia, determina la densidad de población (Tella & Muñoz, 2014).

En cuanto a la población rural, ésta incluye a la población rural agrupada y dispersa y se puede clasificar como población rural agrupada, a aquella que se ubica en localidades de menos de 2000 habitantes, y como población rural dispersa, a aquella que se ubica en campo abierto²¹.

Análisis de la vulnerabilidad

Para la componente vulnerabilidad se tomó como base la medición de la pobreza estructural (ver métodos de medición de la pobreza, NBI), esto se puede justificar por la condicionante que se tiene a nivel de recuperación después de un evento tal como son las inundaciones, en relación a la variable pobreza. Por ejemplo, un hogar con mejor capacidad estructural de acuerdo a los indicadores NBI será menos vulnerable, que uno que tenga algún tipo de indicador incluido, o dicho de forma más simple, hogares con mayor pobreza serán más vulnerables por su condición y por ende tendrán una menor capacidad de recuperación ante dicha situación.

Para ello se utilizaron datos descargados desde la pagina oficial²² de la Dirección Provincial de Estadística y Censos de la Provincia de Neuquén, referidos al NBI y se utilizó la variable hogares que tienen al menos uno de los indicadores de NBI, por lo tanto se consideran hogares con pobreza estructural, a aquellos que presentan al menos uno de los cinco indicadores (ver indicadores NBI), estos datos están solo disponibles en forma digital para los barrios en la ciudad de Neuquén, que son reconocidos oficialmente por el sistema de información territorial y urbano de Neuquén (SITUN). A continuación se muestran los barrios (Figura 14) que se verían en cierto grado afectados para la probabilidad de inundación.

²¹ <http://www.ign.gob.ar/DatosArgentina/Población>.

²² <http://gisestadisticqn.Neuquén.gov.ar/>.

- Todos
- 14 de octubre y Copol
- Alta Barda
- Altos del Limay**
- Anibal Sapere
- Área Centro Este
- Área Centro Oeste
- Área Centro Sur
- Bardas Soleadas
- Bouquet Roldán
- Canal V
- Ciudad Industrial Obispo Jaime de Nevares
- Colonia Confluencia Rural**
- Colonia Confluencia Urbano**
- Colonia Nueva Esperanza
- Cuenca XV
- Don Bosco II**
- Don Bosco III**
- El Progreso
- Esfuerzo
- Gran Neuquén Norte
- Gran Neuquén Sur
- Gregorio Álvarez
- Hi.Be.Pa.
- Huiliches
- Islas Malvinas
- La Sirena
- Limay**
- Manuel Belgrano**
- Mariano Moreno
- Melipal
- Militar**
- Nuevo**
- Provincias Unidas
- Rincón de Emilio
- Río Grande**
- San Lorenzo Norte
- San Lorenzo Sur
- Santa Genoveva
- Terrazas del Neuquén
- Unión de Mayo
- Valentina Norte Rural
- Valentina Norte Urbano
- Valentina Sur Rural**
- Valentina Sur Urbano**
- Villa Ceferino
- Villa Farrell
- Villa Florencia
- Villa María**
- Resto de la localidad

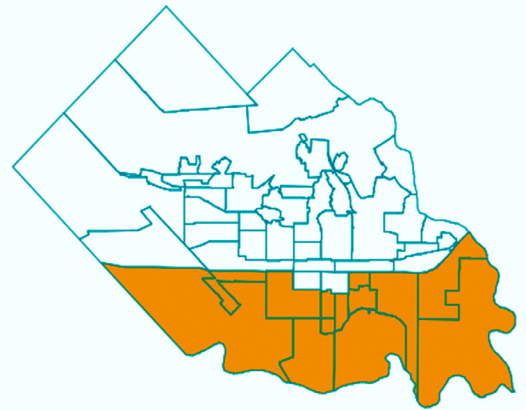


Figura 14. Barrios afectados de Neuquén capital.
Fuente: <http://www.estadisticaNeuquén.gov.ar/barrios> (2017).

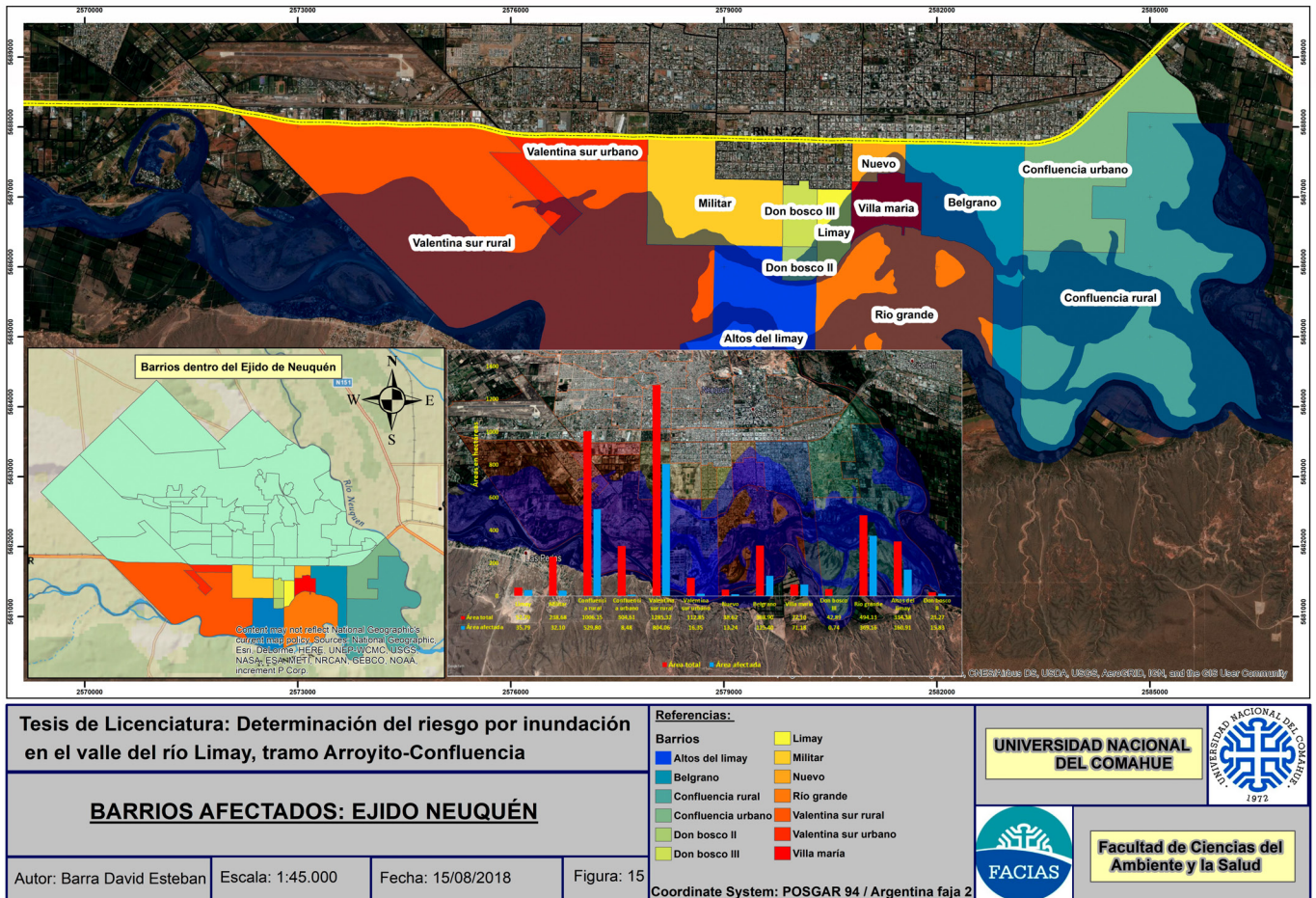


Figura 15. Área de los barrios de Neuquén capital, expuestos a la inundación.

En este punto y como se puede observar en la figura 15, los barrios se verían afectados solo en cierto grado en cuanto a su área.

La inundación solo afectará a ciertas áreas de los barrios, teniendo en cuenta que dentro de cada uno a su vez existirá una subdivisión por la zonificación propuesta que presentará una o más categorías de usos, entonces algunas zonas pertenecerán al área urbana de media densidad, otras a la zona rural, etc. Y sólo existirá NBI en las zonas de media densidad, baja densidad y en la zona rural y no existirá NBI en el área del río y en las áreas naturales por no estar estas habitadas. A continuación en la tabla 5 se muestran los datos descargados desde la página oficial del INDEC (sin tener en cuenta la zonificación propuesta) con la cantidad de hogares con NBI de cada barrio afectado y el total de hogares por barrio.

Tabla 5. NBI por barrios afectados en Neuquén Capital.

Fuente: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. INDEC. Dirección Provincial de Estadística y Censos de la Provincia del Neuquén.

Hogares particulares con al menos un indicador NBI por barrios afectados en la ciudad de Neuquén en el área de estudio (año 2010)			
Barrios	Hogares sin NBI	Hogares con NBI	Total
Altos del Limay	498	36	534
Colonia Confluencia Rural	92	0	92
Colonia Confluencia Urbano	3.044	294	3.338
Don Bosco II	619	73	692
Don Bosco III	1.039	71	1.110
Limay	1.203	110	1.313
Manuel Belgrano	4.069	328	4.397
Militar	0	15	15
Nuevo	908	80	988
Río Grande	1.014	8	1.022
Valentina Sur Rural	261	92	353
Valentina Sur Urbano	1.011	167	1.178
Villa María	1.521	99	1.620
Total	15.279	1.373	16.652

Este NBI como se puede observar (Tabla 5), sólo hace referencia a la cantidad de hogares en los cuales existe al menos un indicador del método para medir la pobreza estructural en cada barrio afectado, sin tener en cuenta el área inundable. Con esto se puede deducir que existirán hogares con NBI dentro de la zona potencialmente inundable y también fuera de ésta. Por lo tanto se procedió de la siguiente manera para decidir cuantos hogares del total (con NBI), podrían estar dentro del área inundable.

Los datos se cuantificaron basados en la observación a través de visores web (sin relevamiento de campo). Se observó cómo se distribuyen los hogares en las áreas afectadas (sin tener en cuenta el NBI), pero teniendo en cuenta las definiciones de zona rural y áreas urbanas de media y baja densidad y datos estadísticos del censo (2010).

Es así que para determinar una posible distribución de los hogares que cuentan con algún tipo de indicador NBI, y que se encuentran efectivamente dentro del área inundable, se supuso por ejemplo; para el barrio Valentina sur rural, que el 80% del total de hogares con NBI, estaban dentro del área potencialmente inundable, lo que representa aproximadamente 75 hogares. De forma análoga, se procedió con todos los barrios afectados, por lo tanto en este punto se puede decir que los datos son más bien cualicuantitativos.

En la tabla 6 se puede observar el área afectada en ha, su porcentaje y la cantidad de hogares con NBI dentro de esta, en los barrios afectados de Neuquén Capital para el período de retorno analizado (sin tener en cuenta los usos del suelo), pero teniendo en cuenta que no toda el área de los barrios estará afectada, según lo comentado anteriormente.

Tabla 6. Cantidad de hogares con NBI, en el área afectada de cada barrio (Neuquén Capital).

Barrios	Área total (ha)	Hogares con NBI	% de Área afectada	Área afectada (ha)	Hogares en el área afectada
Valentina sur rural	1285,32	92	32,27	414,74	75
Valentina sur urbano	112,85	167	14,39	16,24	56
Altos del Limay	334,38	36	25,38	84,87	4
Belgrano	308,9	328	24,97	77,14	132
Confluencia rural	1006,15	14	15,11	152	6
Confluencia	304,61	294	2,77	8,43	3

urbano					
Don bosco II	23,27	73	68,03	15,83	51
Don bosco III	42,89	71	1,73	0,74	2
Limay	52,79	110	67,80	35,79	75
Militar	238,68	15	13,46	32,12	1
Nuevo	38,62	80	34,28	13,24	28
Villa María	72,1	99	98,74	71,19	98
Rio grande	494,13	8	21,18	104,66	4

Una vez determinada la cantidad de hogares dentro del área de inundación para cada barrio, se procedió a analizar qué cantidad de hogares con NBI le corresponde a cada tipo de uso del suelo dentro de cada barrio.

A continuación se detalla el procedimiento para cuantificar el NBI en cada uno de los usos del suelo, para un barrio en particular, cuyo procedimiento se extiende a todos los barrios afectados en Neuquén Capital. El barrio elegido fue Valentina sur rural ya que es el barrio que presenta todas las zonificaciones propuestas.

En primer lugar, el área que abarca dicho barrio es de 1285,32 ha dentro de las cuales existen diferentes usos del suelo, zona urbana de media densidad, zona urbana de baja densidad, zona rural, área natural y el río que también está dentro del área denominada para dicho barrio según SITUN (Figura 15).

