

Trabajo Fin de Grado

Prácticas en el Centro de Información Territorial de Aragón:

*Cartografía de vulnerabilidad de riesgos por
inundaciones.*

Estudio de caso de Sabiñánigo (Huesca)

Autor/es

Silvia Vázquez Catalán

Director/es

Miguel Sánchez Fabre

Facultad de Filosofía y Letras

2015

RESUMEN

La vulnerabilidad, como elemento a considerar a la hora de evaluar el riesgo, no ha sido trabajada de manera general, de modo que no existen unas determinadas variables a estudiar, ni que se puedan implementar para el desarrollo de una cartografía. La mezcla de conceptos, así como la escasez de datos y variedad de escalas en los trabajos precedentes hacen necesario un planteamiento general para el desarrollo de una metodología para el estudio de la vulnerabilidad por riesgo de inundaciones.

PALABRAS CLAVE: Vulnerabilidad, inundaciones, cartografía, susceptibilidad, riesgos, Sabiñánigo.

ABSTRACT

The vulnerability, as an element to consider when assessing the risk, has not been worked broadly, so there aren't some specific variables to study, and that can be implemented for the development of cartography . The mixture of concepts as well as the scarcity of data and variety of scales in previous works necessitate a comprehensive approach to the development of a methodology for the study of flood risk vulnerability.

KEY WORDS: Vulnerability, floods, cartography, susceptibility, risks, Sabiñánigo.

ÍNDICE de contenidos

1. Introducción.....	5
2. Legislación	6
3. Objetivos.....	9
4. Vulnerabilidad: concepto y antecedentes de estudio.....	10
5. Metodología para la elaboración de cartografía	12
5.1. Análisis de la problemática: escala e información disponible.....	12
5.2. Recopilación de información.....	13
5.3. Generación de mapas de vulnerabilidad: modelo cartográfico.....	14
5.4. Validación de información.....	20
6. Resultados cartográficos.....	22
7. Conclusiones.....	26
8. Bibliografía	28
9. Anexos.....	30
1. Mapa de vulnerabilidad de riesgos por inundaciones en el municipio de Calatayud	
2. Mapa de vulnerabilidad de riesgos por inundaciones en el municipio de Monzón	
3. Mapa de vulnerabilidad de riesgos por inundaciones en el municipio de Sabiñánigo	
4. Mapa de vulnerabilidad de riesgos por inundaciones en el municipio de Villanueva de Gállego	
5. Mapa de vulnerabilidad de riesgos por inundaciones en el entorno de Sabiñánigo	
6. Memoria de prácticas presentada en el Centro de Información Territorial de Aragón	

ÍNDICE de figuras

<i>Figura 1: Visor del SNCZI de la zona Miño-Sil (parte española) - Mapas de peligrosidad.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2: Visor del SNCZI de la Ebro - Mapas de peligrosidad.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3: Visor del SNCZI del Segura- Mapas de peligrosidad.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 4: Modelo cartográfico.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 5: Zonas residenciales, industriales y terciarias.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 6: Zonas urbanizadas o en proceso, de manera que quedan excluidas aquellas que están sin urbanizar.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 7: Zonas residenciales, industriales o terciarias ya urbanizadas.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 8: Zonas vulnerables de los ámbitos urbanos. (Áreas residenciales, industriales o terciarias urbanizadas, enmarcadas dentro de las zonas susceptibles de riesgos por inundaciones.).....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 9: Zonas cultivadas (en naranja), según la PAC 2014.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 10: Imagen de la urbanización Las Margas y su zona de golf sobre una alta terraza del río Gállego.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 11: Imagen de Las Margas Urbanización, desde un punto de vista cenital.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 12: Imagen de la urbanización Las Margas y el núcleo de Latas en la esquina suroriental.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 13: Imagen aérea de los núcleos de Senegüé y Sorripas, así como la industria Baxter.....</i>	<i>22</i>

1. Introducción

Los riesgos de índole natural han desencadenado a lo largo de la historia de la humanidad grandes catástrofes con cuantiosas pérdidas humanas y económicas. Con el avance de la civilización han ido aumentando los riesgos naturales inducidos por las acciones antrópicas. La ocupación del territorio por el ser humano genera los conceptos de riesgo y desastre natural. Por ello, en la planificación y ordenación del territorio, es de primordial importancia, que los riesgos existentes sean valorados, y que dicha valoración pueda cartografiarse a una escala apropiada, para conseguir una visión espacial de las zonas más vulnerables y aquellas más seguras del territorio a ordenar.

El estudio de los riesgos debe perseguir, por un lado, dar respuesta técnica a la sociedad actual que demanda información sobre los riesgos a los que se ve sometida, y por otra parte, contribuir con un fundamento científico-técnico a su protección (a través de medidas correctoras, de prevención, planes de emergencia, etc.) frente a las amenazas potenciales derivadas del uso de un ámbito concreto. El análisis de riesgos es la metodología adecuada para su identificación, evaluación, mitigación y para la toma de las decisiones sobre Ordenación del Territorio (Ayala-Carcedo, 2000). A su vez, la reducción de los riesgos mediante proyectos de ingeniería y una zonación adecuada del terreno, junto a la implementación de seguros y planes de contingencia, disminuyen significativamente las pérdidas ocasionadas por cualquier acontecimiento catastrófico.

Cuando se hace una evaluación de los riesgos, no debe perderse la perspectiva de que se trata de una valoración cualitativa, indirecta y con carácter predictivo donde se definen de forma relativa zonas más riesgosas que otras. Por ello, la aplicación de la metodología propuesta no sustituye la ejecución de estudios pormenorizados sobre el terreno.

La ejecución de cartografía de riesgos a escala regional o local, y su posterior utilización a la hora de realizar una ordenación territorial, evita, por una parte, daños a personas y construcciones, y por otra, ayuda a definir medidas que salvaguarden los usos o actividades que indefectiblemente deban ubicarse en áreas de riesgo potencial. De esta forma, el mapa de riesgos resultante (en este caso, un mapa intermedio, el de vulnerabilidad) constituye una excelente herramienta de orientación a la hora de planificar los usos, aprovechamientos y zonas de protección de un territorio. El carácter de síntesis y diagnóstico territorial que posee un mapa de riesgos le confiere a este instrumento una importancia destacada y necesaria en la ordenación y gestión de un territorio (Aguirre, 2005).

En lo referente a las inundaciones como riesgo natural, comentar que no es cierto que se estén produciendo más episodios de inundación ahora que hace unos años en virtud de un incremento de los procesos de lluvia abundante o torrencial, sino que se da una mayor difusión de estos episodios en los medios de comunicación, así como existe una mayor sensibilización de la población hacia esta cuestión. Esta postura "técnico-administrativa" defiende que se estarían produciendo más episodios de inundación -por causa climática- que son fruto de "imprevisibilidad", esto es, del azar de la propia naturaleza y ello traería como consecuencia la génesis de mayores desastres. Sin embargo, una postura más realista sería la "ético-geográfica", según la cual el riesgo a partir de episodios de inundación se ha

incrementado por la implantación de usos humanos poco acordes con los rasgos físicos del medio y ello habría provocado un aumento de la vulnerabilidad de las poblaciones asentadas en territorios de riesgo (Olcina, 2004).

A pesar de ello, es cierto que las inundaciones son el peligro natural de mayor importancia en España, y que periódicamente producen importantes pérdidas económicas y humanas. Para la eficaz gestión del riesgo y proceso de toma de decisiones es necesario conocer suficientemente los factores internos del riesgo, de modo que te permitan identificar las áreas potenciales de riesgo. La utilización de Sistemas de Información Geográfica ayuda mediante la cartografía en el proceso de toma de decisiones acerca del análisis, evaluación, preparación y mitigación del riesgo (Figueira, 2007).

En el estudio de los riesgos naturales existen multitud de términos, que en ocasiones llegan a contraponerse y resulta una mezcla de conceptos. En este proyecto se ha trabajado con "peligrosidad natural", "susceptibilidad" y "vulnerabilidad" como los tres elementos que se consideran a la hora de definir "riesgo". Sin embargo, es frecuente encontrarse con documentos que trabajan el riesgo con conceptos como amenaza, exposición y vulnerabilidad.

Hay que considerar que las inundaciones son inmutables, aunque predecibles a corto plazo. La situación de crisis que provocan se controla mediante la reducción de la vulnerabilidad y una anticipación y preparación frente al riesgo durante años (Saint-Michel, 2007-2008).

Reducir la vulnerabilidad tiene como objetivo principal reducir los costes humanos, económicos y medioambientales, en caso de que se produzca una inundación.

Las vías de reducción de la vulnerabilidad, en tanto que el riesgo "0" no existe, son:

- volver lo más rápido a la normalidad
- intentar que se produzca el menor número de daños posibles
- reducir los daños durante, y después de la inundación
- cada entidad (administración, empresa o habitante) ha de asumir unos daños reales

Dentro de las actuaciones previas para reducir los daños del riesgo por inundación, y una vez realizada la tarea de identificación de zonas susceptibles, es decir, aquellas áreas que presentan la posibilidad de sufrir una inundación, la definición de una cartografía de zonas vulnerables dentro de estos espacios susceptibles es una tarea esencial para la gestión de emergencias, así como para la planificación territorial.

La cartografía de vulnerabilidad es el medio adecuado para el estudio y la mitigación de los daños y si bien es cierto que existen numerosas cartografías de susceptibilidad y vulnerabilidad, e incluso relacionadas con el riesgo por inundaciones, éstas suelen centrarse en un territorio muy concreto, bien delimitado y generalmente de poca superficie. Sin embargo, lo que se pretende aquí es plantear un proceso cartográfico que sirva para abordar la cartografía de un territorio amplio y diverso como es el de la Comunidad Autónoma de Aragón.

2. Legislación

Las inundaciones son fenómenos que, en España y en la Comunidad Autónoma de Aragón, en numerosas ocasiones han causado importantes daños materiales e incluso afecciones personales.

La nueva Ley del Suelo, aprobada el 28 de mayo de 2007, plantea por primera vez en la historia de nuestro país, la exigencia de realizar estudios de riesgos naturales previos a la planificación del territorio. La inclusión de estos estudios de riesgos en los planes de urbanismo, implica el conocimiento de la técnica de ejecución de los correspondientes mapas de riesgo.

El artículo 15.2 del Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Suelo, dispone que "el informe de sostenibilidad ambiental de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización deberá incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de ordenación".

La Ley 4/2008, de 22 de junio, de Ordenación del Territorio de Aragón, dispone en su artículo 46 "Mapas de riesgos" que corresponde al Centro de Información Territorial de Aragón coordinar la elaboración y mantener actualizados mapas base de riesgos, que permitan evaluar los riesgos naturales e inducidos presentes en el territorio.

Asimismo, los artículos 17, 19, 47.1, 49 y 55, y la Disposición transitoria sexta de la Ley 3/2009, de 17 de junio, de Urbanismo de Aragón, disponen que en la clasificación del suelo, se habrán de tener en cuenta la evidencia de riesgos naturales e incluir dentro de la documentación correspondiente a planes generales y parciales los mapas de riesgos (Servicios y proyectos del EBRO S.A.).

También la legislación europea recoge la necesidad de cartografía de riesgo por inundaciones, tanto la Directiva 2000/60/CE Marco del Agua, por la que se establece el marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, como la Directiva 2007/60/CE de Inundaciones, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación. En el capítulo tercero "Mapas de peligrosidad por inundaciones y mapas de riesgo por inundación", el artículo 6 de esta última Directiva dispone la realización antes del 22 de Diciembre de 2013 por parte de los Estados miembros de esta cartografía, que aunque no recoge explícitamente la elaboración de mapas de vulnerabilidad por inundaciones, sí que queda implícito en los componentes que ha de integrar el mapa de riesgo, concretamente el número de habitantes que pueden verse afectados y el tipo de actividad económica de la zona que puede verse afectada también.

A continuación se presentan algunos ejemplos cartográficos, resultado de la trasposición de la Directiva de Inundaciones para la legislación española. El ministerio de Medio Ambiente, a través de diferentes demarcaciones hidrográficas, ha desarrollado mapas de peligrosidad y riesgo de inundación, que se pueden visualizar a través de una serie de visores regionales del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.

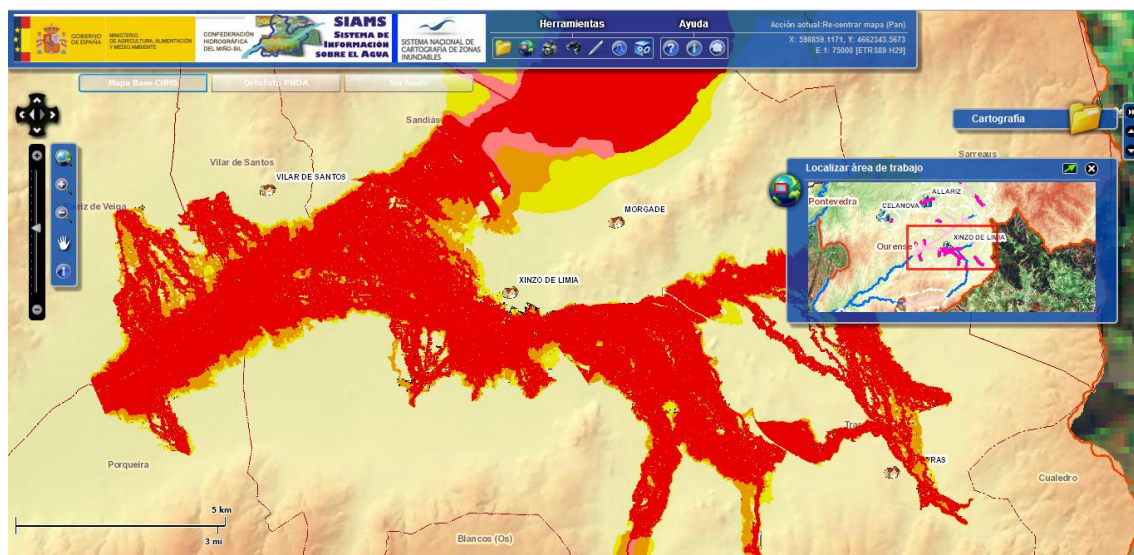


Figura 1: Visor del SNCZI de la zona Miño-Sil (parte española) - Mapas de peligrosidad.

Fuente: <http://siams.chminosil.es/snczi/>

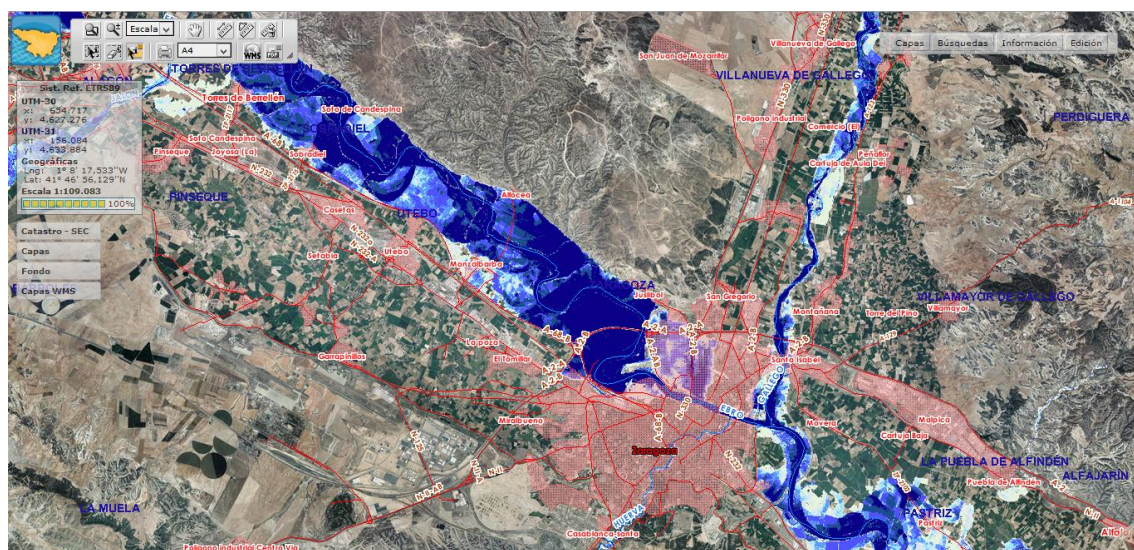


Figura 2: Visor del SNCZI de la Ebro - Mapas de peligrosidad.

Fuente: <http://iber.chebro.es/SitEbro/sitebro.aspx?SNCZI>

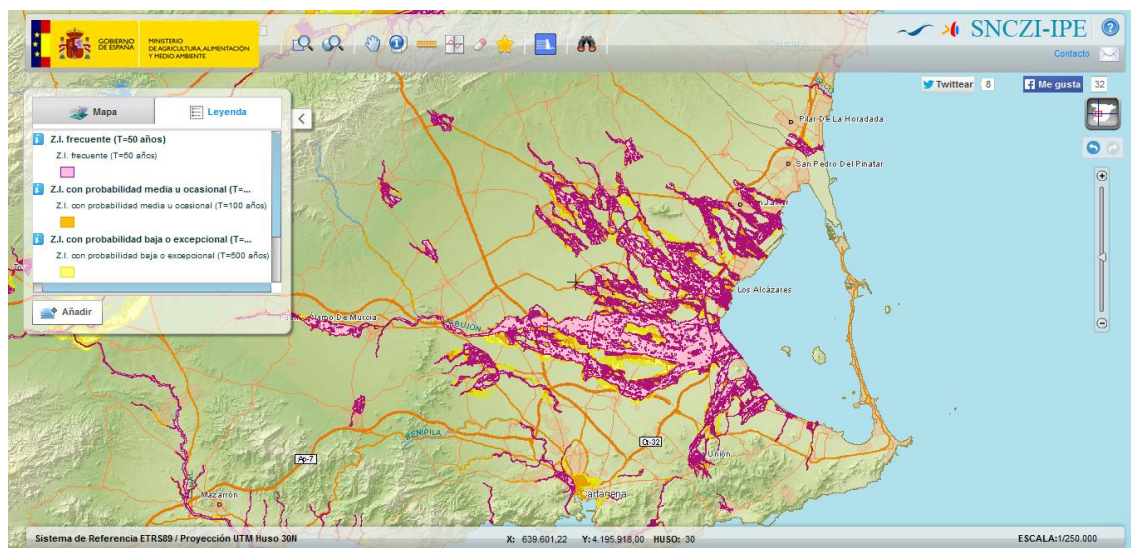


Figura 3: Visor del SNCZI del Segura- Mapas de peligrosidad.

Fuente: <http://sig.magrama.es/snczi/>

En base a toda esta legislación, se presenta evidente la necesidad de realizar cartografía de riesgos, y por tanto también de los diferentes componentes del riesgo, como son peligrosidad, susceptibilidad y vulnerabilidad. Dada la existencia de mapas a escala 1:50.000 para la Comunidad Autónoma de Aragón para los dos primeros componentes, resulta adecuado abordar la metodología para la cartografía del componente *vulnerabilidad*, y avanzar de esta manera hacia la creación de una cartografía de riesgo por inundaciones.

3. Objetivos

Objetivo general

El objetivo fundamental del proyecto es el desarrollo de una metodología que valore la vulnerabilidad por riesgos de inundación, y su aplicación a una zona de estudio.

A partir de los mapas de susceptibilidad, y considerando variables que incorporen los aspectos de la población y de sus actividades en esos territorios susceptibles, se plantea cartográficamente un nuevo elemento del riesgo, la *vulnerabilidad*.

El fin del trabajo, realizado durante el periodo de prácticas en el Centro de Información Territorial de Aragón, es desarrollar una metodología para trabajar la vulnerabilidad en todo el territorio aragonés, a raíz de esos mapas ya previamente realizados de susceptibilidad, planteando una metodología general, en la que se decida las variables que se van a considerar, los datos con los que se va a trabajar y la escala a la que se va a aplicar.

Objetivos específicos

- Definir claramente los conceptos de amenaza, susceptibilidad y, sobre todo, vulnerabilidad, como principales elementos del riesgo.
- Plantear un proceso previo de elaboración de cartografía
- Evaluar la calidad de este proceso
- Corrección de las normas cartográficas: escala, ámbito, componentes fijos de la leyenda, etc.

4. Vulnerabilidad: concepto y antecedentes de estudio

En la fase inicial de creación de una metodología, el primer paso es la definición de un claro concepto de vulnerabilidad. Entendemos por *vulnerabilidad* la "fragilidad de los elementos expuestos en una zona con susceptibilidad de verse inundada, medida en parámetros que incorporen las personas y bienes que pueden ser afectados ". Se ha de valorar el número de personas que pueden verse afectadas, así como la resistencia de las infraestructuras donde se desarrollan las actividades humanas.

La mezcla de términos en lo referente a los componentes del riesgo queda patente en definiciones en las que *vulnerabilidad* se entiende como "la exposición de la población y sus bienes a inundaciones" (Karmakar, 2010), en la que existe una confusión entre los conceptos de *vulnerabilidad* y *exposición*.

En el s. XXI, la necesidad de estudiar la vulnerabilidad como uno de los componentes fundamentales del riesgo, se refuerza en la Estrategia Internacional para la Reducción de los Riesgos Naturales, amparada por un nuevo enfoque orientado a la disminución de los desastres mediante una gestión efectiva de riesgo. Se crea así, el Marco de Acción Hyogo 2005-2015, donde "los gobiernos de todo el mundo se comprometen a tomar medidas para reducir las vulnerabilidades frente a las amenazas naturales" (EIRD, 2005). Bajo esta perspectiva el evento físico en sí mismo se presenta como un imponderable natural y externo del riesgo (Birkmann, 2007), mientras que en la vulnerabilidad social y territorial reside la verdadera causa de los desastres (Maskrey, 1993). Una interpretación un tanto exagerada de esta tesis ha generalizado la idea de que los desastres no son naturales, sino el resultado de una deficiente organización social que conduce a respuestas inadecuadas ante sucesos extremos del medio físico (Díaz y Díaz, 2002).

En este contexto se enmarca el reto actual de medir y, en el caso de la disciplina geográfica, cartografiar, la vulnerabilidad. De la complejidad del concepto en sí (ya que entraña dimensiones sociales, económicas, políticas y culturales) deriva la dificultad para la elección de variables que permitan cuantificar o establecer el grado de vulnerabilidad, máxime si han de ser susceptibles de cartografiarse (Díaz y Díaz, 2002). La estimación de la vulnerabilidad no debe limitarse únicamente a aproximaciones cuantitativas, sino que debe englobar aspectos cualitativos (Birkmann, 2008). Si a ello añadimos la falta de información de los ámbitos más subdesarrollados (y, por tanto, más vulnerables) y el problema de las diferentes escalas a las que se puede abordar la cuestión, nos situamos en un contexto donde las aproximaciones metodológicas están aún en una fase bastante incipiente (Camarasa, 2008).

Birkmann (2007) realiza un estudio comparativo entre los indicadores de vulnerabilidad desarrollados en tres de los principales proyectos a escala nacional e internacional: (a) el índice para riesgo de desastre o DRI (Disaster Risk Index), desarrollado en el seno del Programa de Desarrollo de Naciones Unidas (UNDP, 2004); (b) el proyecto de detección de "puntos calientes" (Hotspots Project), llevado a cabo por la Universidad de Columbia en colaboración con el Banco Mundial (Dilley et al., 2005); y (c) el proyecto para las Américas (The Americas Indexing Project), diseñado por el Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad de Colombia-Manizales, en cooperación con el Banco de Desarrollo Inter-Americano (Cardona, 2005). El análisis pone de manifiesto que, si bien cada proyecto ha resultado útil en su zona de aplicación, no existen unos indicadores claros, de validez

universal, para medir la vulnerabilidad. Lejos de dejar zanjada la cuestión, aboga por la necesidad de seguir investigando en cuestiones metodológicas, que permitan acercar los conceptos teóricos a la realidad del día a día.

Las variables que se utilizan con mayor frecuencia para medir la vulnerabilidad en su dimensión espacial son sociodemográficas, económicas, culturales y territoriales (Bayo et al., 1995). Dedge (2004) estima la vulnerabilidad del llano de inundación del Río Limpopo (Mozambique) en función de la ubicación de la población, de las medidas de protección estructurales contra las inundaciones (diques, presas, ...), de los usos del suelo y de las vías de evacuación en caso de peligro. Rodríguez (2008) cartografía la vulnerabilidad en Honduras a partir de indicadores de densidad de la población; infraestructura de la vivienda; situación socioeconómica y accesibilidad a los centros de salud y emergencias. Zavala (2002) valora la vulnerabilidad de la ciudad de Arica (Chile) al riesgo sísmico a partir de la fragilidad de la construcción, las instalaciones críticas (receptoras, potenciadoras y mitigadoras), la densidad de población y su distribución según diferentes escenarios temporales. Conforme la escala de trabajo se vuelve más detallada y la disponibilidad de datos es mayor, las variables pueden ser más precisas.

Para el estudio de la vulnerabilidad es necesario evaluar los aspectos socio-económicos del territorio, en tanto que el riesgo aparece cuando el ser humano y sus actividades están implicados. Por lo tanto, hay que valorar la vulnerabilidad social y la económica, como veníamos destacando.

En algunos estudios (Camarasa et al., 2008) se tienen en cuenta parámetros como la tasación catastral (para la evaluación económica) y las diferentes franjas horarias (para evaluar la variación de la vulnerabilidad en las diferentes franjas horarias, en las que la población migra de unos lugares a otros, aumentando o disminuyendo de esta manera su exposición).

Sin embargo, los intentos de evaluar económica y socialmente los daños resultan ser tan dispares que, por el momento, resulta difícil y poco efectivo intentar considerar esas cuantificaciones económicas y demográficas como unas variables a introducir en la cartografía. Por lo tanto, para el estudio de caso con una escala 1:50.000 no considero factible una metodología que tenga en cuenta estas dos variables.

Para la evaluación de un riesgo natural se miden tres componentes: peligrosidad natural, susceptibilidad y vulnerabilidad. Concretamente, en este estudio se ha trabajado la *peligrosidad* mediante el periodo de retorno de 500 años de los principales cursos fluviales y la *susceptibilidad* teniendo en cuenta criterios geomorfológicos, que suman a las zonas inundables con T=500 otras por su morfología de desagüe, por tener materiales impermeables y teniendo en cuenta las inundaciones históricas (estudios hidro-climáticos).

Estos criterios con los que se definen los conceptos tanto de *peligrosidad* como de *susceptibilidad* han sido definidos por el trabajo realizado por Servicios y Proyectos del Ebro S.A. (2011), empresa subcontratada por el Gobierno de Aragón para la realización de la cartografía de susceptibilidad de algunos fenómenos naturales, y con la que se ha de trabajar como información de partida.