En segundo lugar, los datos del INDEC arrojaron en sus resultados que Valentina sur rural tiene un total de hogares de 353 de los cuales 261 no cuentan con NBI y en 92 hogares existe algún tipo de indicador NBI.

En tercer lugar, no toda el área del barrio se verá afectada por dicho suceso, solo 414,74 ha serán afectadas.

Para decidir la cantidad de hogares que se encuentran dentro de cada zonificación se supuso que de los 75 hogares (tabla 6) dentro del área inundable, 37 pertenecen a la zona denominada urbana de media densidad, otros 37 al área denominada rural y 1 hogar al área urbana de baja densidad, basado en las definiciones de pobreza (NBI).

Para el cálculo se relacionó la cantidad de hogares con NBI y los usos del suelo del barrio, con el área que cada uno de ellos representa en ha, quedando el NBI para cada uso, de la siguiente forma:

**Tesis de grado: Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay;
Tramo Arroyito-Confluencia.**

- Para la zona urbana de media densidad $\frac{37 \text{ (hog)}}{18,11 \text{ (ha)}}$ resultando un NBI de 2,043 hogares por ha con NBI.
- Para la zona de baja densidad poblacional se tiene $\frac{1 \text{ (hog)}}{94,24 \text{ (ha)}}$ siendo el NBI en este caso de 0,011 hogares por ha.
- Para la zona rural por lo tanto se tiene $\frac{37 \text{ (hog)}}{302,39 \text{ (ha)}}$ con NBI igual a 0,122 hogares por ha.

Este mismo procedimiento se utilizó para todos los barrios afectados. La figura 16 muestra el barrio Valentina sur rural y los datos resumidos.

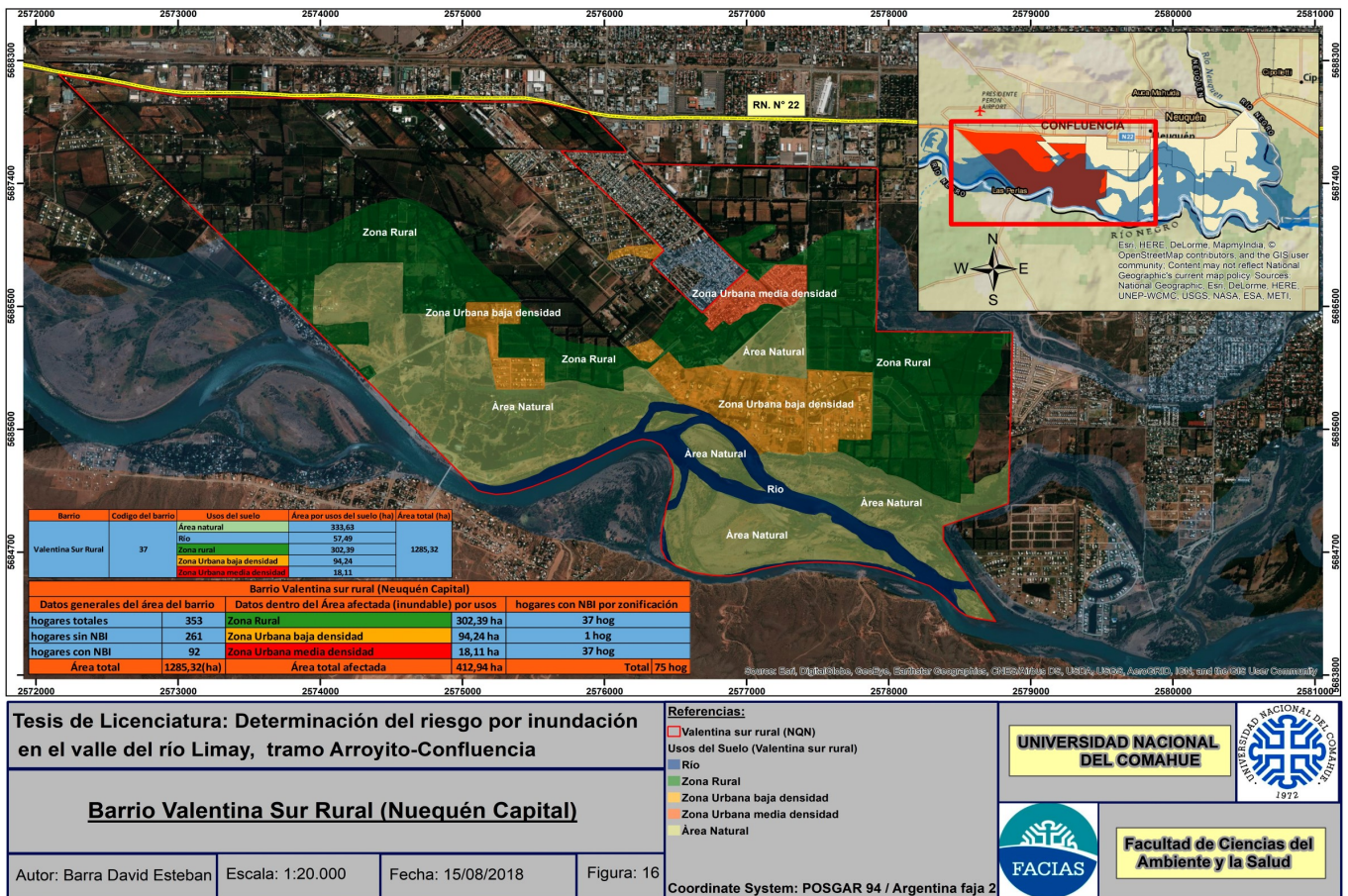


Figura 16. Zonificación y datos para el barrio Valentina sur rural.
Fuente: <http://gisestadisticnqn.Neuquén.gov.ar/>. y Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. INDEC.

A continuación en la tabla 7 se muestra la tabla de atributos (interfaz) que está asociada a los datos trabajados en ArcGIS 10.3. Se resaltan sólo los datos pertenecientes al barrio Valentina sur rural que corroboran los datos establecidos en la figura 16.

Tabla 7. Resultados del cálculo de NBI con la interfaz de ArcGIS 10.3 (Valentina sur rural).

FID	Shape *	Zonificaci	hog NBI	Hog NBI ha	Fid Barrio	Area ha
28	Polygon	Zona Rural	37	0,122	Valentina Sur Rural (Neuquén)	302,39
29	Polygon	Zona Rural	5	0,036	Colonia Confluencia Rural (Neuquén)	138,97
30	Polygon	Zona Urbana media densidad	56	3,448	Valentina Sur Urbano (Neuquén)	16,24
31	Polygon	Zona Urbana baja densidad	1	0,028	Altos del Limay (Neuquén)	35,24
32	Polygon	Área Natural	0	0	Valentina Sur Rural (Neuquén)	336,88
33	Polygon	Zona Rural	1	0,031	Militar (Neuquén)	32,12
34	Polygon	Área Natural	0	0	Río Grande (Neuquén)	199,22
35	Polygon	Área Natural	0	0	Colonia Confluencia Rural (Neuquén)	270,85
36	Polygon	Zona Urbana baja densidad	1	0,029	Río Grande (Neuquén)	35,03
37	Polygon	Zona Urbana media densidad	75	2,096	Limay (Neuquén)	35,79
38	Polygon	Zona Urbana media densidad	28	2,115	Nuevo (Neuquén)	13,24
39	Polygon	Zona Urbana media densidad	132	1,711	Manuel Belgrano (Neuquén)	77,14
40	Polygon	Zona Urbana media densidad	98	1,377	Villa María (Neuquén)	71,19
41	Polygon	Zona Urbana media densidad	2	2,703	Don Bosco III (Neuquén)	0,74
42	Polygon	Zona Urbana media densidad	3	0,388	Altos del Limay (Neuquén)	7,73
43	Polygon	Zona Urbana media densidad	51	3,222	Don Bosco II (Neuquén)	15,83
44	Polygon	Área Natural	0	0	Colonia Confluencia Rural (Neuquén)	22,38
45	Polygon	Zona Urbana baja densidad	1	0,011	Valentina Sur Rural (Neuquén)	94,24
46	Polygon	Zona Urbana baja densidad	1	0,077	Colonia Confluencia Rural (Neuquén)	13,03
47	Polygon	Zona Urbana media densidad	300	5,928	Balsa las perlas Ejido Cipolletti (Río Negro)	50,61
48	Polygon	Zona Urbana media densidad	3	0,356	Colonia Confluencia Urbano (Neuquén)	8,43
49	Polygon	Zona Urbana media densidad	3	0,043	Río Grande (Neuquén)	69,65
50	Polygon	Área Natural	0	0	Altos del Limay (Neuquén)	98,64
51	Polygon	Área Natural	0	0	Manuel Belgrano (Neuquén)	41,14
52	Polygon	Zona Rural	1	0,279	Ejido Cipolletti (Río Negro)	3,58
53	Polygon	Zona Urbana media densidad	0,8	0,123	Ejido Plottier (Neuquén)	6,51
54	Polygon	Zona Urbana media densidad	37	2,043	Valentina Sur Rural (Neuquén)	18,11

En la tabla 8, que se muestra a continuación se detalla la cantidad de hogares en el área afectada por barrio y por zonificación dentro de cada barrio (según el procedimiento efectuado para el barrio Valentina sur rural).

Tabla 8. Hogares con NBI, por zonas, barrios y sus áreas afectadas, en Neuquén Capital.

Barrios	Zonificación	Hogares con NBI en el área de estudio	Área afectada (ha)	% de Área afectada
Valentina sur rural	Zona Rural	37	302,39	72,91
	Zona Urbana media densidad	37	18,11	4,37
	Zona Urbana baja densidad	1	94,24	22,72
Total		75	414,74	100
Valentina sur urbano	Zona Urbana media densidad	56	16,24	
	Total	56	16,24	100
Altos del Limay	Zona Urbana media densidad	3	7,73	17,98

	Zona Urbana baja densidad	1	35,24	82,02
Total		4	42,97	100
Belgrano	Zona Urbana media densidad	132	77,14	
Total		132	77,14	100
Confluencia rural	Zona Rural	5	138,97	91,83
	Zona Urbana baja densidad	1	14,03	9,17
Total		6	153	100
Confluencia urbano	Zona Urbana media densidad	3	8,43	
Total		3	8,43	100
Don bosco II	Zona Urbana media densidad	51	15,83	
Total		51	15,83	100
Don bosco III	Zona Urbana media densidad	2	0,74	
Total		2	0,74	100
Limay	Zona Urbana media densidad	75	35,79	
Total		75	35,47	100
Militar	Zona Rural	1	32,12	
Total		1	32,12	100
Nuevo	Zona Urbana media densidad	28	13,24	
Total		28	13,24	100
Villa María	Zona Urbana media densidad	98	71,19	
Total		98	71,19	100
Río grande	Zona Urbana baja densidad	1	35,03	33,47
	Zona Urbana media densidad	3	69,65	66,53
Total		4	104,66	100

Para el resto de los ejidos (Plottier, Senillosa y Cipolletti), al no contar con datos publicados al menos en formato digital, se realizó un conteo aproximado, en forma visual con base en el visor web Google Maps y Google Earth, en cada uno de los polígonos denominados como rural y se supuso que del total, el 80% de los hogares tienen al menos un indicador NBI. Para la zona urbana al ser más homogénea, según la

agenda de prioridades del área metropolitana de Neuquén (DAMI 2014)²³, se promedió el NBI en el área de el ejido de Neuquén (datos INDEC) y se extrapolo al resto de las áreas de los ejidos mencionados, tanto de baja como media densidad (ver Tabla 13).

Para poder decidir qué clase de vulnerabilidad le corresponde a una cierta zona de interés se propuso la clasificación que se muestra en la tabla 9 para la serie de rangos analizados. Estos rangos están basados en la clasificación por intervalos geométricos, donde también se muestran los valores que se adoptaron para la reclasificación (discretización), esto es por ejemplo para la vulnerabilidad baja el rango de valores corresponde a (0,029 – 0,176) hogares con NBI por ha, y se lo denominó con un valor discreto de 2, de forma análoga se procedió con el resto de los rangos.

Tabla 9. Criterios de clasificación y reclasificación para la vulnerabilidad.