Mientras que para evaluar la *vulnerabilidad*, se ha prestado atención a la ubicación de la población en las zonas definidas en el mapa de susceptibilidad de riesgo por inundación. Se ha estudiado el uso de suelo, con los consecuentes rasgos poblacionales que lleva implícita cada ocupación del espacio. Concretamente se ha examinado el uso y la clase del suelo en zonas urbanas, y los tipos de cultivos en las zonas agrícolas.

En definitiva, se ha intentado trabajar la vulnerabilidad atendiendo a aquellos elementos que la experiencia nos demuestra que son los más dañados por los desbordamientos de los ríos, siempre adaptado a las variables de las que disponemos de datos y a una escala de trabajo adecuada.

5. Metodología para la elaboración de cartografía de vulnerabilidad

5.1. Análisis de la problemática: escala e información disponible.

En el estudio de la vulnerabilidad no existe una metodología desarrollada concreta, es decir, no se establece con precisión qué características de la población y de sus actividades hay que valorar para estimar la vulnerabilidad. Por lo tanto, parte del dilema que plantea el desarrollo de esta metodología es definir qué aspectos socio-demográficos, de los que se disponga de información georreferenciada, se van a considerar.

En lo referente a la escala, el mejor escenario para trabajar con vulnerabilidad es el ámbito urbano, ya que los Planes Parciales pueden trabajar en su minimización. La susceptibilidad se estudia mediante las Directrices de Ordenación del Territorio y los Planes Hidrológicos de Cuenca, mientras que la vulnerabilidad ha de estudiarse a escala municipal, mediante Planes Generales de Ordenación Urbana.

Asimismo, ligado al estudio de la vulnerabilidad se asocia frecuentemente el problema de la falta de datos socio-demográficos a esta menor escala (municipal).

Sin embargo, al tratarse de un trabajo en el que se van a realizar los mapas de vulnerabilidad a partir de los de susceptibilidad, había que intentar que la escala fuese similar para una mejor combinación de ambos, que es de dónde deberían resultar los mapas finales de riesgo por inundaciones.

Los mapas de susceptibilidad han sido desarrollados por el Gobierno de Aragón, para evaluar la probabilidad de ocurrencia de fenómenos como las inundaciones, así como para los movimientos de ladera, los colapsos, los vientos fuertes, zonificando de esta manera el territorio aragonés según sea mayor o menor la vulnerabilidad frente a estos fenómenos. Esta cartografía está trabajada a una escala 1:50.000, por lo tanto, una vez desarrollada la metodología, se dispuso aplicarla a cuatro zonas a esta escala ya definida. El resultado fue una serie cartográfica sobre vulnerabilidad de riesgos por inundaciones para Calatayud, Monzón, Sabiñánigo y Villanueva de Gállego.

Dada la ausencia de datos sobre edad de la población, densidad por manzanas y valor monetario de las actividades económicas, se recurre al Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE) para definir diferentes rangos de vulnerabilidad. De esta capa de información se pueden intuir alguna de las características que nos gustaría evaluar, ya que lleva implícita información sobre el número de personas que suele albergar un

determinado uso de suelo, el tipo de población que puede estar vinculada a un equipamiento o el valor económico que pueda suponer la afección de una actividad económica concreta. Sirva de ejemplo, que a equipamientos educativos y recreativos va a estar vinculada población de corta edad especialmente vulnerable, o que va a afectar a un mayor número de personas una inundación en área residencial que en explotaciones agrícolas, o que la pérdida económica será mayor en áreas industriales que en cultivos de secano.

En estos primeros mapas (ver Anexos 1-5) apenas se aprecia diferenciación en las zonas urbanas, que son las más vulnerables, en tanto que son las áreas donde se encuentra el grueso de la población. La escala de trabajo adoptada finalmente es 1:10.000, ya que esta serie de mapas previos a escala 1:50.000 eran ineficientes al tratarse de una escala tan pequeña para tal propósito. Además la fiabilidad del SIOSE puede estar sujeta a error, en tanto que se trata del resultado de un proceso de fotointerpretación.

Dados estos inconvenientes, se opta por replantear tanto la escala como la información de partida para definir los rangos de vulnerabilidad, buscando información oficial que subsane esta deficiencia.

5.2. Recopilación de información

Desde diferentes portales que permiten la descarga de información geográfica, se seleccionan aquellas capas de información útiles para representar los aspectos más relevantes de la vulnerabilidad.

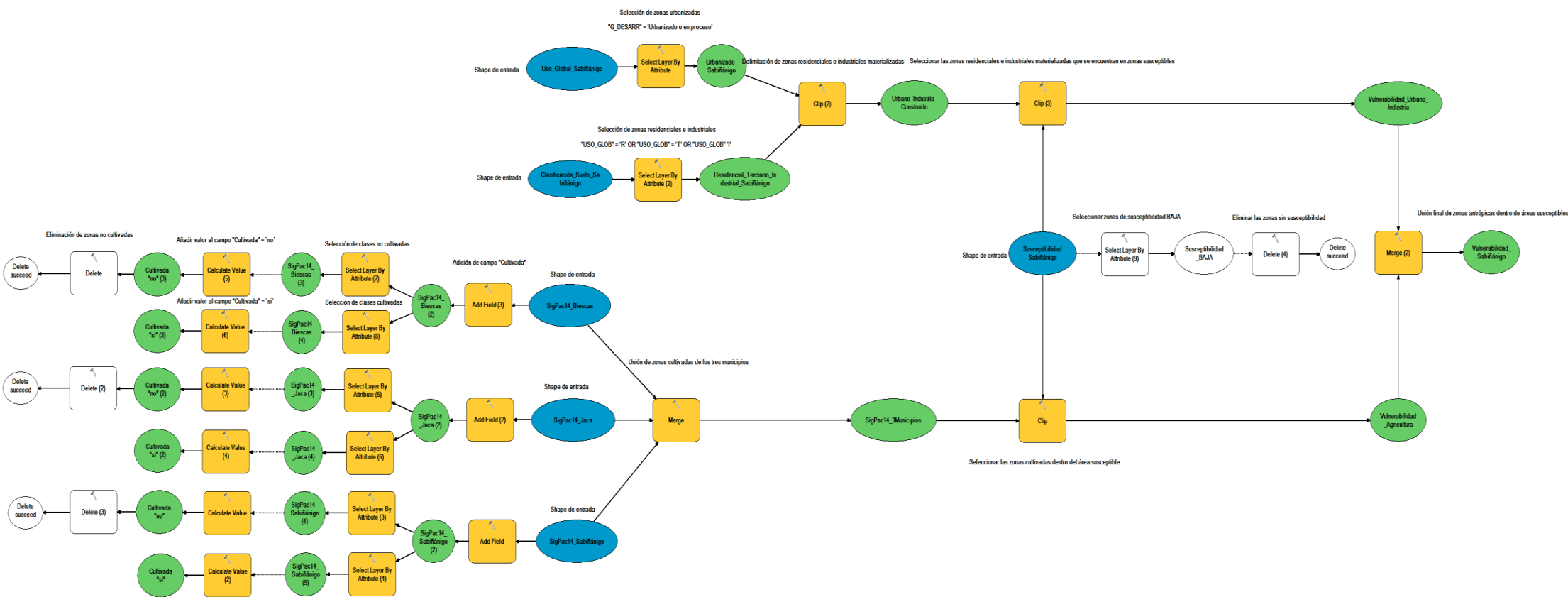
Información recopilada	Origen	Formato	Observaciones
OCUPACIÓN DEL SUELO			
Clasificación del suelo del término municipal de Sabiñánigo. Año 2013	SIUa: Sistema de Información Urbanística de Aragón	Shape	Extracción de información sobre el grado de desarrollo (urbanizado o en proceso)
Calificación del suelo del término municipal de Sabiñánigo. Año 2013	SIUa: Sistema de Información Urbanística de Aragón	Shape	Extracción de información sobre el uso global (residencial, terciario e industrial)
Parcelas declaradas por agricultores y ganaderos. Sabiñánigo, Biescas y Jaca. Año 2014	Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas	Shape	Extracción de información sobre su uso para cultivo
SUSCEPTIBILIDAD DE RIESGOS POR INUNDACIONES			
Mapa de susceptibilidad por riesgo de inundaciones 1:50.000 Sabiñánigo. Año 2011	IDEARAGON: Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón	Shape	Extracción de información sobre zonas con susceptibilidad moderada y alta. Revisada.
Información recopilada	Origen	Formato	Observaciones

INFORMACIÓN BASE			
Ortofotografía PNOA 2012	IGN: Instituto Geográfico Nacional	ECW	
BTN25: Base Topográfica Nacional 1:25.000 Hoja 177	IGN: Instituto Geográfico Nacional	Shape	Extracción de información sobre entidades de población, ríos y carreteras.
Límites administrativos	IDEARAGON: Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón	Shape	Límites administrativos nacionales, autonómicos, provinciales y municipales.

* Todas estas capas de información son de descarga directa en cada uno de los servidores, así como su tratamiento no requiere de ningún tipo de proceso de redefinición.

5.3. Generación de mapas de vulnerabilidad: modelo cartográfico

El trabajo cartográfico se ha elaborado mediante el programa ArcMap 10.1 de ESRI, por lo tanto, las funciones que a continuación se describen durante la explicación del modelo cartográfico son propias de este software.



Esta cartografía en concreto se realiza tomando como base la información que se ha elaborado para estimar la susceptibilidad por riesgo de inundaciones. Esta capa la re trabajamos extrayendo las zonas sin susceptibilidad, para lo cual realizamos la función "Select by attributes": susceptibilidad=baja y eliminamos esos espacios con la función "Delete".

Del Sistema de Información Urbanística de Aragón podemos extraer una capa de información sobre la calificación del suelo en el año 2013, con su correspondiente uso global, en este caso de municipio de Sabiñánigo que es con el que estamos trabajando.

Mediante la función "Select by attributes" e introduciendo el comando SQL: "USO_GLOB" = 'R' OR "USO_GLOB" = 'T' OR "USO_GLOB" 'I', van a quedar extraídas las zonas residenciales, industriales y con servicios terciarios, que es donde se va a localizar el grueso de la población y que por tanto son las más relevantes. Finalmente exportamos la capa con la selección anterior en Propiedades > Selection > Create Layer From Selected Features.



Figura 5: Zonas residenciales, industriales y terciarias.

Asimismo también este portal web nos proporciona una capa de información con la clasificación del suelo por municipios. Dentro de la misma, se diferencia según el grado de desarrollo, aquellas zonas urbanizadas o en proceso y aquellas otras cuyo proceso de construcción no se ha iniciado.

Es necesario, por tanto, seleccionar aquellas áreas materializadas donde existe un asentamiento real, y realizándose por tanto una exclusión de las áreas pendientes de materializar, y que no tienen una ocupación actual.

La función sigue siendo "Select by attributes" y el comando SQL: "G_DESARR" = 'Urbanizado o en proceso'. Y se exporta la capa de nuevo con la selección anterior en Propiedades > Selection > Create Layer From Selected Features.

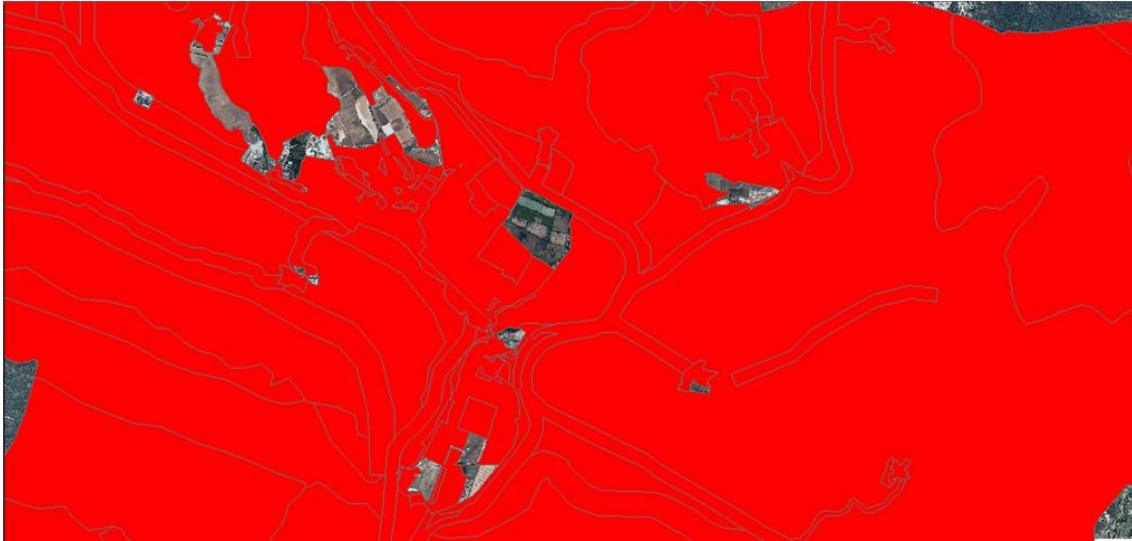


Figura 6: Zonas urbanizadas o en proceso, de manera que quedan excluidas aquellas que están sin urbanizar.

El objetivo de las selecciones realizadas en las dos capas de información anteriores es el cruce de las mismas, de manera que permita definir aquellas zonas ya urbanizadas con un uso residencial, terciario e industrial (Figura 7).

Se realiza mediante la función "Clip", en la que se introduce como Input Features la capa con las zonas de usos globales de suelo seleccionados y como Clip Features la capa con el grado de desarrollo seleccionado.



Figura 7: Zonas residenciales, industriales o terciarias ya urbanizadas.

Sin embargo, esta delimitación ha de corregirse con los límites que marca la capa de susceptibilidad de riesgo por inundaciones, de manera que consideremos las zonas urbanizadas residenciales, industriales o terciarias de los espacios con posibilidad de verse afectados por inundaciones.