Rango de valores	Vulnerabilidad	Discretización
0 – 0,004	Nula	0
0,004 – 0,029	Muy baja	1
0,029 – 0,176	Baja	2
0,176 – 1,021	Media	3
1,201 – 5,904	Alta	4

Clasificación del Riesgo

Para el riesgo general se procedió a multiplicar la peligrosidad por la vulnerabilidad y para clasificar dicho riesgo, también se utilizó la clasificación por intervalos geométricos, la cual está fundamentada en un algoritmo que crea intervalos geométricos al minimizar la suma de cuadrados del número de elementos de cada clase. De esta forma se garantiza que cada rango de clase tenga aproximadamente el mismo número de valores en cada clase y que el cambio entre intervalos sea bastante coherente, “además crea un equilibrio entre los cambios resaltados, en los valores centrales y en los valores extremos, lo cual produce un resultado visualmente atractivo

²³ (DAMI): Programa de Desarrollo de Áreas Metropolitanas del interior DAMI (BID 2499 OC AR) MINISTERIO DEL INTERIOR Y TRANSPORTE.

y cartográficamente comprensible”²⁴. La clasificación se realizó en cinco intervalos y luego se reclasificaron dichas clases, las mismas se muestran en la tabla 10.

Tabla 10. Criterios de clasificación y reclasificación para el riesgo.

Rango de valores	Riesgo	Discretización
0 – 0,88	Insignificante	0
0,88 – 2,87	Bajo	1
2,87 – 7,35	Medio	2
7,35 – 17,4	Medio alto	3
17,4 – 40	Alto	4

7 Resultados

Resultados para la peligrosidad

En primer lugar el área delimitada para el valle del río Limay en el tramo de estudio es de aproximadamente unas 32000 ha de las cuales cerca de 9500 ha son las que cubriría el caudal de 3200 m³/s para el periodo de retorno de 100 años. Esta última es la que representa el área de estudio y hace referencia al mapa de inundabilidad (Figura 6).

En cuanto a los ejidos afectados dentro del área inundable 2165 ha, pertenecen al ejido de Neuquén Capital, 2284 ha al de Plottier, 2553 ha al de Senillosa y 2463 ha de Cipolletti.

En segundo lugar los resultados para la peligrosidad arrojaron una profundidad máxima, de 19 m de columna de agua y la altura máxima sobre el nivel del agua fue de 17 m (Figura 19).

Los siguientes resultados para la peligrosidad del área afectada, según la clasificación adoptada fueron:

²⁴ Métodos de clasificación de datos: <https://pro.arcgis.com/> .

**Tesis de grado: Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay;
Tramo Arroyito-Confluencia.**

Para la peligrosidad **nula** existen 1035 ha que representan el 11% del área total, y cuyos valores van de 17 m (altura) a los 2 m sobre el nivel del agua.

Para la peligrosidad **muy baja** existen 1751 ha que representan el 18% del área total y pertenecen a las alturas que van desde los 2 m a los 0 m.

Para la peligrosidad **baja** existen 1383 ha que representan el 14,5% del área total y cuyos valores van desde los 0 m a 1 m de profundidad.

Para la peligrosidad **media** existen 1344 ha que representan el 14% del área total, cuyas profundidades van desde 1 m a 2 m.

Para la peligrosidad **alta** existen 2058 ha que representan el 22% del área total y sus profundidades van desde los 2 m a los 4 m.

Para la peligrosidad **muy alta** existen un total de 1651 ha que representan el 17,5% del área total, cuyas profundidades van desde los 4 m a los 8 m de profundidad.

Para la peligrosidad **extrema** existen un total de 258 ha que representan el 3% del área total, cuyas profundidades van desde los 8 m a los 19 m.

A continuación, la tabla 11 representa el área (ha) para cada clasificación de la peligrosidad, en relación a cada uno de los ejidos afectados:

Tabla 11. Distribución de la peligrosidad por ejidos y clasificación.

Peligrosidad Ejidos	Nula ha (%)	Muy baja ha (%)	Baja ha (%)	Media ha (%)	Alta ha (%)	Muy alta ha (%)	Extrema ha (%)	total ha (%)
Senillosa	239 ha (9%)	444 ha (18%)	345 ha (13%)	353 ha (14%)	599 ha (24%)	556 ha (21%)	38 ha (1%)	2553 ha (100%)
Plottier	248 ha (11%)	522 ha (23%)	378 ha (17%)	347 ha (15%)	471 ha (21%)	277 ha (12%)	43 ha (2%)	2284 ha (100%)
Neuquén	360 ha (17%)	439 ha (20%)	314 ha (15%)	290 ha (13%)	404 ha (19%)	312 ha (14%)	45 ha (2%)	2165 ha (100%)
Cipolletti	187 ha (7%)	347 ha (14%)	346 ha (14%)	359 ha (15%)	585 ha (24%)	507 ha (21%)	132 ha (5%)	2463 ha (100%)
total	1035 ha (11%)	1751 ha (18%)	1383 ha (14,5%)	1348 ha (14%)	2058 ha (22%)	1651 ha (17,5%)	258 ha (3%)	9485 ha (100%)

El siguiente gráfico (Figura 17) muestra la distribución de la peligrosidad en cada ejidos.

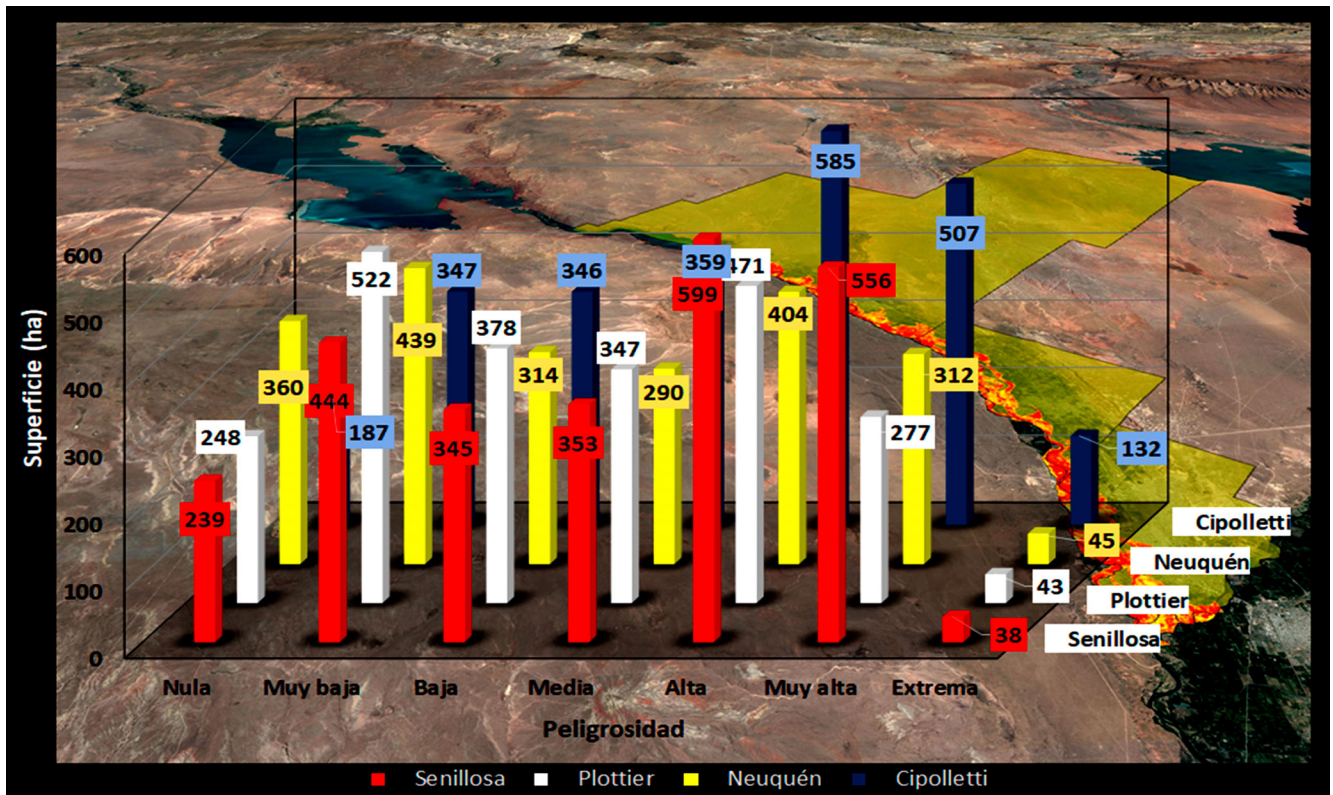


Figura 17. Distribución de la peligrosidad (ha), por ejidos.

En cuanto a las profundidades, los datos estadísticos (Tabla 12) arrojaron los siguientes resultados los cuales están representados de forma gráfica en las figuras 18, 19 y la figura 20 que es el mapa de peligrosidad del área inundable.

La **zona urbana de media densidad** presenta un máximo de 10 m (columna de agua) y una altura máxima de 11 m sobre el terreno no inundado, con un promedio de 3 (promedio)²⁵ lo cual significa que la peligrosidad en esta zona en promedio es baja (tabla 3), con profundidades que van de 0 m a 1 m.

La **zona urbana de baja densidad** presenta una profundidad máxima de 9 m y su máxima altura es de 10 m sobre el nivel del agua, con un promedio de 3 con lo cual la peligrosidad promedio es baja, con profundidades que van de 0 m a 1 m.

²⁵ Los datos estadísticos tanto para el promedio como para el desvío estándar, fueron realizados de acuerdo a los usos del suelo planteados, para la peligrosidad, la vulnerabilidad y el riesgo y se realizaron sobre los datos discretizados (valores enteros) que se muestran en las tablas de criterios de clasificación.

La **zona rural** presenta un máximo de 17 m de profundidad y una altura máxima de 17 m sobre el nivel del agua, con un promedio de 4 por lo que la peligrosidad en esta zona en promedio es media, con profundidades que van de 1 m a 2 m.

El **área natural** presenta una profundidad máxima de 14 m y una altura máxima sobre el nivel de agua de 16 m con un promedio de 5, por lo que la peligrosidad promedio en esta área es media, con profundidades que van de 1 m a 2 m.

El **área del río** tiene una profundidad máxima de 19 m y una altura de 0 m (ver procedimiento para obtener las profundidades y/o altura) con un promedio de 8, por lo que la peligrosidad en promedio es muy alta, con profundidades que van de 4 m a 8 m.

Tabla 12. Estadísticos para la peligrosidad, por usos del suelo.

Zonificación	Promedio	Desvío estándar	Mínimo	Máximo
Zona Rural	4	2,99	-17	17
Zona Urbana media densidad	3	2,58	-11	10
Área Natural	5	3,08	-16	14
Río	8	2,93	0	19
Zona Urbana baja densidad	3	3,15	-10	9

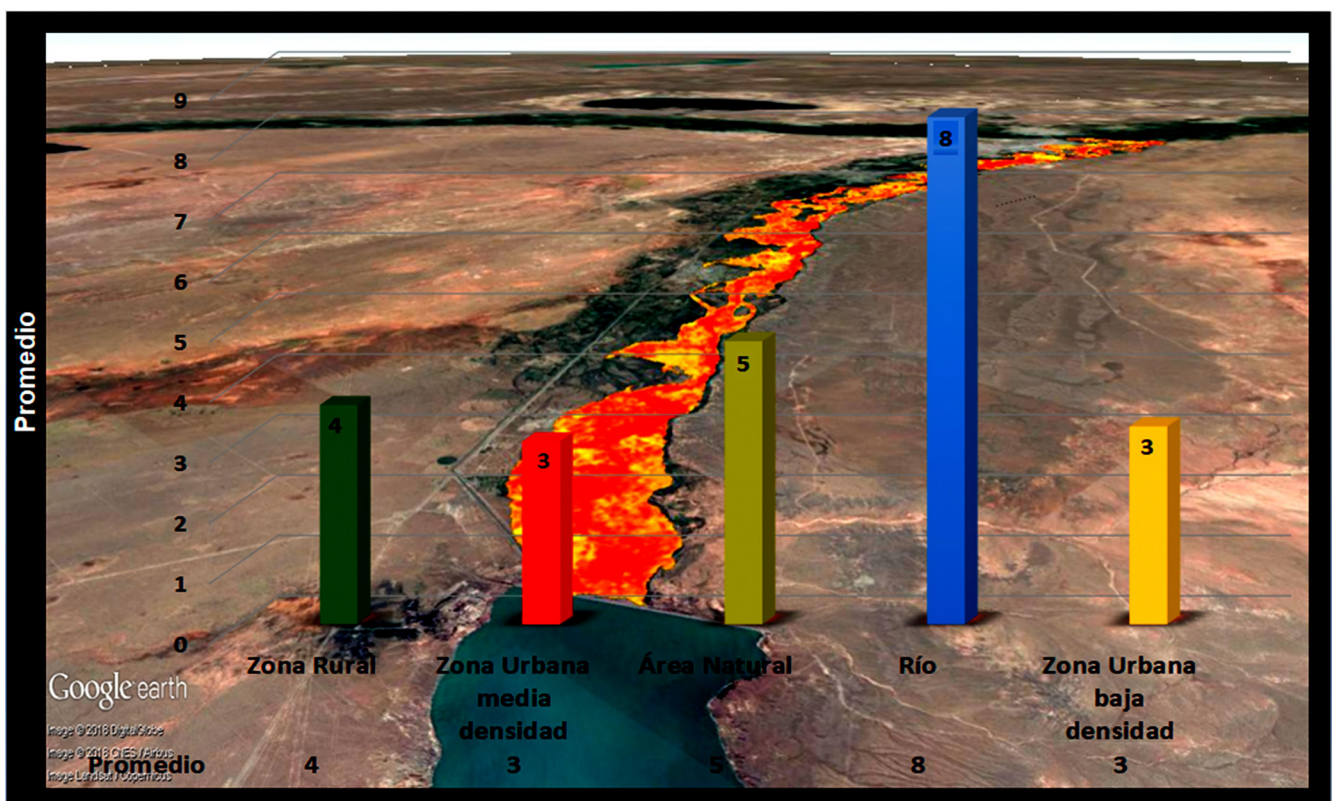


Figura 18. Peligrosidad promedio por zonas.