De nuevo la función clip nos permite retocar los límites. Introducimos en Input Features la capa resultante del anterior clip y en Clip Features la capa de susceptibilidad descargada del IDEAragon.

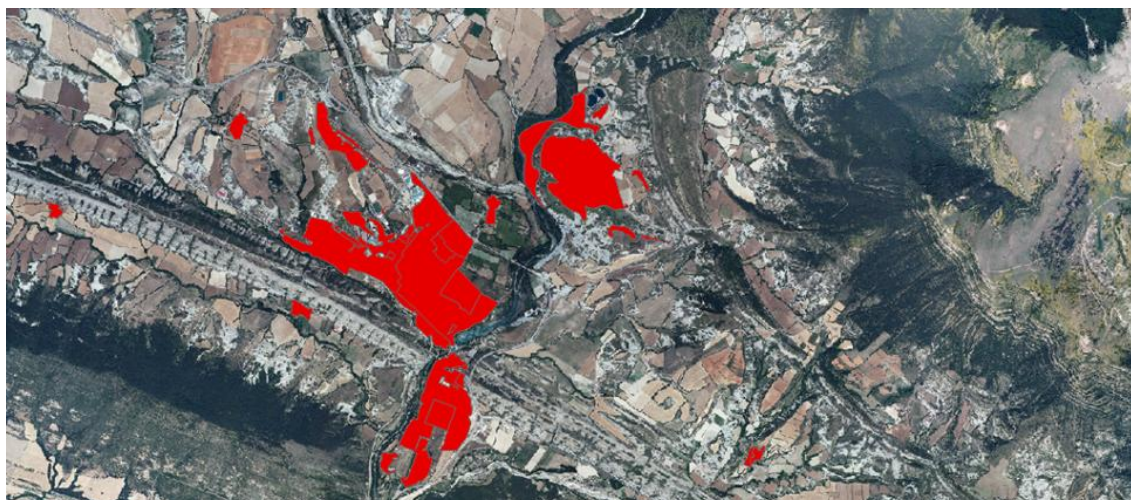


Figura 8: Zonas vulnerables de los ámbitos urbanos. Es decir, áreas residenciales, industriales o terciarias urbanizadas, enmarcadas dentro de las zonas susceptibles de riesgos por inundaciones.

En este punto del proceso cartográfico encontramos definidas las áreas vulnerables del ámbito urbano (Figura 8), pero sin embargo queda por estudiar las zonas agrícolas que serían vulnerables ante procesos de inundación.

Las capas de información de partida son las proporcionadas por el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas para los municipios de Sabiñánigo, Jaca y Biescas en el año 2014.

Para continuar con el proceso cartográfico es necesario realizar una reclasificación de los usos que se establecen y definir si se trata de espacios cultivados o no, y por lo tanto si existirían pérdidas económicas en caso de inundaciones.

USO_SIGPAC	CULTIVADA
AG Corrientes y Superficies de Agua	No
CA Viales	No
CI Cítricos	Si
ED Edificaciones	No
FL Asociación frutal de cáscara – Olivar	Si
FO Forestal	No
FS Frutal de cáscara	Si
FV Asociación frutal de cáscara – Viñedo	Si
FY Frutal	Si
IM Improductivos	No
IS Islas	Si
IV Invernaderos y Cultivos bajo Plástico	Si
OF Asociación Olivar – Frutal	Si
OV Olivar	Si
PA Pasto con Arbolado	No

PR Pasto Arbustivo	No
PS Pastizal	No
TA Tierra Arable	Si
TH Huerta	Si
VF Asociación Frutal – Viñedo	Si
VI Viñedo	Si
VO Asociación Olivar – Viñedo	Si
ZC Zona Concentrada no reflejada en Ortofoto	Si
ZU Zona Urbana	No
ZV Zona Censurada	No

Esta clasificación se refleja en un nuevo campo en las tablas de atributos de los datos del SigPac 2014 de los tres municipios, que se crea mediante la función "Add field" y se calcula mediante "Select by attributes": "USO_SIGPAC" = 'AG' OR "USO_SIGPAC" = 'CA' OR "USO_SIGPAC" = 'ED' OR "USO_SIGPAC" = 'FO' OR "USO_SIGPAC" = 'PA' OR "USO_SIGPAC" = 'PR' OR "USO_SIGPAC" = 'PS' OR "USO_SIGPAC" = 'ZU' para añadir su valor en "Calculate value": Cultivada = no, y se repite en mismo proceso con "Select by attributes": "USO_SIGPAC" = 'CI' OR "USO_SIGPAC" = 'FL' OR "USO_SIGPAC" = 'FS' OR "USO_SIGPAC" = 'FV' OR "USO_SIGPAC" = 'FY' OR "USO_SIGPAC" = 'IS' OR "USO_SIGPAC" = 'IV' OR "USO_SIGPAC" = 'OF' OR "USO_SIGPAC" = 'OV' OR "USO_SIGPAC" = 'TA' OR "USO_SIGPAC" = 'TH' OR "USO_SIGPAC" = 'UF' OR "USO_SIGPAC" = 'VI' OR "USO_SIGPAC" = 'VO' OR "USO_SIGPAC" = 'ZC' para añadir su valor en "Calculate value": Cultivada = no. Y es esta última selección la que se borra mediante la función "Delete". Con todo este proceso se seleccionan aquellas parcelas que durante el año 2014 estuvieron cultivadas, y que por tanto en caso de inundación conllevarían una pérdida económica.

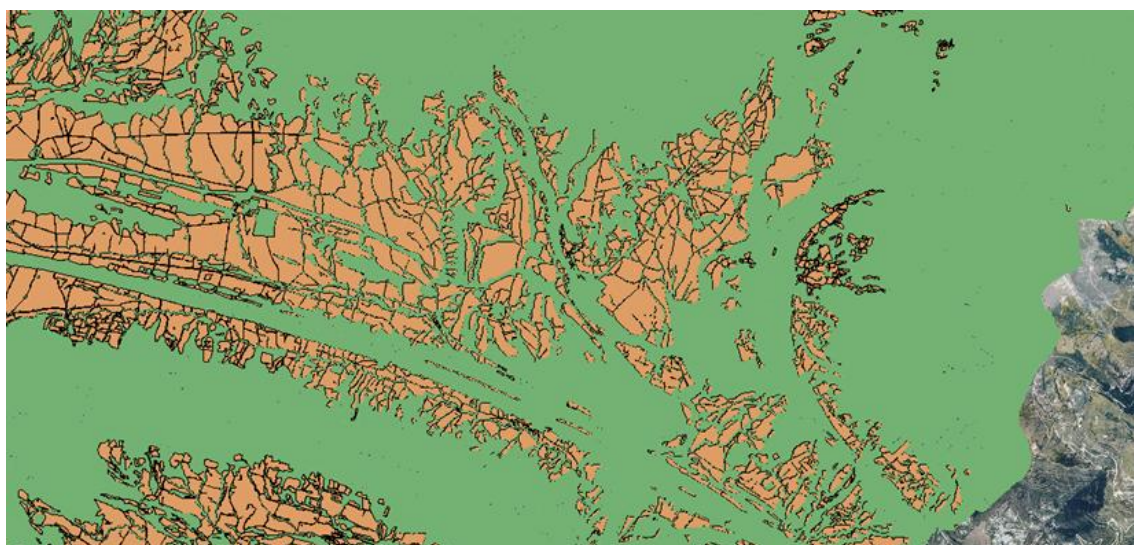


Figura 9: Zonas cultivadas (en naranja), según la PAC 2014.

Para que se tengan en cuenta sólo aquellas parcelas cultivadas que se encuentran dentro del área de susceptibilidad, es necesario realizar un clip. Como Input Features introducimos la capa con las parcelas cultivadas en 2014 y como Clip Features la capa de susceptibilidad de riesgo por inundaciones.

La combinación mediante la función "Merge" de esta última capa resultante y de la de vulnerabilidad de las zonas urbanas da como resultado la capa de información final sobre vulnerabilidad por riesgo de inundaciones en Sabiñánigo.

5.4. Validación de la información

Tras el desarrollo del modelo cartográfico y durante la fase de control de calidad, para la validación de los datos resultantes se ha de realizar un estudio pormenorizado de algunos errores resultantes del cruce de capas o de algunos otros derivados desde las capas de información de entrada.

Un problema proviene de las distintas escalas en las que han sido elaboradas las diferentes capas de información. Mientras que capas como las realizadas por Urbanismo o Agricultura tienen una precisión que bien podría definirse a una escala 1:1.000, los mapas de susceptibilidad han sido realizados a una escala 1:50.000, por lo tanto cuando se realiza un cruce de las mismas, los límites de las parcelas bien pueden verse cortados por los trazos realizados grosso modo por las capas de susceptibilidad de riesgo por inundaciones.

Otra de las correcciones que ha habido que realizar es la revisión de algunas zonas que como resultado del proceso cartográfico salen vulnerables, pero que sin embargo revisadas desde el Visor 3D del que se dispone en www.idearaon.aragon.es se aprecia que son morfologías que han quedado colgadas, y que por tanto no son susceptibles de inundación.

Tal es el caso de áreas como la urbanización de Las margas o los núcleos de Latas y Cartirana. La citada urbanización se encuentra sobre una terraza fluvial T2, pero sobreelevada del cauce unos 100 metros y los barrancos que le podrían generar problemas por inundaciones desaguan lateralmente a las construcciones.



Figura 10: Imagen de la urbanización Las Margas y su zona de golf sobre una alta terraza del río Gállego.

Fuente: www.Bernabad.com



Figura 11: Imagen de Las Margas Urbanización, desde un punto de vista cenital.

Fuente: www.bernabad.com

El núcleo de población de Latas todavía se localiza en una mejor disposición, por su posición a media ladera y alejada del torrente principal que excava unas enormes cárcavas hacia el sur.



Figura 12: Imagen de la urbanización Las Margas y el núcleo de Latas en la esquina suroriental.

Fuente: www.bernabad.com

Finalmente Senegüé, lo que es el casco antiguo, también se encuentra sobre un montículo que aleja toda posibilidad de susceptibilidad de riesgo por inundaciones, en este caso provenientes del barranco con dirección noroeste que desagua próximo al núcleo.

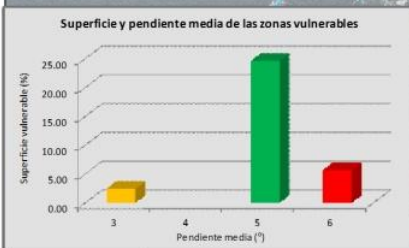
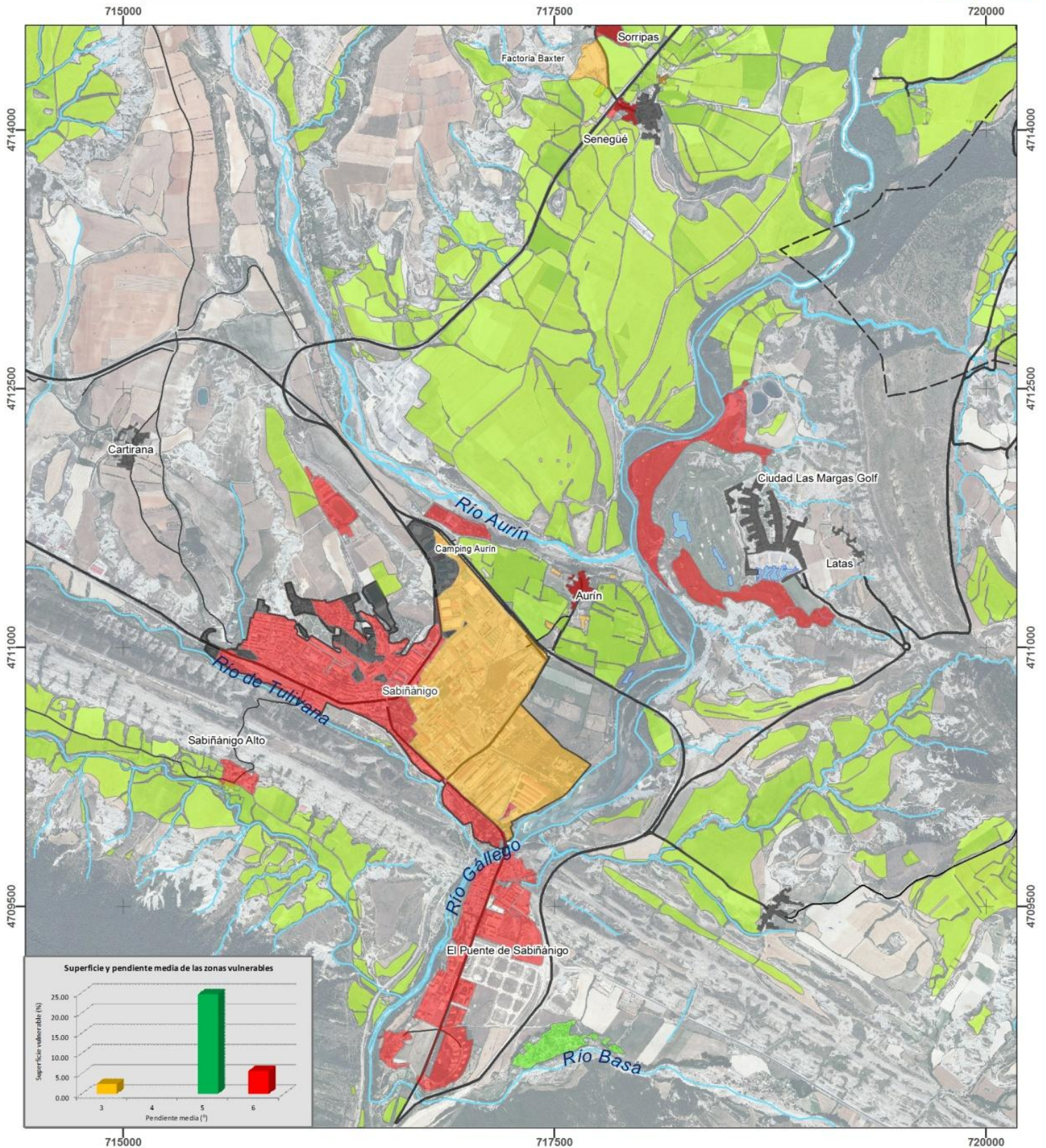


Figura 13: Imagen aérea de los núcleos de Senegüé y Sorripas, así como la industria Baxter.
Fuente: www.diariodelaltoaragon.es

6. Resultados cartográficos

El resultado final de todo el proceso precedente es un mapa de vulnerabilidad de riesgo por inundaciones en Sabiñánigo.