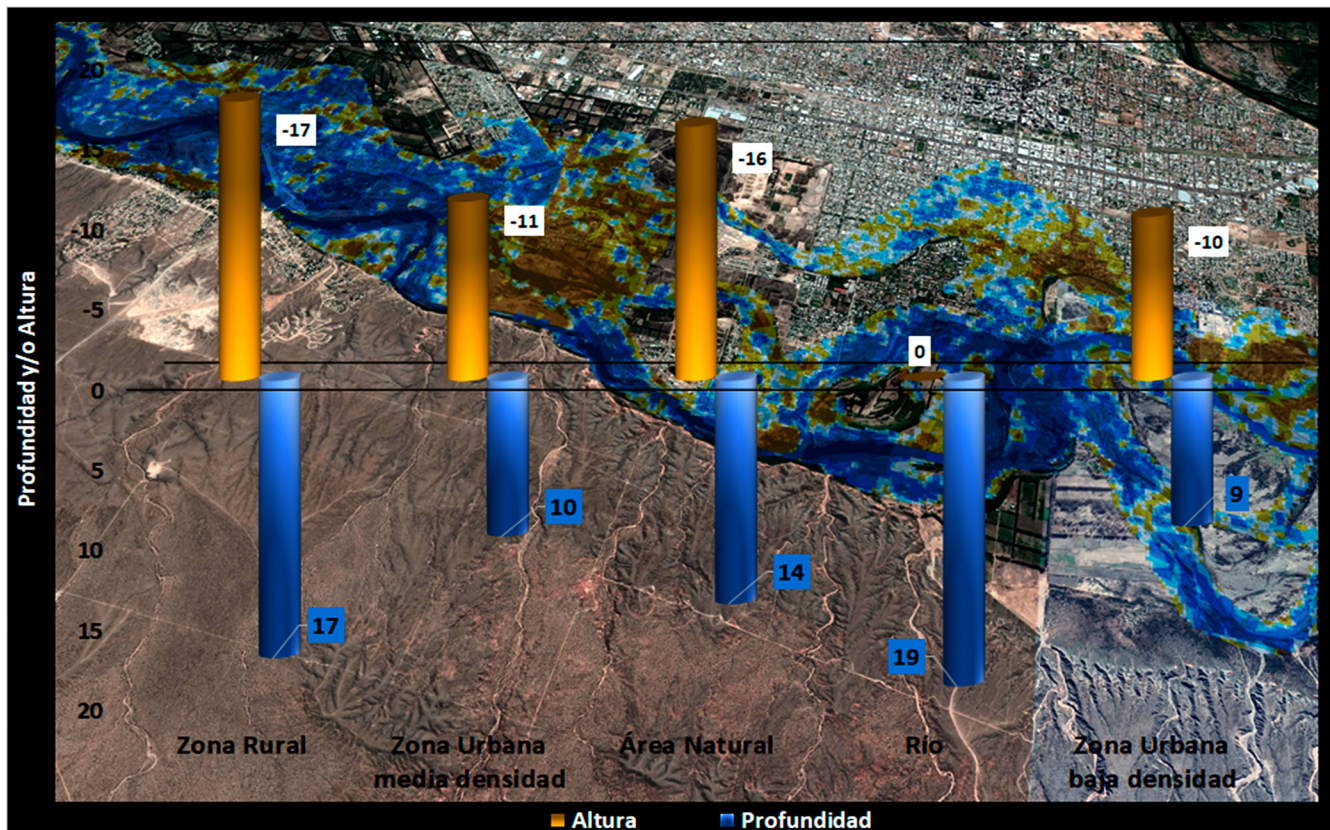
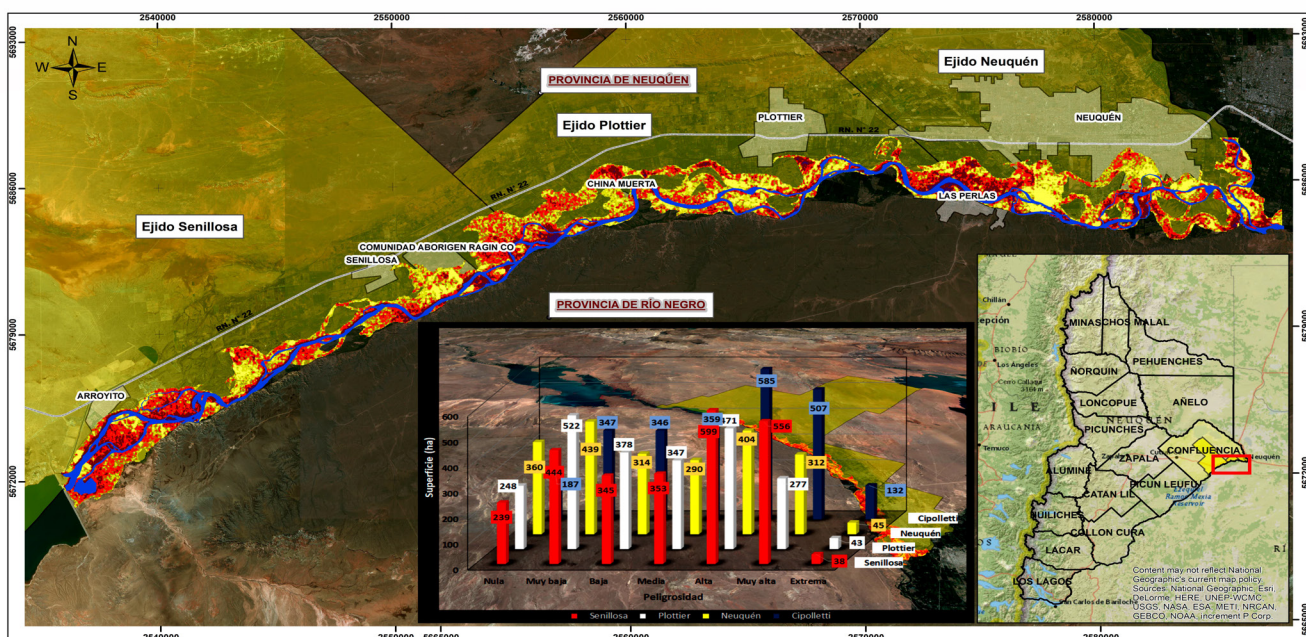


Figura 19. Profundidades y alturas máximas para los distintos usos del suelo.



Tesis de Licenciatura: Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay, tramo Arroyito-Confluencia		Referencias:		UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
PELIGROSIDAD DEL ÁREA INUNDABLE		<ul style="list-style-type: none"> Nula Muy baja Baja Media Alta Muy alta Extrema 	<ul style="list-style-type: none"> Media Alta Muy Alta Extrema 	
Autor: Barra David Esteban	Escala: 1:175.000	Fecha: 15/08/2018	Figura: 20	FACIAS
Coordinate System: POSGAR 94 / Argentina faja 2			Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud	

Figura 20. Distribución de la peligrosidad en el área inundable.

Resultados para la vulnerabilidad

Para la exposición (usos del suelo), de las 9500 ha que aproximadamente se verán afectadas unas 178 ha (2%) corresponden al área denominada zona urbana de baja densidad, a la zona urbana de media densidad le corresponden unas 432 ha (3%), a la zona rural le corresponden unas 2700 ha (28%), al área para el cauce actual del río unas 1637 ha (17%) y finalmente al área natural unas 4620 ha (48%), ver figura 13.

Para la vulnerabilidad y de acuerdo al cálculo del NBI se presenta la tabla (13) de usos del suelo con sus respectivos NBI realizados en función de cada uno de los usos del suelo (hay que tener en cuenta que en un mismo ejido pueden existir dos o mas polígonos o áreas con una misma clasificación) y calculados por ha de acuerdo al método planteado en el apartado 6.

Tabla 13. Hogares con NBI en toda el área de estudio.

Zonificación	hog con NBI	Hog con NBI/ha	Ejid/Barrios	Área ha
Zona Rural	4	0,053	Ejido Senillosa (Neuquén)	75,08
Zona Rural	2	0,014	Ejido Senillosa (Neuquén)	138,88
Zona Rural	120	0,211	Ejido Plottier (Neuquén)	568,01
Zona Rural	1	0,142	Ejido Cipolletti (Río Negro)	7,06
Zona Rural	1	0,067	Ejido Cipolletti (Río Negro)	14,91
Zona Rural	1	0,067	Ejido Plottier (Neuquén)	14,92
Zona Rural	6	0,061	Ejido Cipolletti (Río Negro)	98,41
Zona Rural	1	0,030	Ejido Cipolletti (Río Negro)	32,92
Zona Urbana media densidad	4	0,613	9 de Julio Senillosa	6,52
Zona Rural	7	0,339	Sector Arroyito Senillosa	20,64
Área Natural	0	0,000	Ejido Cipolletti (Río Negro)	1429,98
Zona Rural	75	0,213	Ejido Senillosa (Neuquén)	351,39
Área Natural	0	0,000	Ejido Senillosa (Neuquén)	1390,35
Zona Rural	12	0,123	Ejido Plottier (Neuquén)	97,92
Zona Urbana media densidad	3	0,926	Sector la Herradura plottier	3,24
Área Natural	0	0,000	Ejido Plottier (Neuquén)	824,52
Zona Rural	9	0,149	Sector la Herradura plottier	60,23
Área Natural	0	0,000	Altos del Limay (Neuquén)	5,55
Zona Rural	2	0,208	Ejido Cipolletti (Río Negro)	9,61
Zona Rural	1	0,088	Ejido Cipolletti (Río Negro)	11,35
Zona Rural	4	0,023	Ejido Cipolletti (Río Negro)	172,75
Zona Urbana media densidad	48	1,975	China Muerta Plottier	24,30
Zona Urbana media densidad	5	0,720	Ejido Plottier (Neuquén)	6,94
Zona Rural	2	0,113	Ejido Senillosa (Neuquén)	17,67
Río	0	0,000	Río Limay	1636,83
Zona Rural	2	0,353	Ejido Senillosa (Neuquén)	5,66

Zona Rural	2	0,108	Ejido Cipolletti (Río Negro)	18,59
Zona Rural	3	0,191	Ejido Senillosa (Neuquén)	15,72
Zona Rural	37	0,122	Valentina Sur rural (Neuquén)	302,39
Zona Rural	5	0,036	Colonia confluencia rural (Neuquén)	138,97
Zona Urbana media densidad	56	3,448	Valentina rur urbano (Neuquén)	16,24
Zona Urbana baja densidad	1	0,028	Altos del Limay (Neuquén)	35,24
Área Natural	0	0,000	Valentina sur rural (Neuquén)	336,88
Zona Rural	1	0,031	Militar (Neuquén)	32,12
Área Natural	0	0,000	Río grande (Neuquén)	199,22
Área Natural	0	0,000	Colonia confluencia rural (Neuquén)	270,85
Zona Urbana baja densidad	1	0,029	Río grande (Neuquén)	35,03
Zona Urbana media densidad	75	2,096	Limay (Neuquén)	35,79
Zona Urbana media densidad	28	2,115	Nuevo (Neuquén)	13,24
Zona Urbana media densidad	132	1,711	Manuel Belgrano (Neuquén)	77,14
Zona Urbana media densidad	98	1,377	Villa María (Neuquén)	71,19
Zona Urbana media densidad	2	2,703	Don bosco III (Neuquén)	0,74
Zona Urbana media densidad	3	0,388	Altos del Limay (Neuquén)	7,73
Zona Urbana media densidad	51	3,222	Don bosco II (Neuquén)	15,83
Área Natural	0	0,000	Colonia confluencia rural (Neuquén)	22,38
Zona Urbana baja densidad	1	0,011	Valentina sur rural (Neuquén)	94,24
Zona Urbana baja densidad	1	0,077	Colonia confluencia rural (Neuquén)	13,03
Zona Urbana media densidad	300	5,928	Balsa las perlas Ejido Cipolletti (Río Negro)	50,61
Zona Urbana media densidad	3	0,356	Colonia confluencia urbano (Neuquén)	8,43
Zona Urbana media densidad	3	0,043	Río grande (Neuquén)	69,65
Área Natural	0	0,000	Altos del Limay (Neuquén)	98,64
Área Natural	0	0,000	Manuel Belgrano (Neuquén)	41,14
Zona Rural	1	0,279	Ejido Cipolletti (Río Negro)	3,58
Zona Urbana media densidad	1	0,123	Ejido Plottier (Neuquén)	6,51
Zona Urbana media densidad	37	2,043	Valentina sur rural (Neuquén)	18,11
Zona Rural	50	0,101	Ejido Plottier (Neuquén)	493,50

A continuación en la tabla 14 se muestran los datos resumidos para la vulnerabilidad en cada ejido en ha y con sus porcentajes respectivos.