Sabiñánigo es un municipio intrapirenaico situado en la orilla derecha del río Gállego a su salida del Valle de Tena a 780 msnm, cuyo entorno está constituido por una serie de barrancos de montaña, así como el núcleo se encuentra encuadrado por tres ríos con régimen nival.



SIGNOS CONVENCIONALES

- Núcleos de población
- Término municipal
- Hidrografía
- Masas de agua
- Red de carreteras
- Autopistas y Autovías
- Carretera Nacional
- Otras

VULNERABILIDAD DE RIESGO

- ALTA - Zonas urbanas
- MODERADA - Zonas industriales
- BAJA - Zonas agrícolas



METODOLOGÍA:

Delimitación cualitativa a partir de las zonas susceptibles de riesgos por inundaciones. En las zonas urbanas se tienen en cuenta espacios con usos (residencial, industrial y terciario) y clasificación (urbano materializado) determinados. Mientras que en las zonas agrícolas se consideran aquellos campos cultivados en el año 2014.



0 250 500 1
m
Escala aproximada 1:10.000

Origen de longitudes: meridiano de Greenwich
Proyección: UTM. Huso 30 Norte.
Elipsoide internacional.
Sistema de Referencia Terrestre Europeo 1989 (ETRS89)

FECHA DE ELABORACIÓN: AÑO 2015

Propietario: Centro de Información Territorial de Aragón - Gobierno de Aragón

Asistencia Técnica: Silvia Vázquez Catalán

Fuentes de Información: SIUa, IDEARagón (bases cartográficas y ortofotos de 2012), IGN, CHE, SigPac 2014
Guía Metodológica para la Elaboración de Cartografía de Riesgos Naturales en España
Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables

Uso de la información:
Ordenación del territorio
Planificación de actuaciones de protección civil
Planificación de actividades

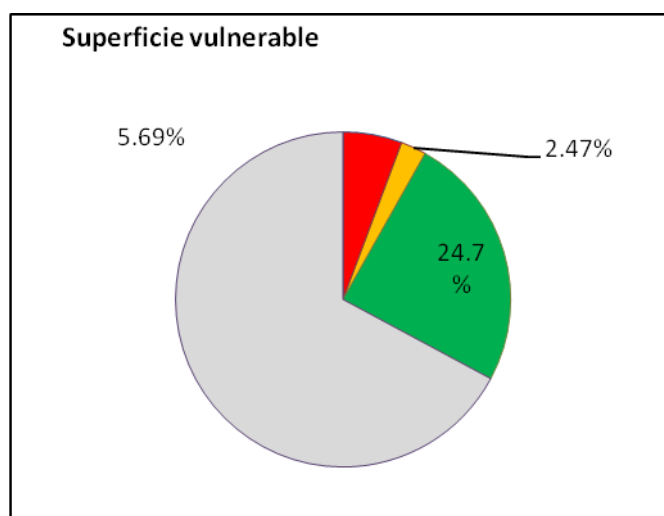
Se han definido tres rangos de vulnerabilidad: alta, correspondiente a la que se encontraría en las zonas urbanas; moderada, localizada en las zonas industriales; y baja, para las zonas agrícolas.

Aunque así lo pueda parecer, las clases de vulnerabilidad no se han definido por el tipo de uso que se hace en un espacio, sino por las características poblacionales que van asociadas a estos espacios. Si bien es cierto que no se trata de unos rangos aplicables a cualquier espacio, ya que se podrían dar situaciones en las que un polígono industrial, por ejemplo, albergara más población que un núcleo urbano.

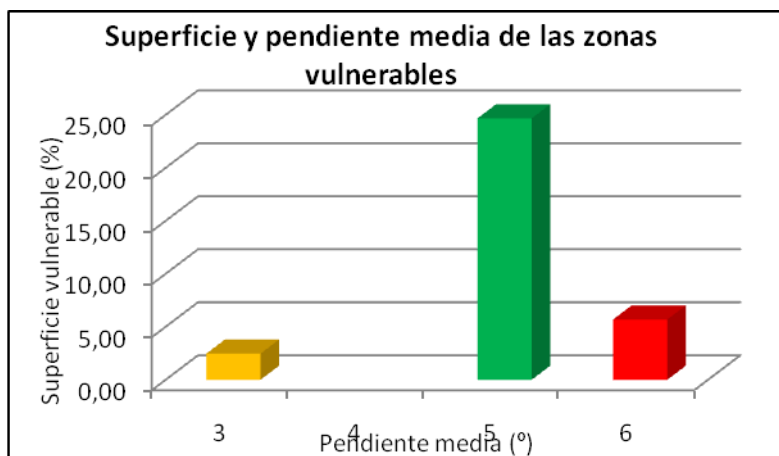
En el espacio estudiado esto no llega a ocurrir, por lo tanto, se trata de una clasificación adecuada. Además es una diferenciación adaptada a los datos disponibles, en tanto que no existe dato poblacional a escala de polígono catastral en Urbanismo.

La definición de tan sólo estos tres rangos viene condicionada por su aplicación en los estudios precedentes de susceptibilidad. Si se hubiese tratado de un estudio aislado, con el que luego no se tuviera que seguir trabajando para determinar las zonas de riesgo por inundaciones, quizás hubiese sido más conveniente diferenciar más rangos para estudiar los niveles de vulnerabilidad apreciando mayores contrastes, sin embargo había que adaptarse a estos estudios de susceptibilidad anteriormente desarrollados.

El resultado nos presenta un área de aproximadamente 36 km², con una pendiente media de 9°, una máxima de 49° y mínima de 0.03°, y un 32.86% del área estudiada localizada dentro de áreas vulnerables por riesgo de inundación.



Las zonas de vulnerabilidad baja, es decir, aquellas que coinciden con campos de cultivo, ocupan un 24.7% de la superficie estudiada, siendo el rango de vulnerabilidad que más porcentaje del ámbito de análisis supone; y tiene una pendiente media de 5°. Por su parte, las zonas de vulnerabilidad moderada ocupan tan sólo el 2.47% de la superficie analizada, pero la totalidad del suelo industrial de la zona. Su pendiente media es menor, ya que es del 3°. Finalmente, las zonas de mayor vulnerabilidad, es decir, las residenciales, ocupan un 5.69% del espacio analizado, pero su pendiente alcanza los 6°.



Los campos de cultivo con potencial riesgo de inundación se encuentran en zonas susceptibles, ya que son trabajados en áreas próximas a ríos y barrancos, por ser las zonas más llanas dentro de esta región de media montaña donde se realiza el estudio de caso, además de los beneficios que aporta para la fertilidad y la disponibilidad de agua en estas localizaciones concretas.

En lo referente a su vulnerabilidad, que es el objeto del estudio, se trata de espacios frágiles, en tanto que no son actividades con una infraestructura resistente que proteja la producción agrícola de una posible inundación. Sin embargo, son zonas en las que la concentración de población no es frecuente, por tanto el rango de vulnerabilidad se reduce notablemente, ya que las pérdidas económicas pueden ser importantes, pero no ocurre lo mismo con las vidas humanas.

La actividad industrial se concentra en la parte baja del núcleo de Sabiñánigo, entre los cursos fluviales del río Aurín y Gállego. La población que trabaja en este sector no sólo procede de Sabiñánigo, sino que atrae trabajadores de núcleos de toda la comarca, e incluso de comarcas vecinas como la Jacetania.

Se trata, por tanto, de un área especialmente vulnerable, por el elevado número de población que podría verse afectada, así como por el tipo de industria asentada. Las empresas del sector de la industria química se caracterizan por una elevada peligrosidad, en lo referente a los problemas ambientales que pueden derivar de una afección a sus instalaciones, como bien podría ser el caso de la contaminación del río Gállego por las filtraciones de un vertedero de lindano localizado en uno de los barrancos complementarios.

Finalmente, la ocupación residencial se ve calificada como susceptible por su localización en salidas de desagüe de vaguadas descendentes de las zonas de glaciares, en la zona del casco viejo de Sabiñánigo; y una localización en la llanura de inundación del Gállego, aguas abajo de la presa que tiene el mismo, en la urbanización El puente de Sabiñánigo. Se trata de unos espacios con un elevado número de población, y por tanto con una elevada vulnerabilidad, ya que se considera la afección a vidas y bienes humanos de primera necesidad.

7. Conclusiones

A través de la aplicación de esta metodología de cuantificación de vulnerabilidad, y su correspondiente cartografía, se pretende hacer uso de una herramienta de carácter aplicado en la ordenación territorial y la planificación ambiental, que tiene por objetivo principal prevenir afecciones a las personas o a los bienes originados por causas naturales. Es justamente esta capacidad predictiva, unida a la posibilidad de evaluar diferentes escenarios hipotéticos, lo que determina que este modelo de evaluación de riesgos sea una herramienta de indudable interés a la hora de llevar a cabo una ordenación territorial.

Es importante destacar que la elaboración de un mapa de riesgo es un documento "vivo" y requiere la actualización periódica que recoja las sucesivas modificaciones en los niveles de riesgo existente. En este sentido los sistemas de información geográfica son herramientas de incuestionable valor puesto que permiten integrar documentos de distinta escala, naturaleza y procedencia.

Es a través de la aplicación de esta metodología cualitativa de valoración de vulnerabilidad propuesta, desarrollada y validada en el sector central intrapirenaico, como se puede conocer la aptitud del medio para acoger los usos previstos, partiendo del hecho que las mejores condiciones son aquellas donde los riesgos potenciales son menores.

Por ello, a partir de los resultados obtenidos mediante la aplicación de esta metodología se puede justificar la no ocupación de espacios donde los riesgos superan un umbral de tolerancia admisible. La definición cartográfica de aquellas áreas con serios problemas de riesgos debe ser asumida por el planeamiento territorial, limitando los usos y actividades que en ellos se desarrollen.

La cuantificación de la vulnerabilidad mediante la aplicación de esta metodología puede entenderse como de carácter general, y puede requerir de estudios o modelos específicos de carácter complementario, capaces de definir con mayor rigor técnico y científico, determinados rasgos existentes en un territorio a ordenar. Esto se debe a que en ocasiones las fuentes documentales utilizadas como información de base para la aplicación de la metodología se encuentran sin actualización, haciendo desaconsejable su uso; o bien las existentes son a nivel de reconocimiento, aportando muy poca información a nivel local. Póngase de ejemplo la necesidad de realizar un minucioso estudio de campo para la zona de alta vulnerabilidad adjudicada al camping de Aurín, ya que aunque se plantea como una zona de vulnerabilidad elevada la realidad sobre el terreno podría reducirla a una vulnerabilidad baja, en tanto que se encuentre localizado en una terraza notablemente elevada sobre el cauce el río Aurín.

Finalmente, las ventajas y oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías de información espacial pueden aprovecharse para solventar las carencias de datos específicos, o bien para agilizar análisis que mediante las técnicas convencionales resultarían muy complejos.

Este proceso de creación de una metodología general para la evaluación de la vulnerabilidad por riesgos de inundaciones ha sido coordinado desde el Centro de Información Territorial de Aragón (actual Instituto Geográfico de Aragón), de la mano de Fernando López y Rafael Martínez, por la experiencia que presta este servicio público en el desarrollo de

cartografía para la toma de decisiones. Durante este periodo de prácticas se me ha permitido trabajar en un proceso de creación y decisión individual, que posteriormente es presentada a los técnicos, quienes corrigen, matizan y aceptan, en un proceso jerárquico de aprendizaje. Asimismo considero que ha existido una adecuación muy buena, en tanto que todas las tareas/objetivos previstos se han ido realizando en el tiempo previsto y ha dado como resultado final la salida de un mapa que plasma la metodología definida en los primeros pasos.

El proyecto ha estado condicionado por una serie de elementos definidos previamente. El objeto de trabajo es la transformación de los mapas de susceptibilidad de riesgo por inundaciones, elaborados con anterioridad por el Gobierno de Aragón, a una cartografía de vulnerabilidad, que considere los aspectos socioeconómicos de esas áreas ya definidas, lo que supone una premisa a tener en cuenta.

La principal dificultad es la de homogeneizar el uso de conceptos en lo que a elementos del *riesgo* se refiere, ya que existe una confusa utilización de los mismos en todos los trabajos consultados de esta línea temática. Por lo tanto, la definición de un claro concepto de *vulnerabilidad*, así como de los otros componentes del riesgo, se considera prioritaria para determinar las variables poblacionales y demográficas que se van a contemplar para el estudio de la vulnerabilidad de riesgo por inundaciones en el área de estudio seleccionada.

Se suma a ese obstáculo la inexistencia de datos demográficos y económicos a la escala local, que es la idónea para realizar un buen análisis de la vulnerabilidad mediante Planes Generales de Ordenación Urbana. Por ello, tanto las características y densidad de población, como el valor económico de las diferentes áreas, se ha extraer de los distintos usos y ocupaciones del suelo que se haga del territorio. Por ejemplo, a equipamientos educativos y recreativos va a estar vinculada población de corta edad especialmente vulnerable, o que va a afectar a un mayor número de personas una inundación en área residencial que en explotaciones agrícolas, o que la pérdida económica será mayor en áreas industriales que en cultivos de secano.

Consecuentemente, en Sabiñánigo, el área de estudio analizada, las diferentes zonas de vulnerabilidad alta, moderada y baja se identifican con un uso de suelo concreto; lo cual no significa que cada actividad desarrollada en el territorio presente un grado de vulnerabilidad específico por el tipo de actividad que es, sino por las características poblacionales que están asociadas a ellas, así como su localización concentrada según el tipo de uso de suelo. Por lo tanto, tal vinculación no puede generalizarse para todos los espacios, sino que debe adaptarse a las características de las diferentes zonas de aplicación. En el contexto de Aragón, en Zaragoza por ejemplo ya esta asociación uso-vulnerabilidad cambiaría.

Este proyecto puede ser el germen de una serie cartográfica que apoye las decisiones en materia de Ordenación del territorio, concretamente para la gestión de planes de emergencia y prevención de riesgos por inundaciones.

Pero, sin duda, este trabajo se trata de un primer paso, pues se ha de seguir trabajando en el estudio de los componentes del riesgo, para terminar de configurar una cartografía, que sea vinculante y permita planificar estos eventos hidrológicos tan frecuentes.

8. Bibliografía

- AGUIRRE MURÚA, G. (2005): *La valoración de los riesgos en la ordenación del territorio: metodología práctica*. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, Nº 4, págs. 393-405.
- AQUINO, A. (2008): *Reducir vulnerabilidad un objetivo explícito de los procesos de desarrollo*. Reunión consultiva regional de plataformas nacionales de reducción de riesgo de desastres y dialogo sobre adaptación al cambio climático (Panamá, 20 al 21 Octubre).
- AYALA-CARCEDO, F.J. (2000): *La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico-administrativo de evaluación de riesgos para la población*. Boletín de la A.G.E Nº 30. Págs. 37-49.
- BALICA, S y WRIGHT, N.G. (2010): *Reducing the complexity of the flood vulnerability index*. Environmental Hazards, 9:4, 321-339.
- BAYO, N.; E. CHICHARRO y A. GALVE (1995): *Aspectos teóricos en la medición de los impactos en el medio social de los residuos tóxicos y peligrosos*. Serie Geográfica 5: 69-96.
- BESCÓS, A. y CAMARASA, A.M. (2004): *La creciente ocupación antrópica del espacio inundable y el aumento de la vulnerabilidad en las poblaciones del Bajo Arga (Navarra)*. Boletín de la A.G.E. Nº 37 - 2004, págs. 101 - 117.
- BIRKMANN, J. (2007): *Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications*. Environmental Hazards 7-2007: 20-31.
- BIRKMANN, J. y N. FERNANDO (2008): *Measuring revealed and emergent vulnerabilities of coastal communities to tsunami in Sri Lanka*. Disasters 32-1: 82-105.
- CAMARASA et al. (2008): *Cartografía de vulnerabilidad frente a inundaciones en llanos mediterráneos. Caso de estudio del barranc de Carraixet y rambla de Poyo*. Serie Geográfica - Profesora María de los Ángeles Díaz Muñoz, I.M. Número 14: 75 - 91.
- CARDONA, O.D. (2005): *Indicators of disaster risk and risk management. Main technical report*. IDB/IDEA Program of Indicators for Disaster Risk Management. National University of Colombia, Manizales.
- DGEDGE, G.S. (2004): *El riesgo de inundación en el Bajo Limpopo (Mozambique)*. Tesis doctoral (inédita). Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá de Henares.
- DÍAZ, M.A. y DÍAZ, C. (2002): *El análisis de la vulnerabilidad en la cartografía de riesgos tecnológicos. Algunas cuestiones conceptuales y metodológicas*. Serie Geográfica 10: 27-42.
- DÍAZ MUÑOZ, M.A. y DÍAZ CASTILLO, C. (2002): *El análisis de la vulnerabilidad en la cartografía de riesgos tecnológicos. Algunas cuestiones conceptuales y metodológicas*. Serie Geográfica Nº10, 27 - 41.

- DILLEY, M.; R.S. CHEN; U. DEICHMANN; A. LERNERLAM y M. ARNOLD (2005): *Natural Disaster Hotspots. A Global Risk Analysis*. The World Bank. Washington DC., Hazard Management Unit.
- FIGUERA, J.R., et al. (2007): *Aplicación de los SIG para la gestión de datos de inundaciones históricas en Extremadura (SIGHEX)*. Revista Mapping, ISSN 1131-9100, Nº 115, págs. 10-13.
- KARMAKAR et al. (2010): *An Information System for Risk-Vulnerability Assessment to Flood*. Journal of Geographic Information System, 2, 129 - 146.
- MARSKREY, A. -ed.- (1993): *Los desastres no son naturales*. Colombia, La RED: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- RIBERA MASGRAU, LL (2004). *Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas*. Doc. Anàl. Geogr. 43, 153-171.
- OLCINA CANTOS, J. (2004): *Riesgo de inundaciones y ordenación del territorio a escala local. El papel del planeamiento urbano municipal*. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, ISSN 0212-9426, Nº 37 (Ejemplar dedicado a: Agua y Ciudad), págs. 49-84.
- OLLERO OJEDA, A. (2014): *Guía metodológica sobre buenas prácticas en gestión de inundaciones . Manual para gestores*. Proyecto Sud'eau2 del Programa de Cooperación Territorial del Espacio Sudoeste Europeo (SUOE).
- ONU/EIRD (2005): *Marco de acción de Hyogo 2005-2015*. Secretaría de la Estrategia Internacional de la ONU para la Reducción de los Desastres. Ginebra. (Disponible en la web: www.unisdr.org)
- RODRÍGUEZ, V.M. (2008): *Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la actividad de las Organizaciones no Gubernamentales de Desarrollo*. Tesis doctoral (inédita). Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá de Henares.
- RUIN et al. (2009): *Human Vulnerability to flash floods: Addressing physical exposure and behavioural questions*. Flood Risk Management: Research and Practice - Samuel et al. (eds). Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-48507-4.
- SAINT-MICHEL, M. (2007-2008): *Analyse des enjeux et de la vulnérabilité au risque d'inondation du fleuve Charante: l'exemple de Saintes*. (ENGES) Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg.
- SERVICIOS Y PROYECTOS DEL EBRO S.A. (2011): *Elaboración de los mapas de susceptibilidad de movimientos de ladera, colapsos, vientos fuertes e inundaciones esporádicas de Aragón*. GOBIERNO DE ARAGÓN-Departamento de Política territorial e interior.
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE: *Introducción y síntesis del marco de vulnerabilidad y adaptación*. Taller de entrenamiento en evaluación de la vulnerabilidad y la adaptación.

UN/ISDR (2004): *Living with Risk*. A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. Geneva.

VAN WESTEN, C.: *Introducción a los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo*. Instituto Internacional de Ciencias de la Geo-Información y Observación de la Tierra. Proyecto UNESCO-RAPCA.

ZAVALA, P. (2002): *Análisis espacial de la vulnerabilidad sísmica aplicando SIG y teledetección: el caso de la ciudad de Arica*. Tesis doctoral (inédita). Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá de Henares.

9. Anexos

MAPA DE VULNERABILIDAD DE RIESGOS POR INUNDACIONES EN EL TERRITORIO DE ARAGÓN

		117	118				
		143	144	145	146	147	148
	174	175	176	177	178	179	180
	207	208	209	210	211	212	213
	245	246	247	248	249	250	251
281	282	283	284	285	286	287	288
319	320	321	322	323	324	325	326
351	352	353	354	355	356	357	358
380	381	382	383	384	385	386	387
408	409	410	411	412	413	414	415
436	437	438	439	440	441	442	443
463	464	465	466	467	468	469	470
	490	491	492	493	494	495	496
	515	516	517	518	519	520	521
	540	541	542	543	544		
	565	566	567	568	569		
	588	589	590	591	592		
	612	613	614				
	638	639					

SIGNOS CONVENCIONALES

- Núcleos de población
- Términos Municipales
- Hidrografía
- Masas de agua
- Red de Carreteras
- Autopistas y Autovías
- Carretera Nacional
- Otras

VULNERABILIDAD DE RIESGO

- ALTA - Zonas urbanas
- MEDIA - Zonas industriales
- BAJA - Zonas agrícolas

METODOLOGÍA:

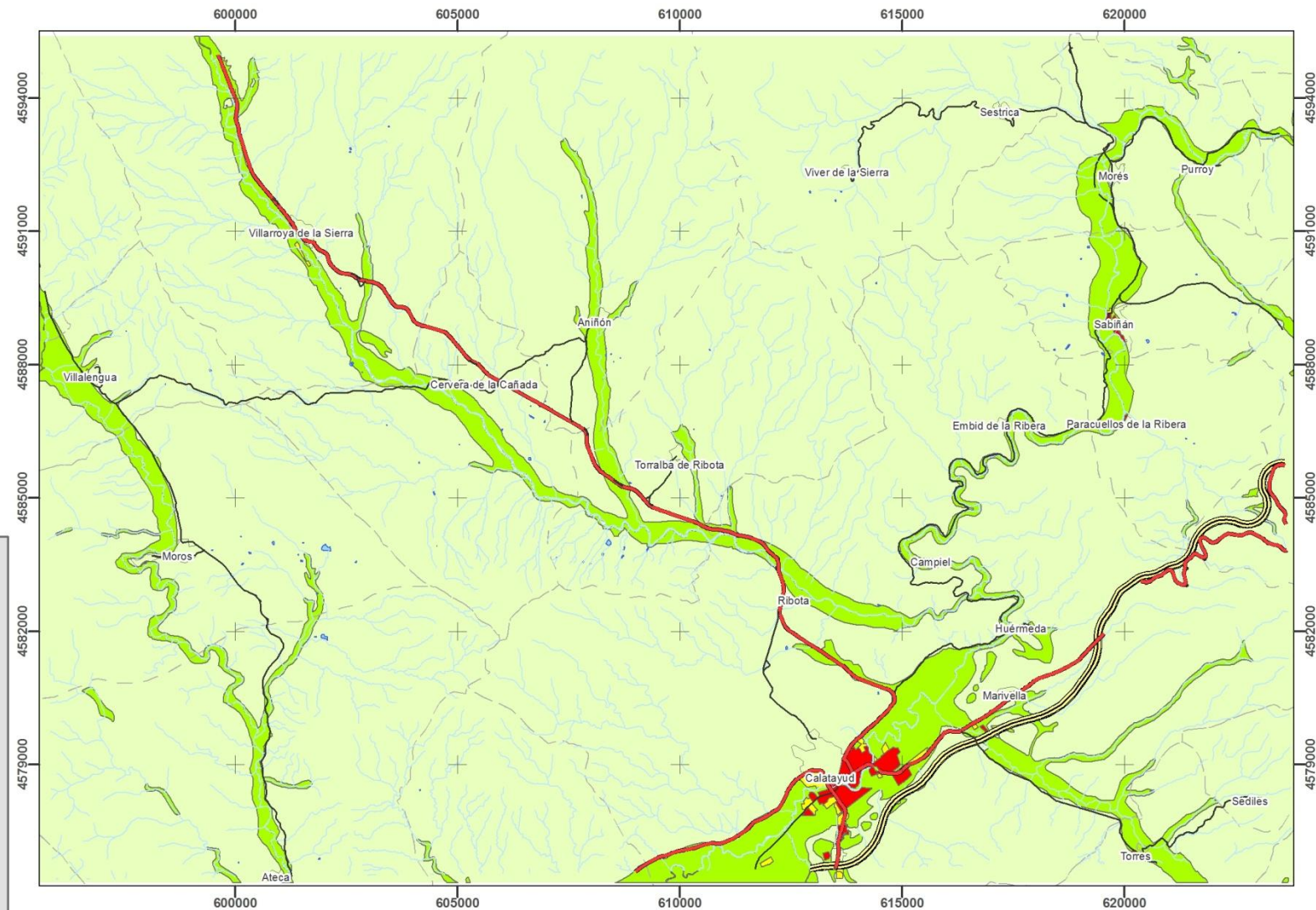
Delimitación cualitativa a partir de las zonas susceptibles mediante usos y ocupación del suelo.