Tabla 14. Distribución de la vulnerabilidad por ejidos y clasificación.

Ejidos	Vulnerabilidad					total
	Nula ha (%)	Muy baja ha (%)	Baja ha (%)	Media ha (%)	Alta ha (%)	
Senillosa	1928 ha (75%)	139 ha (5%)	112 ha (4%)	400 ha (16%)	No existe	2579 ha (100%)
Plottier	1041 ha (45%)	No existe	674 ha (29%)	577 ha (25%)	25 ha (1%)	2317 ha (100%)
Neuquén	1199 ha (55%)	164 ha (8%)	554 ha (25%)	16 ha (1%)	248 ha (11%)	2181 ha (100%)
Cipolletti	2091 ha (84%)	174 ha (7%)	165 ha (7%)	13 ha (1%)	51 ha (2%)	2494 ha (100%)
total	6258 ha (65%)	477 ha (5%)	1506 ha (16%)	1006 ha (11%)	324 ha (3%)	9570 ha (100%)

Los siguientes datos presentan la distribución de la vulnerabilidad (Figura 21) de acuerdo a su clasificación, en el área afectada.

La superficie cuya vulnerabilidad es **nula** (0-0,004) es de unas 6258 ha (65% del área total).

La superficie cuya vulnerabilidad es **muy baja** (0,004-0,029) es de unas 447 ha (5% del área total).

La superficie cuya vulnerabilidad es **baja** (0,029-0,176) es de unas 1506 ha (16% del área total).

La superficie cuya vulnerabilidad es **media** (0,176-1,021) es de unas 1006 ha (11% del área total).

La superficie con vulnerabilidad **alta** (1,021-5,904) es de unas 323 ha (3% del área total).

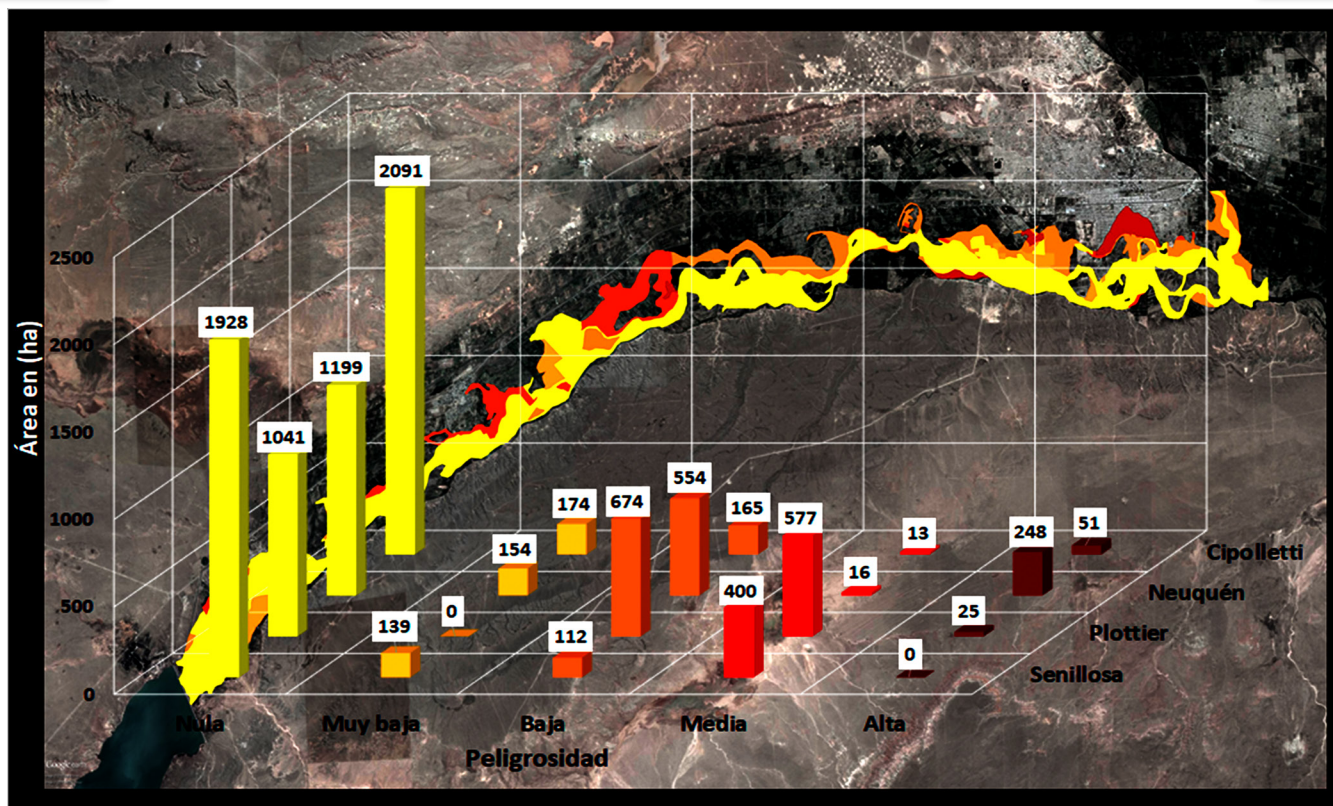


Figura 21. Distribución de las áreas vulnerables (ha), por ejidos.

En cuanto a la relación entre la vulnerabilidad y su distribución en los distintos usos del suelo los datos estadísticos (Tabla 15) arrojaron los siguientes resultados:

La **zona rural** presenta un máximo de 0,353 hogares con NBI/ha y mínimo de 0,014, con un promedio de 2 por lo que la vulnerabilidad promedio es baja (0,029 a 0,176) ver tabla 9.

La **zona urbana de media densidad** presenta un máximo de 5,928 hogares con NBI/ha y un mínimo de 0,043, con un promedio de 4 por lo que la vulnerabilidad promedio en esta zona es alta (1,021 a 5,904).

Para el **área urbana de baja densidad** se obtiene un máximo de 0,077 hogares con NBI/ha y un mínimo de 0,011, con un promedio de 1 por lo que la vulnerabilidad promedio es muy baja (0,004 a 0,029).

Tabla 15. Estadísticos para la vulnerabilidad por zonas.

Zonificación	Promedio	Desvío Estándar	Mínimo	Máximo
Zona Rural	2	0,6	0,014	0,353
Zona Urbana media densidad	4	0,8	0,043	5,928
Área Natural	0	0	0	0
Río	0	0	0	0
Zona Urbana baja densidad	1	0,3	0,011	0,077

A continuación, se presentan dos gráficos (Figuras 22 y 23), uno correspondiente a las cantidades máximas y mínimas de hogares con NBI/ha en cada uno de los usos del suelo y otro con sus estadísticos. Finalmente se presenta el mapa de vulnerabilidad (Figura 24) para el área de estudio.

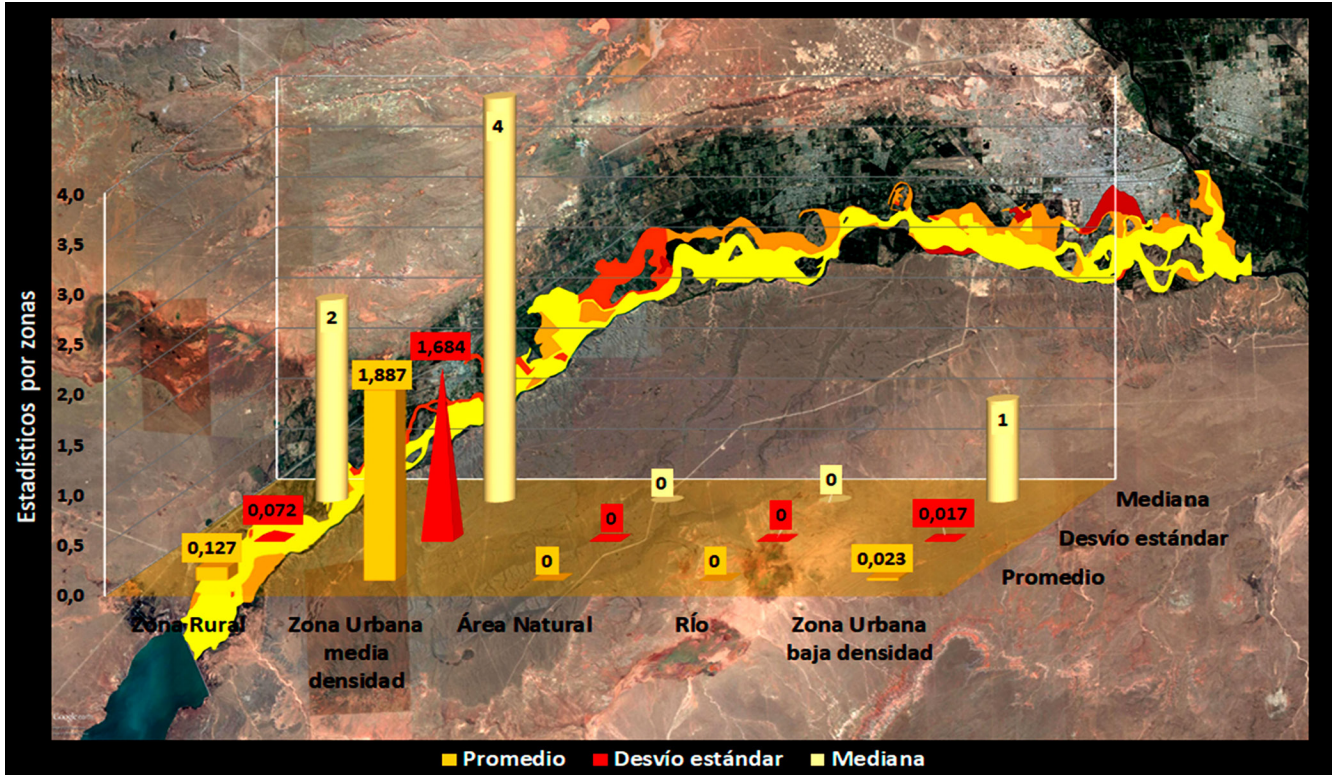


Figura 22. Estadísticos para la vulnerabilidad, por zonas.

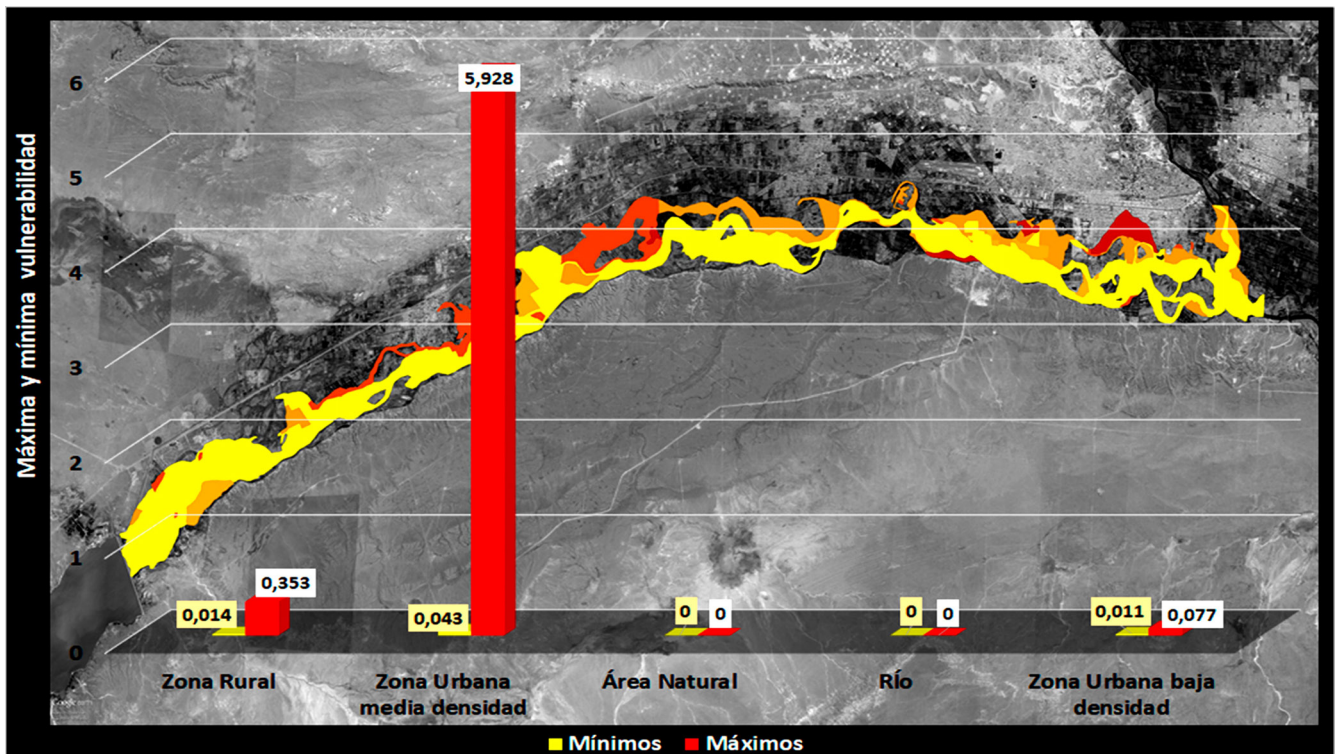


Figura 23. Máximos y mínimos de hogares con NBI/ha en las distintas áreas.