USO DE LA INFORMACIÓN:

- Ordenación del territorio
- Planificación de actuaciones de protección civil
- Planificación de actividades

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:

- Guía Metodológica para la Elaboración de Cartografía de Riesgos Naturales en España
- Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables



0 1 2 4 6 8 km

Origen de longitudes: meridiano de Greenwich
Proyección: UTM. Huso 30 Norte.
Elipsoide internacional.
Sistema de Referencia Terrestre Europeo 1989 (ETRS89)

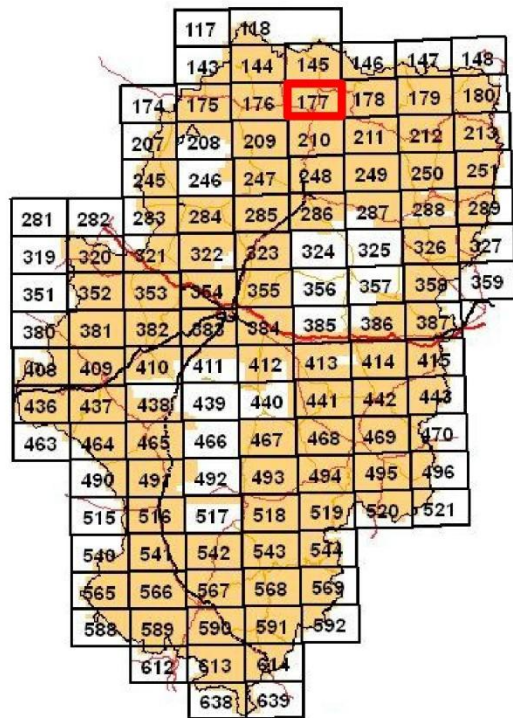
FECHA DE ELABORACIÓN: AÑO 2015

Propietario: Centro de Información Territorial de Aragón - Gobierno de Aragón

Asistencia Técnica: Silvia Vázquez Catalán

Fuentes de Información: SIUA, SITAR, IGN, CHE

MAPA DE VULNERABILIDAD DE RIESGOS POR INUNDACIONES EN EL TERRITORIO DE ARAGÓN



SIGNOS CONVENCIONALES

- Núcleos de población
- Términos Municipales
- Hidrografía
- Masas de agua
- Red de Carreteras
 - Autopistas y Autovías
 - Carretera Nacional
 - Otras

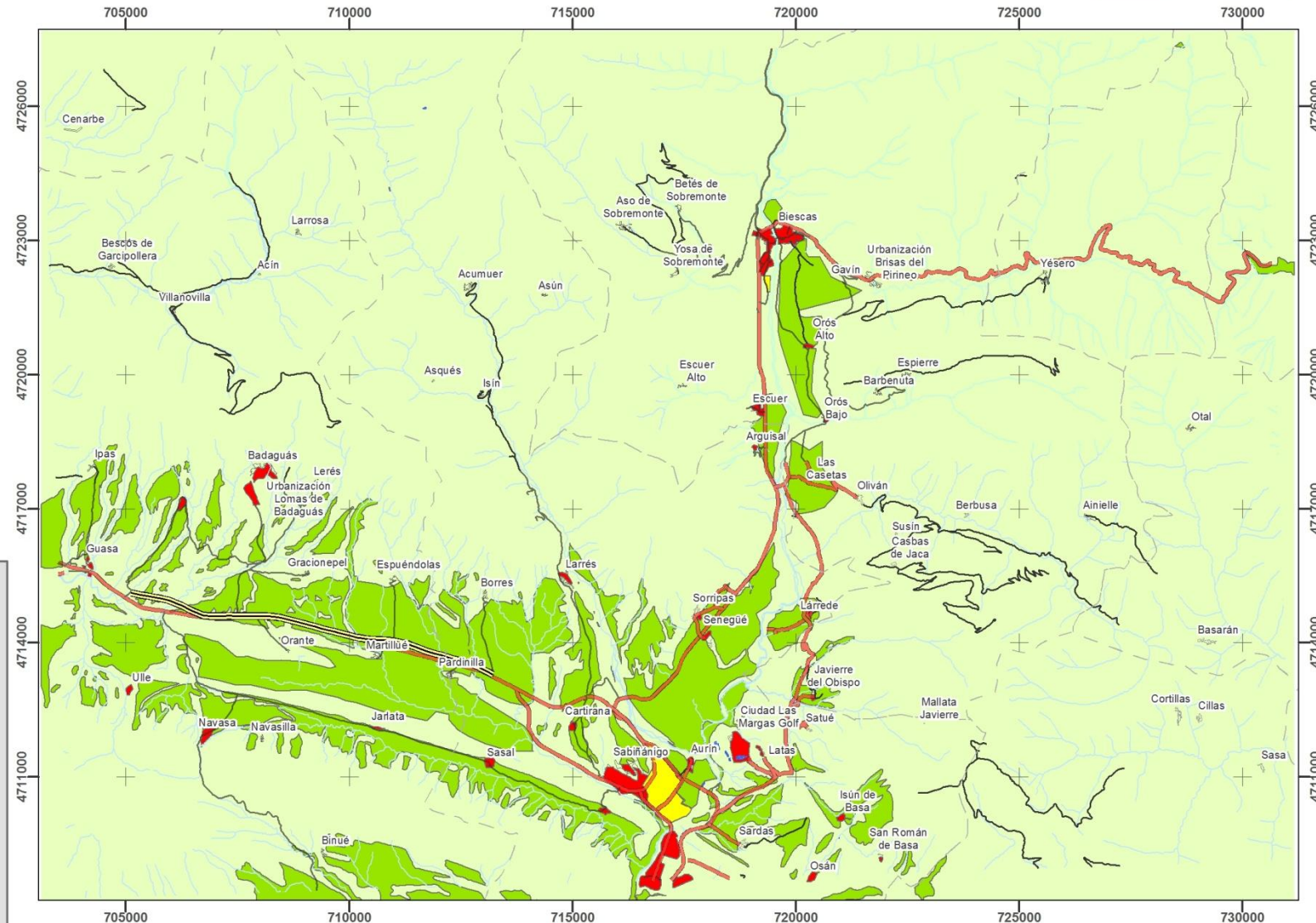
VULNERABILIDAD DE RIESGO

- ALTA - Zonas urbanas
- MEDIA - Zonas industriales
- BAJA - Zonas agrícolas

METODOLOGÍA:
 Delimitación cualitativa a partir de las zonas susceptibles mediante usos y ocupación del suelo.

USO DE LA INFORMACIÓN:
 Ordenación del territorio
 Planificación de actuaciones de protección civil
 Planificación de actividades

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:
 Guía Metodológica para la Elaboración de Cartografía de Riesgos Naturales en España
 Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables



0 1 2 4 6 8 km

Origen de longitudes: meridiano de Greenwich
 Proyección: UTM. Huso 30 Norte.
 Elipsoide internacional.
 Sistema de Referencia Terrestre Europeo 1989 (ETRS89)
FECHA DE ELABORACIÓN: AÑO 2015

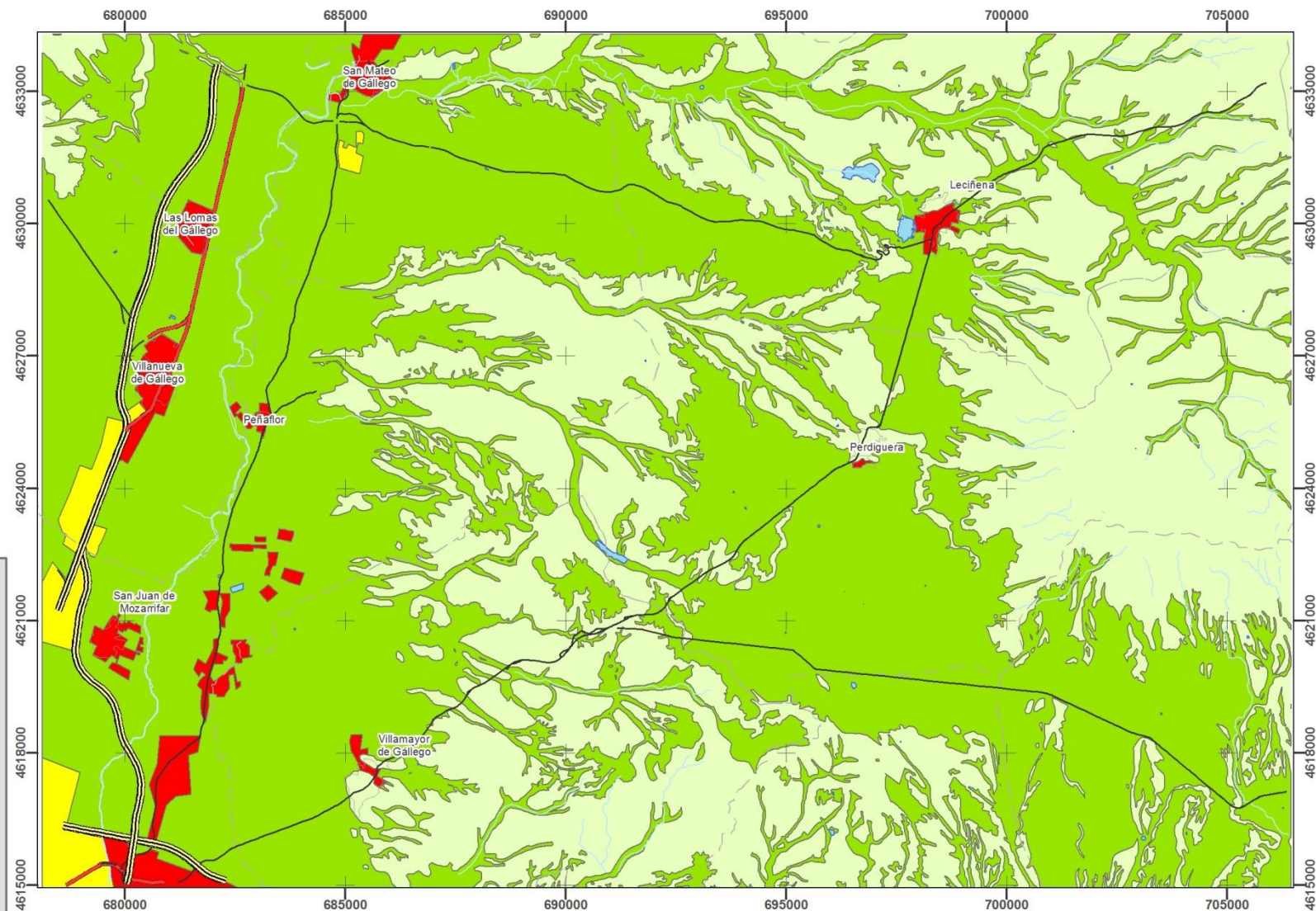
Propietario: Centro de Información Territorial de Aragón - Gobierno de Aragón

Asistencia Técnica: Silvia Vázquez Catalán

Fuentes de Información: SIUA, SITAR, IGN, CHE

MAPA DE VULNERABILIDAD DE RIESGOS POR INUNDACIONES EN EL TERRITORIO DE ARAGÓN

	117	118							
	143	144	145	146	147	148			
	174	175	176	177	178	179	180		
	207	208	209	210	211	212	213		
	245	246	247	248	249	250	251		
281	282	283	284	285	286	287	288	289	
319	320	321	322	323	324	325	326	327	
351	352	353	354	355	356	357	358	359	
380	381	382	383	384	385	386	387		
408	409	410	411	412	413	414	415		
436	437	438	439	440	441	442	443		
463	464	465	466	467	468	469	470		
	490	491	492	493	494	495	496		
	515	516	517	518	519	520	521		
	540	541	542	543	544				
	565	566	567	568	569				
	588	589	590	591	592				
	612	613	614						
		638	639						



SIGNOS CONVENCIONALES

- Núcleos de población
- Términos Municipales
- Hidrografía
- Masas de agua
- Red de Carreteras
- Autopistas y Autovías
- Carretera Nacional
- Otras

VULNERABILIDAD DE RIESGO

- ALTA - Zonas urbanas
- MEDIA - Zonas industriales
- BAJA - Zonas agrícolas

METODOLOGÍA:

Delimitación cualitativa a partir de las zonas susceptibles mediante usos y ocupación del suelo.

USO DE LA INFORMACIÓN:

- Ordenación del territorio
- Planificación de actuaciones de protección civil
- Planificación de actividades

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:

- Guía Metodológica para la Elaboración de Cartografía de Riesgos Naturales en España
- Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables



0 1 2 4 6 8 km

Origen de longitudes: meridiano de Greenwich

Proyección: UTM, Huso 30 Norte.

Elipsóide internacional.