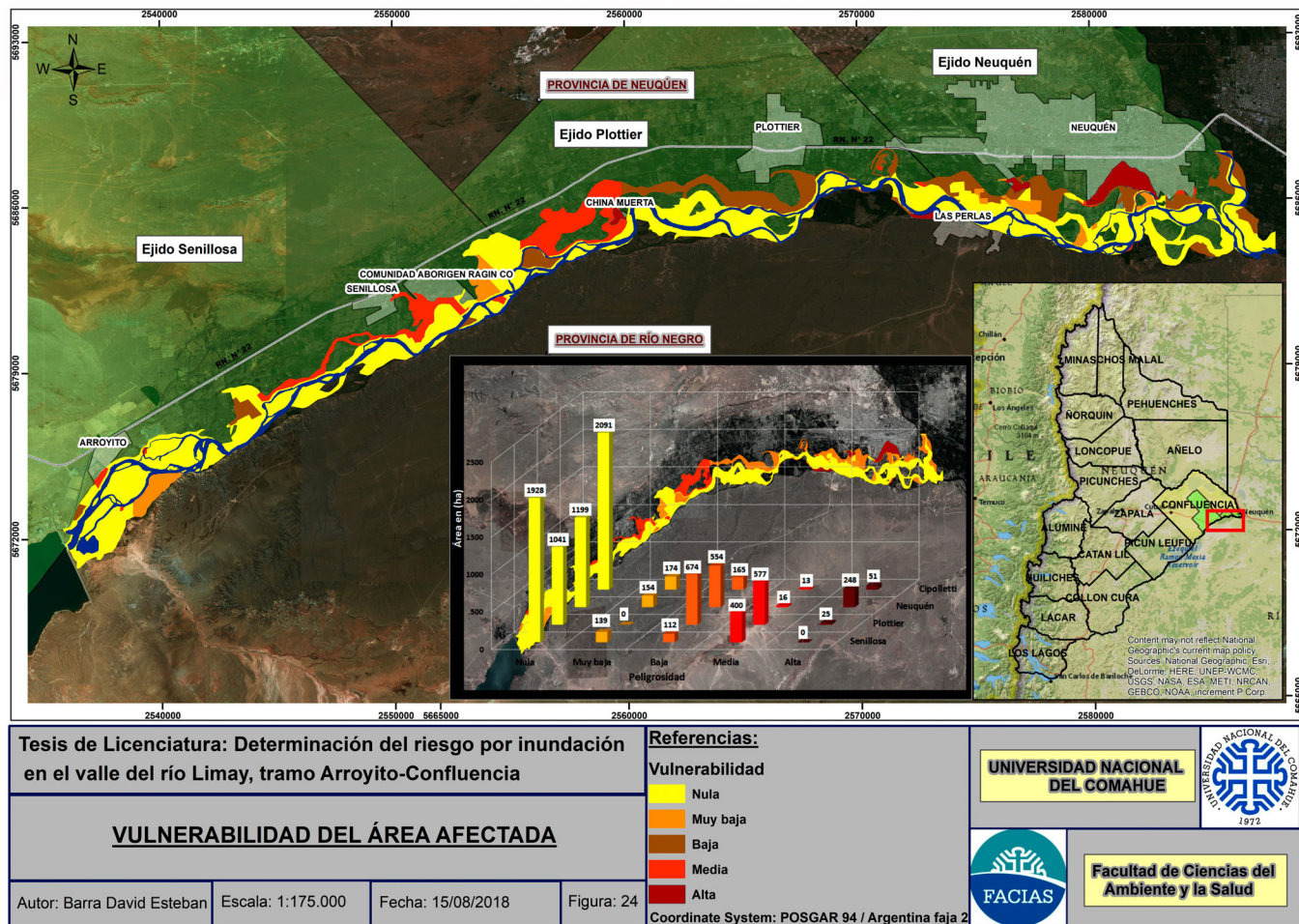


Figura 24. Distribución de la vulnerabilidad en el área inundable.

Resultados para el riesgo

Finalmente, el riesgo, que es el producto entre la vulnerabilidad y la peligrosidad, presentó los siguientes resultados:

La superficie con **riesgo insignificante** (0 a 0,88) es de unas 6332 ha (68% del área total).

La superficie con **riesgo bajo** (0,88 a 2,87) es de unas 511 ha (5% del área total).

La superficie con **riesgo medio** (2,87 a 7,35) es de unas 856 ha (9% del área total).

La superficie con **riesgo medio alto** (7,35 a 17,4) es de unas 905 ha (10% del área total).

La superficie con **riesgo alto** (17,4 a 40) es de unas 786 ha (8% del área total).

A continuación, se muestra la tabla 16 y la figura 25, con la cantidad de ha afectadas en cada ejido y según la clasificación del riesgo.

Tabla 16. Distribución del riesgo por ejidos y clasificación.

Riesgo / Ejidos	Insignificante ha (%)	Bajo ha (%)	Medio ha (%)	Medio Alto ha (%)	Alto ha (%)	total
Senillosa	1962 ha (76%)	67 ha (3%)	220 ha (9%)	206 ha (8%)	110 ha (4%)	2565 ha (100%)
Plottier	1060 ha (46%)	164 ha (7%)	248 ha (11%)	385 ha (17%)	435 ha (19%)	2292 ha (100%)
Neuquén	1252 ha (58%)	230 ha (11%)	240 ha (11%)	235 ha (11%)	204 ha (9%)	2161 ha (100%)
Cipolletti	2058 ha (86%)	60 ha (3%)	148 ha (6%)	79 ha (3%)	37 ha (2%)	2382 ha (100%)
total	6332 ha (68%)	511 ha (5%)	856 ha (9%)	905 ha (10%)	786 ha (8%)	9400

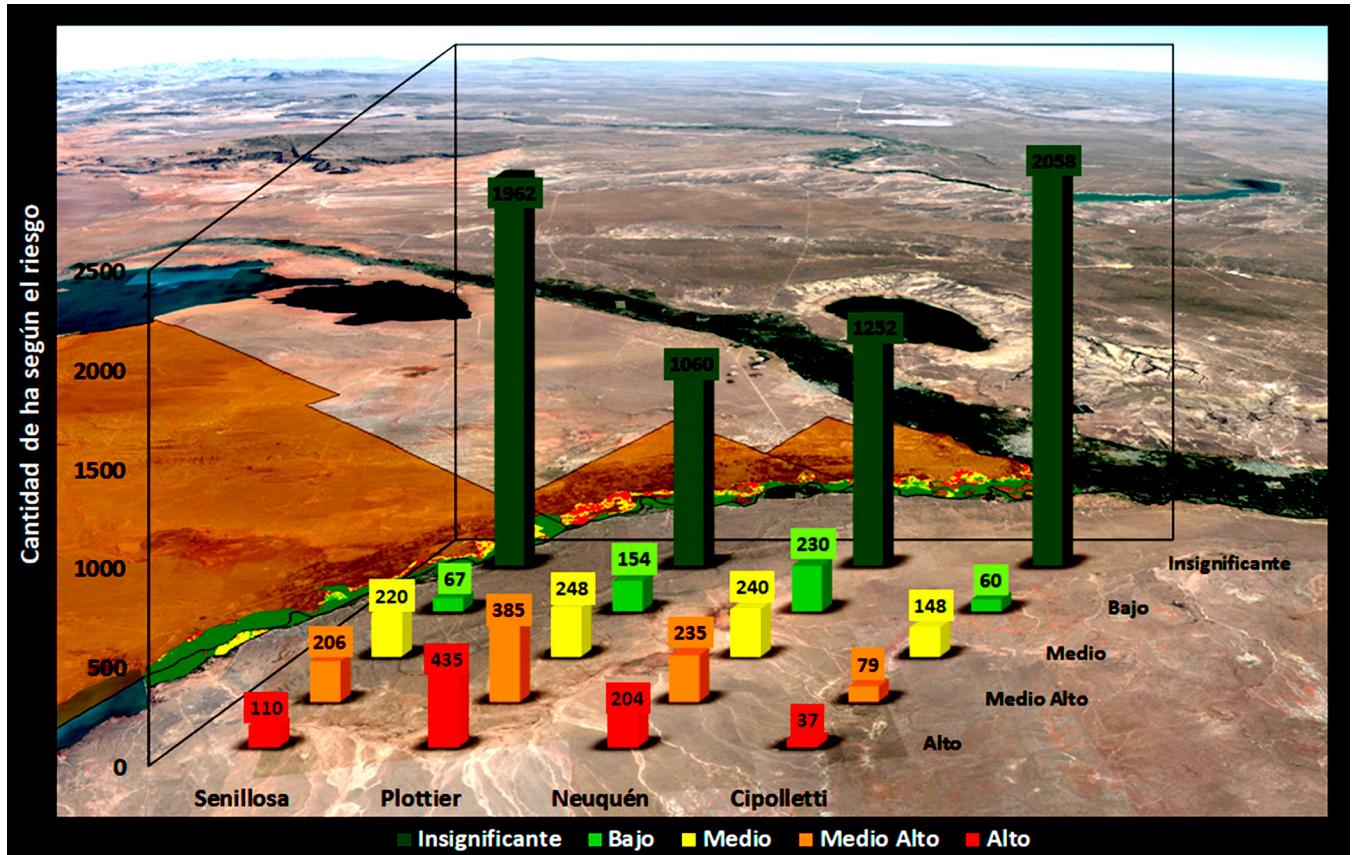


Figura 25. Distribución del riesgo (ha), por ejidos.

Tabla 17. Estadísticos para el riesgo por usos del suelo.

Zonificación	Promedio	Desvío estándar	Mínimo	Máximo
Zona Rural	3	1,03	0	30
Zona Urbana media densidad	3	1,24	0	40
Área Natural	0	0	0	0
Río	0	0	0	0
Zona Urbana baja densidad	2	1,15	0	18

Los datos estadísticos en relación al riesgo y su distribución en los distintos usos del suelo (Tabla 17) y (Figuras 26 y 27), presentaron los siguientes resultados: El **área rural** presentó un valor máximo de 30, la **zona urbana de media densidad** presentó un máximo de 40 y la **zona urbana de baja densidad** presentó un máximo de 18. Asimismo, todas presentaron un mínimo valor que fue cero (Tabla 17). Y tanto la **zona rural** como la **zona urbana de media densidad** presentaron un valor medio de 3 (7,35 a 17,35) por lo que el **riesgo** en estas zonas en promedio es **medio alto**, en cambio la **zona urbana de baja densidad** presentó un promedio de 2 (2,87 a 7,35), por lo que el **riesgo** promedio en esta área es **medio**.

Finalmente se muestra el mapa final de riesgo en el área inundable (Figura 28).

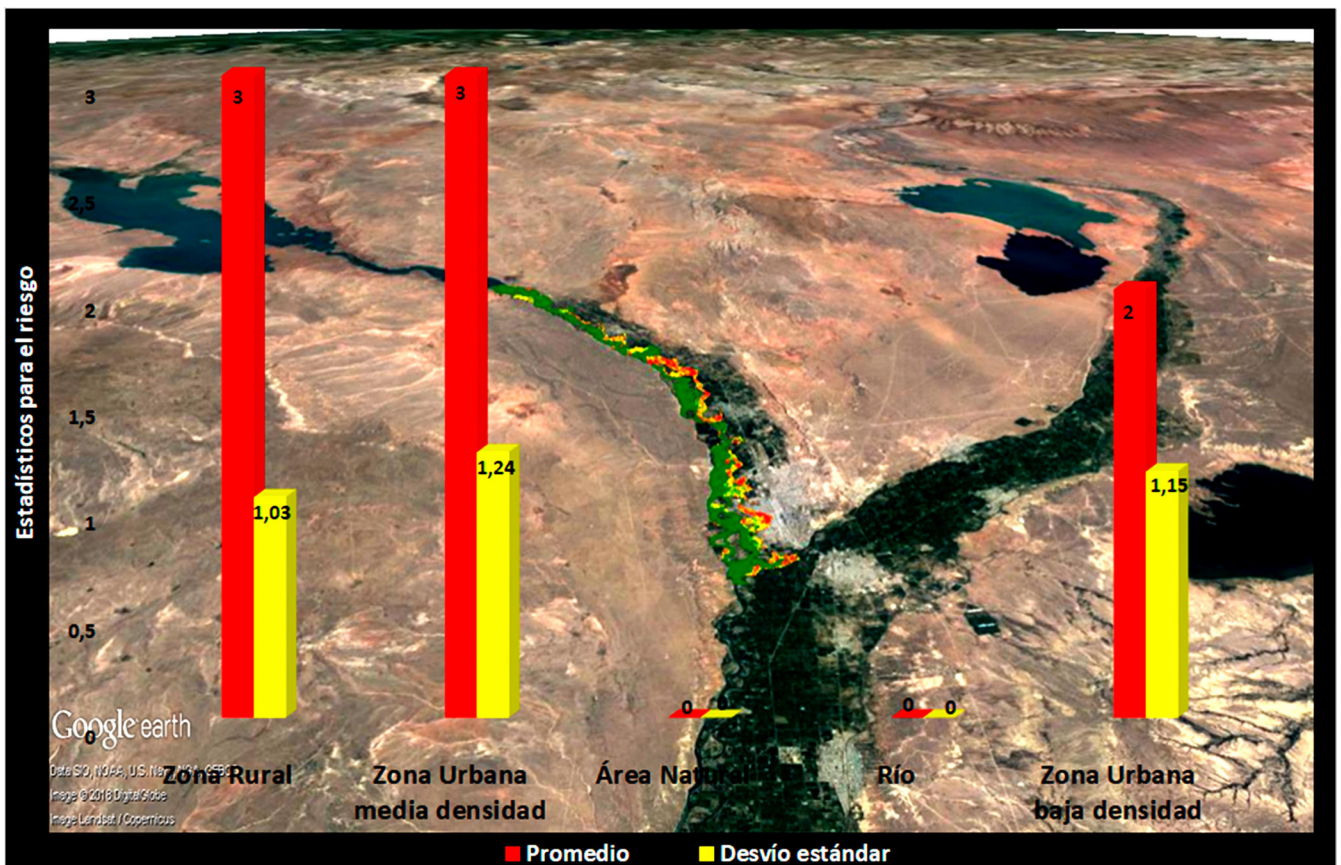


Figura 26. Estadísticos para el riesgo, por zonas.

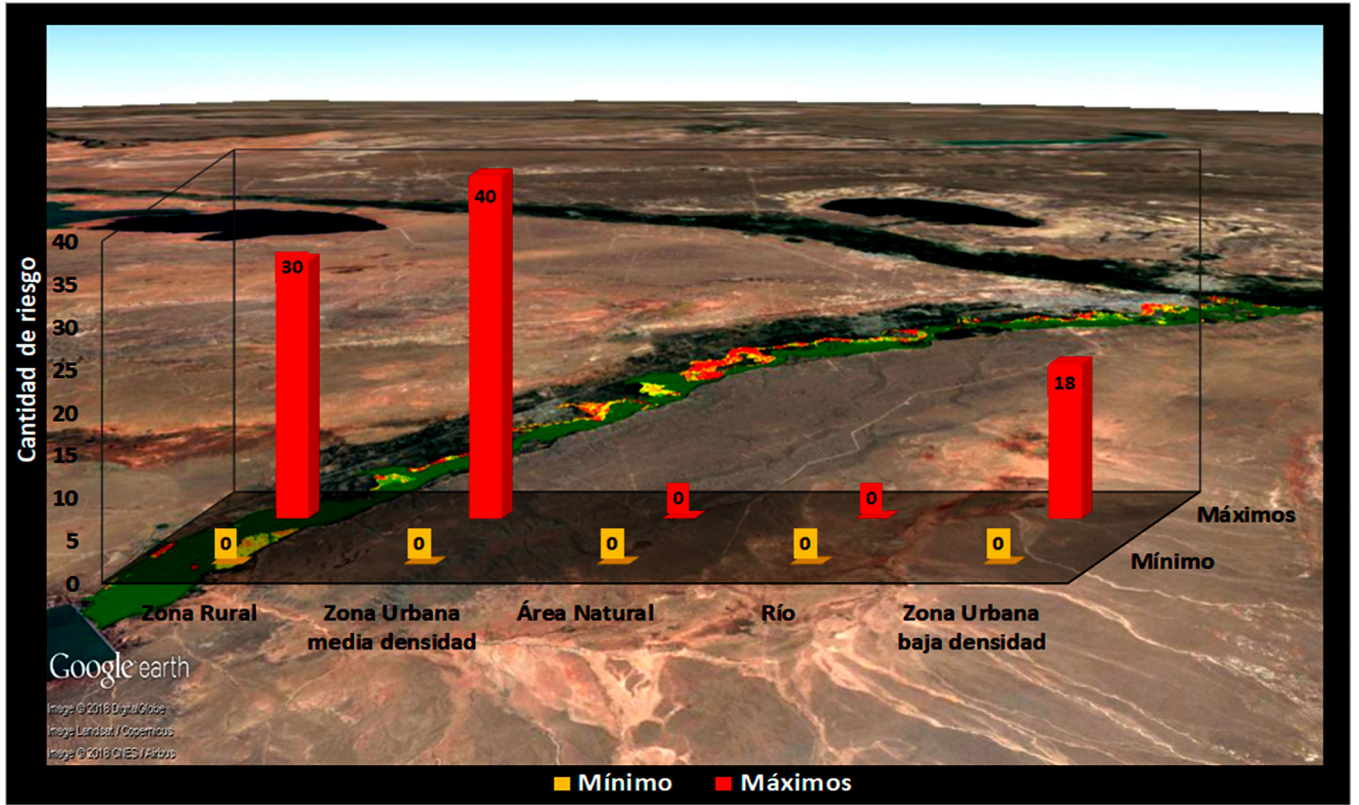
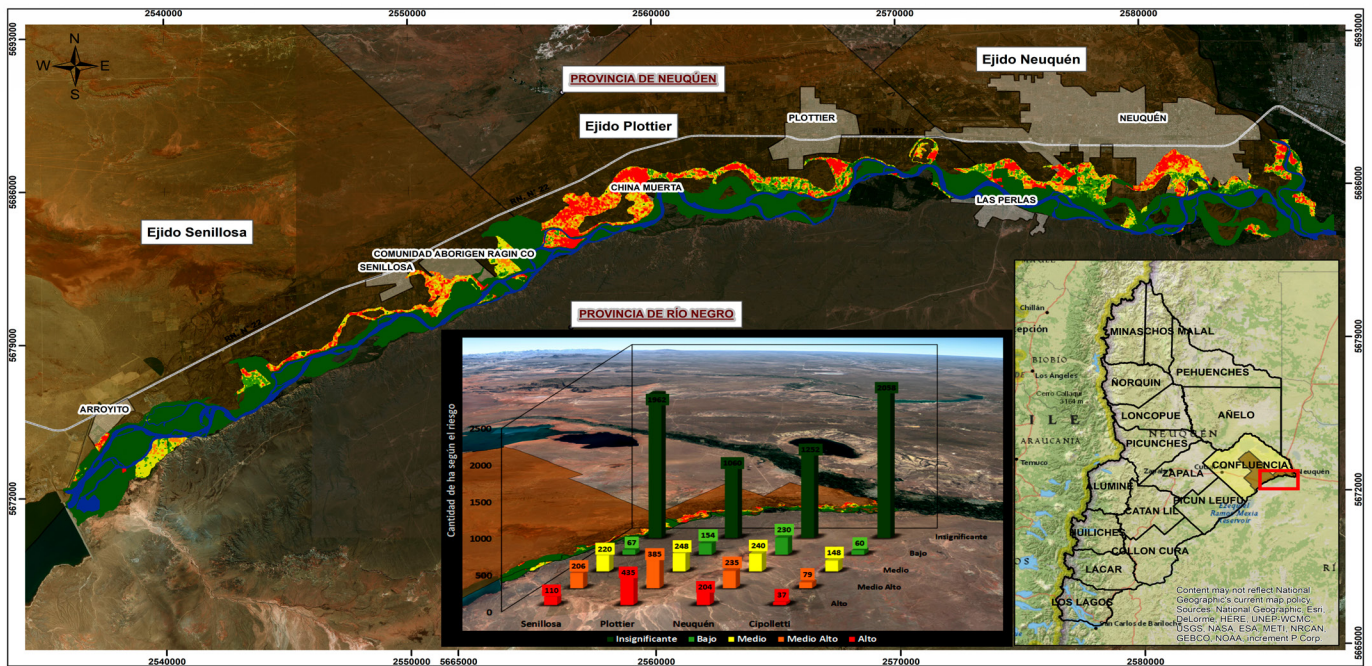


Figura 27. Máximo riesgo por zonas, para el área inundable.



Tesis de Licenciatura: Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay, tramo Arroyito-Confluencia

RIESGO GENERAL DEL ÁREA INUNDABLE

Autor: Barra David Esteban | Escala: 1:175.000 | Fecha: 15/08/2018 | Figura: 28

Referencias:

- Riesgo
- Insignificante
 - Bajo
 - Medio
 - Medio alto
 - Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE



Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud

Coordinate System: POSGAR 94 / Argentina faja 2

Figura 28. Distribución del riesgo en el área inundable.

8 Conclusiones

A partir de los datos y la información disponible se realizó una modelización del riesgo por inundación que resulta de gran consideración a la hora de planificar políticas y proyectos, a fin de evitar un incremento del riesgo de inundación ya existente. Los usos del suelo en las zonas inundables deberían ser compatibles con las inundaciones. Por lo tanto es fundamental a la hora de evaluar la aptitud de los suelos destinados a los diferentes usos, tanto en la planicie de inundación como en las áreas aledañas al río, tener en cuenta y priorizar el análisis de su respuesta ante un evento de inundación.

Uno de los parámetros a tener en cuenta a la hora de evaluar los posibles usos del suelo, es definir su aptitud con relación a las inundaciones, a través del análisis de la **peligrosidad** y específicamente la profundidad de la columna de agua.

En el valle del río Limay, tramo Arroyito Confluencia, unas 9500 ha están afectadas por inundaciones producidas por la crecida de un período de retorno de 100 años. Dentro de estas, 4568 ha (48%) pertenecen al área natural (sin desarrollo actual) y presentan profundidades que en promedio rondan los 1 y 2 m, alcanzando profundidades máximas de hasta 15 m de columna de agua.

Por otro lado, las áreas con peligrosidad media (1348 ha), alta (2058 ha), muy alta (1651 ha) y extrema (258 ha), representan 5315 ha (56% del área total), por lo que un poco más de la mitad del área afectada está sujeta a una peligrosidad superior a la media, siendo la peligrosidad alta la de mayor distribución.

Respecto a la zona rural, el área afectada constituye unas 2700 ha (28% del área total) que presentan, en promedio, una peligrosidad media. Es necesario tener en cuenta esta peligrosidad dada la expansión que se está produciendo de las áreas urbanas sobre las productivas agrícolas. Este avance, no solo genera un cambio en el uso de la tierra y la pérdida de zonas productivas, también influye en el fenómeno de las inundaciones, debido a la compactación y nivelación del suelo, principalmente. Sería conveniente considerar un criterio integral que tenga en cuenta el funcionamiento hidrológico regional, a efectos de no provocar nuevas áreas con peligrosidad.

En cuanto a la **vulnerabilidad** del área afectada por inundaciones, unas 3200 ha (35% del área total) presentan algún tipo de vulnerabilidad, distribuida en muy baja (477 ha), baja (1506 ha), media (1006 ha) y alta (324 ha). La zona urbana de media densidad es la que presentó en promedio una vulnerabilidad alta, la zona rural una

vulnerabilidad baja y la zona urbana de baja densidad presentó una vulnerabilidad muy baja. Se debe recordar que para el análisis de la vulnerabilidad se tomó como variable el indicador de la pobreza estructural NBI, cuya magnitud está determinada por las características socioeconómicas de la población. Se considera que es necesario incorporar esta variable en la planificación, dado que permite estimar la vulnerabilidad de las poblaciones expuestas, que tienen menor capacidad de respuesta.