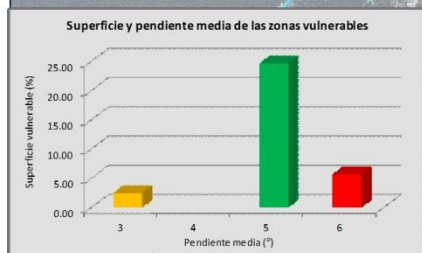
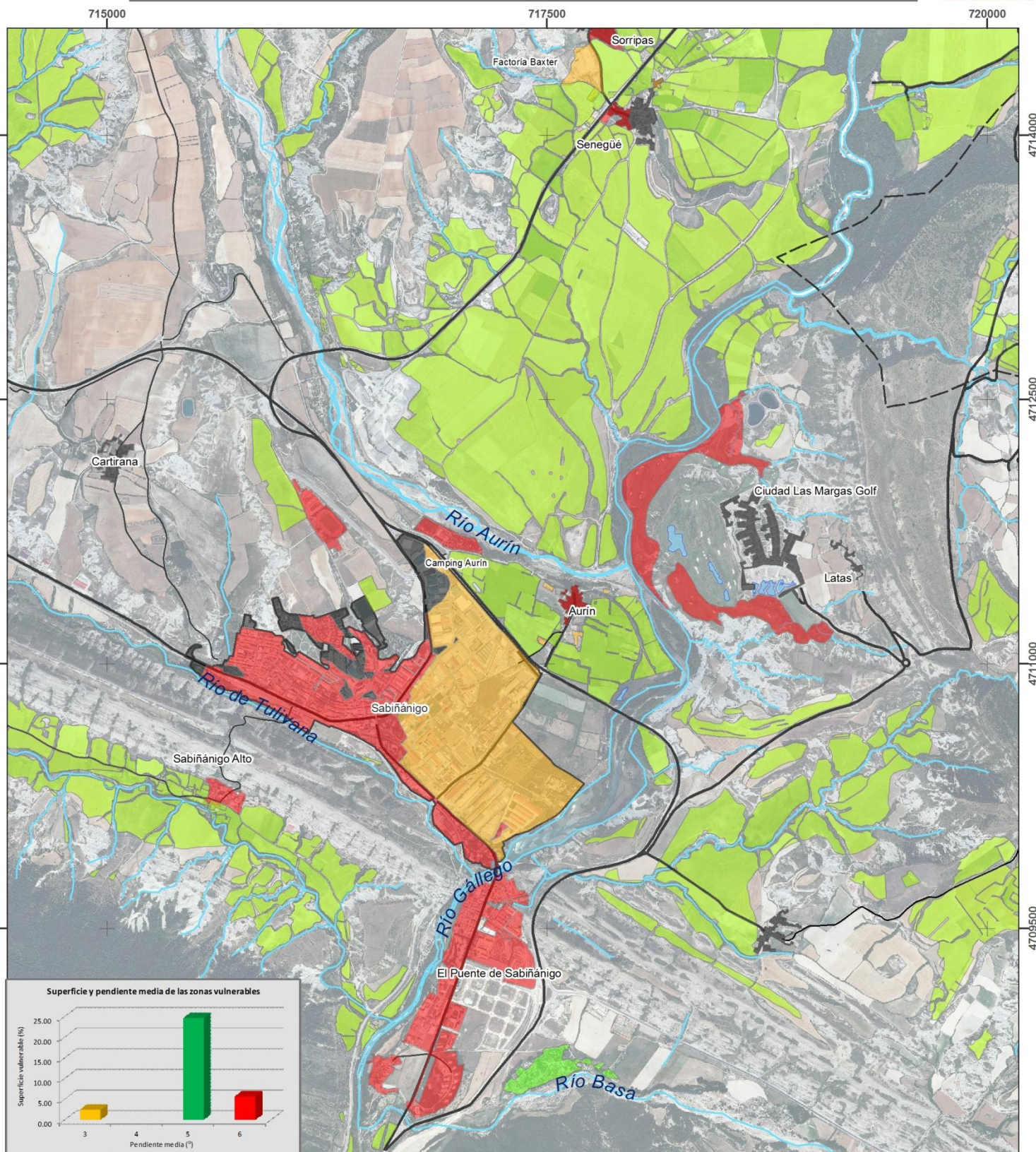
Sistema de Referencia Terrestre Europeo 1989 (ETRS89)

FECHA DE ELABORACIÓN: AÑO 2015

Propietario: Centro de Información Territorial de Aragón - Gobierno de Aragón

Asistencia Técnica: Silvia Vázquez Catalán

Fuentes de Información: SIUa, SITAR, IGN, CHE



SIGNOS CONVENCIONALES

- Núcleos de población
- Término municipal
- Hidrografía
- Masas de agua
- Red de carreteras
- Autopistas y Autovías
- Carretera Nacional
- Otras

VULNERABILIDAD DE RIESGO

- ALTA - Zonas urbanas
- MODERADA - Zonas industriales
- BAJA - Zonas agrícolas



METODOLOGÍA:

Delimitación cualitativa a partir de las zonas susceptibles de riesgos por inundaciones. En las zonas urbanas se tienen en cuenta espacios con usos (residencial, industrial y terciario) y clasificación (urbano materializado) determinados. Mientras que en las zonas agrícolas se consideran aquellos campos cultivados en el año 2014.

FECHA DE ELABORACIÓN: AÑO 2015

Propietario: Centro de Información Territorial de Aragón - Gobierno de Aragón

Asistencia Técnica: Silvia Vázquez Catalán

Fuentes de Información: SIUA, IDEAragón (bases cartográficas y ortofotos de 2012), IGN, CHE, SigPac 2014, Guía Metodológica para la Elaboración de Cartografía de Riesgos Naturales en España, Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables

Uso de la información:

- Ordenación del territorio
- Planificación de actuaciones de protección civil
- Planificación de actividades

MEMORIA DE PRÁCTICAS

Institución: Gobierno de Aragón. Departamento de Política Territorial e Interior. Dirección General de Ordenación del Territorio. Centro de Información Territorial de Aragón (actual Instituto Geográfico de Aragón, según una resolución del BOA del 12 de Mayo de 2015).

Duración de la práctica: 125 horas, del 16 de Febrero al 24 de Marzo de 2015, de Lunes a Viernes, 5 horas diarias.

Tutor de la empresa: Fernando López Martín, Director del Centro de Información Territorial de Aragón, y Rafael Martínez Cebolla, facultativo superior especialista.

1. Las prácticas en el contexto de la empresa

El Instituto Geográfico de Aragón es un servicio público de apoyo a ciudadanos y otras administraciones en todo lo relacionado con la información y documentación sobre ordenación del territorio aragonés. Se estructura en las áreas de Documentación y Cartografía. Esta última es la que gestiona la creación de cartografía básica, derivada y temática, y la difunde y publica mediante una aplicación cartográfica como es la Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón (IDEAragón).

La tarea fundamental es gestionar y ayudar al sector público en la mejora de la toma de decisiones, ya sean sectoriales o estratégicas dentro del territorio aragonés.

En este contexto de obtención, tratamiento y difusión de información geográfica que sirva de base para la elaboración de propuestas, se enmarca el proyecto de producción de una cartografía sobre zonas vulnerables de riesgo por inundaciones, aplicado en este caso al núcleo de Sabiñánigo (Huesca).

El contenido de las prácticas está relacionado con la ordenación del territorio, y más concretamente con la gestión de planes de emergencia y prevención de riesgos, mediante su correspondiente producción cartográfica con documentación a partir de Sistemas de Información Geográfica.

Objetivos de la práctica y las tareas realizadas

El objeto de las prácticas ha sido el planteamiento de una metodología para la elaboración de cartografía de vulnerabilidad de riesgo por inundaciones a partir de su homónima de susceptibilidad. Así como su aplicación a un área de estudio.

El primer paso, por tanto, es la **definición del concepto de vulnerabilidad**, un término cuyos elementos a considerar en muchas ocasiones encontramos confusos en el campo de los riesgos naturales. Por ello se realizó la lectura de artículos y manuales que trabajan diferentes metodologías y áreas de aplicación, a raíz de los cuales es posible extraer unas ideas comunes.

Los documentos analizados son los siguientes:

AQUINO, ALBERTO (2008): *Reducir vulnerabilidad un objetivo explícito de los procesos de desarrollo*. Reunión consultiva regional de plataformas nacionales de reducción de

riesgo de desastres y dialogo sobre adaptación al cambio climático (Panamá, 20 al 21 Octubre).

BESCÓS, A. y CAMARASA, A.M. (2004): *La creciente ocupación antrópica del espacio inundable y el aumento de la vulnerabilidad en las poblaciones del Bajo Arga (Navarra)*. Boletín de la A.G.E. Nº 37 - 2004, págs. 101 - 117.

CAMARASA et al. (2008): *Cartografía de vulnerabilidad frente a inundaciones en llanos mediterráneos. Caso de estudio del barranc de Carraixet y rambla de Poyo*. Serie Geográfica - Profesora María de los Ángeles Díaz Muñoz, I.M. Número 14: 75 - 91.

DÍAZ MUÑOZ, M.A. y DÍAZ CASTILLO, C. (2002): *El análisis de la vulnerabilidad en la cartografía de riesgos tecnológicos. Algunas cuestiones conceptuales y metodológicas*. Serie Geográfica Nº10, 27 - 41.

KARMAKAR et al. (2010): *An Information System for Risk-Vulnerability Assessment to Flood*. Journal of Geographic Information System, 2, 129 - 146.

OLLERO OJEDA, ALFREDO (2014): *Guía metodológica sobre buenas prácticas en gestión de inundaciones . Manual para gestores*. Proyecto Sud'eau2 del Programa de Cooperación Territorial del Espacio Sudoeste Europeo (SUDOE).

RUIN et al. (2009): *Human Vulnerability to flash floods: Addressing physical exposure and behavioural questions*. Flood Risk Management: Research and Practice - Samuel et al. (edits). Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-48507-4.

SAINT-MICHEL, MATTHIEU (2007-2008): *Analyse des enjeux et de la vulnérabilité au risque d'inondation du fleuve Charante: l'exemple de Saintes*. (ENGES) Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg.

STEFANIA BALICA y NIGEL G. WRIGHT (2010): *Reducing the complexity of the flood vulnerability index*. Environmental Hazards, 9:4, 321-339.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE: *Introducción y síntesis del marco de vulnerabilidad y adaptación*. Taller de entrenamiento en evaluación de la vulnerabilidad y la adaptación.

VAN WESTEN, CEES: *Introducción a los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo*. Instituto Internacional de Ciencias de la Geo-Información y Observación de la Tierra. Proyecto UNESCO-RAPCA.

Posteriormente, y una vez clara la definición de "vulnerabilidad", **se eligen los elementos que se van a considerar** (número de habitantes, tipo de actividad económica, características sociales, características estructurales de las infraestructuras).

Aunque no existe información geográfica de todos los aspectos que habría que estudiar, por lo tanto hay que **revisar algunos servicios web de mapas (WMS)** y elegir aquellas capas de información que nos sean útiles para representar los aspectos más relevantes de la vulnerabilidad.

Se revisan los siguientes portales:

www.idearagon.aragon.es

www.iber.chebro.es/geoportal/

www.sitar.aragon.es/SIUa/

www.sigpac.mapa.es/fega/visor/

www.centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/

El siguiente paso es **descargar las capas de información** geográfica disponibles y habiendo definido unas áreas de estudio, comenzar a trabajar en el ejemplo.

El primer resultado cartográfico fueron unos **mapas** de vulnerabilidad por riesgo de inundaciones a escala **1:50.000** de las localidades de **Calatayud, Monzón, Sabiñánigo y Villanueva de Gállego**. Fueron realizados a partir de datos del Sistema de Información sobre la Ocupación del Suelo de España (SIOSE), cruzándolos con las zonas definidas como susceptibles por riesgo de inundaciones en una trabajo ya realizado.

Sin embargo, la deficiencia de los resultados, derivada de una escala de trabajo demasiado pequeña para tratar la vulnerabilidad, y la no total fiabilidad de trabajar con datos fotointerpretados por el SIOSE y que pueden estar sujetos a equivocación, lleva a plantear un nuevo enfoque en el estudio de caso.

En el segundo producto cartográfico se define una escala **1:10.000** y se centra en la localidad de **Sabiñánigo**. Asimismo se opta por trabajar con datos oficiales procedentes del Departamento de Obras Públicas, Urbanismo, Vivienda y Transportes (uso y clase de suelo) y del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (tipos de cultivos a través del SigPac).

La última tarea de producción y modificación cartográfica es el proceso de **control de calidad**. Consiste en utilizar algunos recursos como las ortofotografías del visor 2D y el vuelo 3D de IDE Aragón, para corregir algunas áreas que mediante el cruce de capas de información se designan vulnerables, asumiendo que todos los datos con los que hemos trabajado no están sujetos a error. Sin embargo, es una tarea fundamental, ya que son trabajos que pueden haberse excedido en labor de gabinete y que analizando las fuentes primarias de información podemos corregir desde nuestra formación y con nuestro propio criterio.

Posteriormente, se trabaja y corrigen algunas **cuestiones cartográficas** y de representación de los datos. En este caso se ha tratado la gráfica de representación de datos incluidas en el mapa, los fondos que se deberían emplear como base para producto cartográfico, así como algunas correcciones en la leyenda o en las cajas de datos fundamentales a incluir en un mapa.

Tras la finalización del mapa, se procede a la **creación del modelo cartográfico**, en este caso mediante la extensión Model Builder de ArcMap, y se da a conocer por parte de técnico otro programa de software libre (yED Graph Editor) más adecuado para la elaboración de estos esquemas y aplicable a otras muchas disciplinas.

Finalmente, como todo producto cartográfico que ha de adecuarse a unos estándares internacionales, **se metadata el mapa** mediante otro programa de software libre (CatMDEdit).

Grado de cumplimiento de los objetivos planteados

Considero que la ha existido una adecuación muy buena, en tanto que todas las tareas previstas se han ido realizando en el tiempo previsto y ha dado como resultado final la salida de un mapa que plasma la metodología definida en los primeros pasos.

Competencias y habilidades adquiridas

- Búsqueda de capas de información geográfica en multitud de portales web
- Manejo de los códigos empleados en las leyenda del SIOSE y SigPac
- Profundización en el conocimiento de términos de urbanismo
- Minuciosa implantación de las normas cartográficas
- Elaboración de modelos cartográficos mediante el software libre (yED Graph Editor)
- Metadatación de productos cartográficos y manejo del software libre (CatMEDdit)

Valoración de la función de acompañamiento-guía del tutor de la empresa

El proyecto ha sido guiado por Fernando López, tutor en la institución, y Rafael Martínez Cebolla, facultativo superior especialista. Han supervisado, reorientado y corregido tanto el producto cartográfico como los aspectos conceptuales y espaciales del estudio. Ambos, de formación geógrafos, tienen conocimiento para tutorizar el proyecto, dada la aptitud de conocimientos y experiencia en este campo de trabajo.

De esta manera, se me ha permitido trabajar en un proceso de creación y decisión individual, que posteriormente es presentada a los técnicos, quienes corrigen, matizan y aceptan, en un proceso jerárquico de aprendizaje.