De este estudio se desprende la necesidad de estudiar el crecimiento demográfico y el avance sobre la planicie del valle, ligados íntimamente a la dinámica económica de la región.

En cuanto al **riesgo**, unas 6300 ha (68% del área total afectada) presentan un riesgo insignificante y unas 3200 ha 32% del área restante presentan riesgos que van desde bajo hasta alto, distribuidos en: bajo 511 ha (5% del área total), medio 856 ha (9% del área total), medio alto 905 ha (10% del área total) y alto 786 ha (8% del área total); donde, tanto el área urbana de media densidad como la zona rural, presentan en promedio un riesgo medio alto y, el área urbana de baja densidad presenta en promedio un riesgo medio. En este punto se debe considerar que, si bien los municipios cuentan con un código de Planeamiento Urbano, se aprueban excepciones del mismo, que modifican de manera indefinida el límite entre lo rural y urbano.

Este estudio contribuye a cumplimentar con la ley N° 2713 del año 2010 de la provincia de Neuquén, que tiene como objetivo incorporar el enfoque de riesgo en las políticas de planificación y desarrollo territorial.

La prevención, en cuanto al manejo del riesgo, es una herramienta fundamental en cualquier sociedad, tanto para el resguardo de vidas humanas y de las infraestructuras, como también para la conservación de sus recursos naturales y la adecuación al cambio climático.

9 Recomendaciones

En el área analizada se han detectado riesgos producidos por la interacción de los distintos actores sociales y su entorno natural en relación a las inundaciones, que permiten realizar las siguientes recomendaciones, a fin de minimizar los potenciales impactos que dicho suceso podría provocar en personas y bienes:

Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay; Tramo Arroyito-Confluencia.*

- Elaborar los correspondientes mapas temáticos que visualizan la distribución final del riesgo por inundación y mantenerlos actualizados y accesibles a fin de brindar una información precisa y confiable en caso de ser requerida.
- Proporcionar información y concientización constante, sobre los efectos ligados a la construcción de situaciones de exposición, en poblaciones ubicadas en sectores susceptibles a las inundaciones.
- Actualizar los planes de acción durante emergencias (PADE), en la medida en que los asentamientos aguas abajo de la represa se vayan expandiendo.
- Reverer las líneas de riberas ya que existe una posible modificación de las mismas debido al avance urbano sobre las márgenes del río Limay.
- Gestionar de forma adecuada los usos del suelo, ya sea en las márgenes del río como en la llanura de inundación en general, priorizando la capacidad de respuesta de las áreas más riesgosas a fin de crear poblaciones más resilientes a los fenómenos de inundaciones.
- Preservar las áreas con alto valor paisajístico y fomentar el cuidado de las áreas de la ribera que aun conserven su estado natural y que estén propensas a inundarse, fomentando por ejemplo el uso recreativo por sobre los emprendimientos inmobiliarios.
- Reubicar los usos incompatibles que actualmente funcionan en el área de estudio, proponiendo su localización en otros sectores de la ciudad, por ejemplo PIN o Parque de empresas Municipal y de esta forma evitar potenciar el efecto de las inundaciones (ej. Derrames de productos tóxicos debido a las inundaciones).
- También existe la necesidad de relevar información relacionada a la superficie de nuevos barrios, loteos, chacras en producción y abandonadas, cuya información podría plasmarse en un SIG como herramienta para la toma de decisiones.
- Propiciar la preservación de las zonas productivas existentes y zonas sin producción que posean una alta calidad, aprovechando sus funciones ecosistémicas.

Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay; Tramo Arroyito-Confluencia.*

- Acercar la tecnología informática y comunicacional a todas las áreas que se verían más afectadas, para su conocimiento, acceso y el posterior uso y aplicación de las nuevas tecnologías de información y comunicación para una mejor conexión del área, a fin de mejorar la integrabilidad en caso de tener que actuar ante el suceso.
- Fomentar la protección ambiental e incorporar la variable ambiental desde lo preventivo y no solo desde lo correctivo, promoviendo la gestión integral de riesgos y desastres naturales y antrópicos.
- Implementar estrategias de orientación y capacitaciones que apunten a mejorar las actuaciones y/o desempeño en caso de la ocurrencia del fenómeno de inundación de todos los sectores involucrados, promoviendo la participación comunitaria.

10 Bibliografía

- Altimir , O. (1992). *La dimensión de la Pobreza en América Latina. Cuadernos de la CEPAL.* Santiago de Chile.
- Barrionuevo, C. A. (2012). *El territorio como construcción social: Una pregunta que importa: El caso de Rincón de Las Perlas (Río Negro).* (r. i. Memoria Académica, Ed.).
- Barsky, A. (s.f.). El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. Introducción al estado del debate, con referencia al caso Buenos Aires. *Volumen IX, Página 36.* (R. e. Sociales, Ed.) Buenos Aires, Argentina: Scripta Nova.
- Bendini, M. A., & tustonkos, P. (2013). Las tramas sociales en los procesos de modernización y globalización el los valles frutícolas del río Negro, Argentina. revista cronos.
- Bernstein, L. (2008). *Cambio Climático 2007: informe de síntesis. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza.*
- Capelleti, V. (2011). Ejido de Cipolletti. Usos del territorio y afectación por inundaciones. (G. y. (GESIL-UNLU), Ed.) Cipolletti, Río Negro, Patagonia, Argentina.
- Colombo, S. (2016). Lo global y lo local en las políticas públicas de Argentina: El caso de la gestión integral de riesgos de desastres. Buenos Aires.

Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay; Tramo Arroyito-Confluencia.*

- COPADE. (2010). *Ley Provincial 2713 de enfoque de riesgo*. Recuperado el 25 del 9 de 2017, de COPADE (Secretaría de Planificación y acción para el Desarrollo): <http://www.copade.gob.ar> (Ley Provincial 2713).
- DAMI. (2013). *Plan de ejecución Metropolitano PEN Neuquén*. Obtenido de Programa de desarrollo de áreas metropolitanas del interior: Recuperado el 26 del 8 de 2017 de <https://www.mininterior.gov.ar>.
- De Jong, G. (2001). *Introducción al método regional. Laboratorio patagónico de investigación para el ordenamiento ambiental territorial (LIPAT)*. Neuquén, Patagonia, Argentina. Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Comahue.
- DFID. (2002a). *Disaster risk reduction: A development concern. Policy briefing note*. Londres.
- DFID. (2004). *Disaster risk reduction: a development concern. A scoping study on links between disaster risks, poverty and development*. Londres.
- Díez Herrero, A. (1999). Utilización de los SIGs en el análisis del riesgo de inundación en el Alto Alberche (cuena del tajo). *Los Sistemas de Información Geográfica en los riesgos naturales y el Medio Ambiente: Instituto Geológico y Minero de España. Páginas 49-68*. Madrid, España.
- Díez Herrero, A. (2000). Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica al análisis del riesgo de inundaciones fluviales. En: Laín Huerta, *Los Sistemas de Información Geográfica en la gestión de los Riesgos Geológicos y el Medio Ambiente*. Madrid, España.
- Díez Herrero, A., & Pujadas Ferrer, J. (2002). *Mapas de riesgos de inundaciones. Riesgos Naturales* (Primera edición, Capítulo 4, Páginas 997-1012 ed.). Madrid, España: Editorial Ariel.
- Díez Herrero, A., Laín, L., & Llorente, M. (2006). *Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones: métodos, experiencias y aplicación*. IGME (Instituto Geológico y Minero de España). Madrid, España.
- EIRD. (2009). *Informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastres. Naciones Unidas*. Ginebra.
- Emery, X. (2013). *Geoestadística*. Universidad de Chile, FCFM: facultad de ciencias físicas y matemáticas, Ingeniería de Minas, Santiago.



Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay; Tramo Arroyito-Confluencia.*

- F.A.O (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015). *Aspectos Físicos: Suelo, Clima y Agua, Provincia de Neuquén*. Recuperado el 26 del 7 de 2017, de Proyecto FAO UTF ARG 017 – “Desarrollo Institucional para la Inversión”: <http://www.fao.org>.
- Feres, J. C., & Manceros, x. (2001). *El método de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) y sus aplicaciones en América Latina*.
- García Graygorta, S. A. (2012). *Incorporando el enfoque de riesgo en la planificación territorial: El caso de la provincia de Neuquén*. Recuperado el 12 del 10 de 2017, de Programa, Enfoque de riesgo en la planificación (COPAIDE): www.eird.org/pr14/formulario/presentaciones.
- Gelis, A., & Ostuni, F. (2008). *Documento País en avance: Riesgo de desastres en Argentina, Centro de Estudios Sociales y Ambientales*. Buenos Aires.
- Gobierno de España. (2013). *Propuesta de mínimos para la metodología de realización de los mapas de riesgo de inundación*. Recuperado el 25 del 6 de 2017 de www.mapama.gob.es/riesgos-de-inundacion/Methodología.
- Gonzales, G. (2015). China Muerta, un refugio de paz y naturaleza plena. *LM.Neuquén*. Recuperado el 23 del 5 de 2017, de <https://www.lmNeuquén.com/china-muerta>.
- Grupo Banco Mundial. (2014). “Argentina debe aprender a convivir con las inundaciones y adquirir capacidades para enfrentarlas”. Recuperado el 5 del 10 de 2017, de Banco Mundial.: <http://www.bancomundial.org>.
- Gudiño, M. E. (2010). Del urbanismo reglamentario a las nuevas concepciones del Ordenamiento Territorial. *Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, XIV(331)*. Recuperado el 22 del 4 de 2017 de <http://www.ub.edu/geocrit>.
- Informe MDE-Ar_45m. (2014). *Modelo Digital de Elevaciones de la República Argentina MDE-Ar*. IGN: Instituto Geográfico Nacional, Dirección General de servicios Geográfico, Dirección de Geodesia.
- Mathey, D. (2007). *Métodos e indicadores para la estimación de la pobreza rural en Argentina*. Documento de trabajo N°35, Instituto de Economía y Sociología, Argentina.
- Olaya, V. (2011). *Sistemas de información Geográfica*. Girona: OSGeo.
- Olcina, j. (2006). Biescas, una crónica anunciada. *Diario El País*. Recuperado el 6 del 6 de 2017.

Tesis de grado: *Determinación del riesgo por inundación en el valle del río Limay; Tramo Arroyito-Confluencia.*

- Ospital, C., & Hobert, M. (2005). *El rol del estado en emergencias y catástrofes: Observatorio de políticas Públicas: Emergencias y catástrofes*. Buenos Aires. Recuperado el 15 del 4 de 2017 de www.cag.jgm.gov.ar.
- Programa de las Naciones Unidas (PNUD). (2004). *La reducción del riesgo de desastres. Un desafío para el desarrollo. Informe Mundial*. Dirección de Prevención de crisis y de Recuperación. New York: Johns S. Swif go., EE.UU. Recuperado el 12 del 3 de 2017 de www.undp.org/bcpr.
- Pujadas, J. (2002). Las inundaciones en España: Impacto Económico y Gestión del Riesgo. En F. J. Ayala Carcedo, & J. Olcina Cantos. Barcelona, España: Ariel.
- Renza, E., Rojas Garay, M., Moscardini, O. D., & Torchia, N. P. (2017). *Manual para la elaboración de mapas de riesgos* (Primera edición ilustrada ed.). Buenos Aires, Argentina: Programa Naciones Unidas para el Desarrollo (PUND) Y Ministerio de Seguridad de la Nación Argentina.
- Río Negro. (2003). Expulsaron a familia de Ragiñ Co. *Río Negro*. Recuperado el 3 del 12 de 2017
- Río Negro. (2005). Plottier es la nueva "ciudad dormitorio" de Neuquén. *Río Negro*. Recuperado el 23 del 5 de 2017
- Sbarato, V. J., Sbarato, R., & Ortega, J. (2016). *Los estudios de impacto ambiental*. Córdoba : Editoria Brujas.
- Steimbregger, N. (2004). *Características del proceso de urbanización y redistribución de la población en las provincias de Río Negro y Neuquén en el periodo 1991-2001*. Universidad Nacional del Comahue, Nuequén.
- UNISDR. (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de desastres. En E. I. (UNISDR) (Ed.). Ginebra, Suiza.
- UNISDR. (2010). *La Reducción del Riesgo de Desastres: Un Instrumento para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio*. (P. p. UNISDR, Ed.) Ginebra, Suiza.
- Wilches Chau, G. (1984). *El Programa de Reconstrucción Desarrollado en Popayan por una Institución de Formación Profesional. Conferencia Internacional sobre la implementación de Programas de Mitigación de Desastres*. Kingston.
- Zavaleta Sánchez, J. (2010). *Kriging: Un Método de Interpolación sobre datos dispersos*. Universidad Nacional Autónoma de México, Laboratorio de Cómputos Científicos F.C., México D.F.