



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Facultad de Filosofía y Letras

**Evaluación de la capacidad de acogida del territorio para usos urbanos mediante el uso de SIG y técnicas de evaluación multicriterio. El caso de la urbanización difusa en la Axarquía (Málaga)**

**Evaluation of capacity of reception of the territory for urban activities using GIS and techniques of evaluation multicriteria. The case of diffused urbanisation in Axarquía (Málaga)**

Grado en Geografía y Gestión del Territorio.  
Trabajo de Fin de Grado

Curso 2.013/2.014

Autor: José María Orellana Macías  
Tutor: Federico Benjamín Galacho Jiménez



## RESUMEN

La urbanización indiscriminada de la comarca de la Axarquía, al este de la provincia de Málaga, en España, desarrollada desde finales de la década de los 90 y continuando a día de hoy, basada en la especulación urbanística y sin tener en cuenta el sistema urbano, social, cultural y económico tradicional ni la aptitud física del territorio, es un fenómeno que ha transformado de forma permanente e irreversible la realidad territorial de la Axarquía. En el presente trabajo se recogen de forma esquemática las principales razones que han motivado dicho proceso.

En este trabajo, mediante el uso de técnicas de evaluación multicriterio y su combinación con Sistemas de Información Geográfica (SIG), se busca obtener una capa modelo final que muestre la capacidad de acogida del territorio, en función de dos criterios, la aptitud física del medio y la vulnerabilidad del mismo frente a los riesgos naturales. La capa modelo final nos permite realizar un análisis la capacidad de acogida del territorio y su relación con la distribución real de los diseminados en la comarca. Así, se podrán extraer una serie de conclusiones sobre la sostenibilidad e idoneidad de los diseminados en el territorio, según la capacidad de acogida del mismo.

Los resultados obtenidos reflejan como el proceso de urbanización sufrido por la región no ha seguido ningún tipo de consideración territorial, esparciéndose por la comarca sin un patrón definido, dejando un lado los posibles riesgos naturales existentes (intensificados por la propia urbanización en muchos casos), y si tener en cuenta la aptitud física del territorio.

The process of indiscriminate urbanisation in the Axarquía, eastern Malaga, in Spain, has been developed since late 90's and it continues nowadays. This process is based on urban speculation and it does not take into account the traditional urban, social, cultural and economic system. The process is a phenomenon which has changed in a permanent and irreversible way the territory in the Axarquía. In this project, we explain the main reasons which have triggered this process in a simplified way.

In this project, using techniques of evaluation multicriteria and combining them with Geographic Information Systems (GIS), we want to obtain a final layer which show us the carrying capacity of the territory, based on two criteria: physical aptitude of nature and vulnerability against hazards of nature. The final layer allows us to analyse the carrying capacity of the territory and its relationship with the real distribution of scattered urbanisation in the region. So, some conclusions will be able to be deduced related to sustainability and suitability of the territory, according to its carrying capacity.

The results reflect how the process suffered by the region did not follow any kind of territorial consideration, spreading it out on the region without a logical way. It does not take into account any hazard (in some cases, hazards are intensified by the urbanisation process) neither the physical aptitude of the territory.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>8</b>
<b>3. ÁMBITO DE ESTUDIO</b>	<b>10</b>
<b>4. METODOLOGÍA</b>	<b>13</b>
<b>4.1. Criterio Aptitud Física para la construcción</b>	<b>14</b>
<b>4.2. Criterio Impacto (Vulnerabilidad) ante Riesgos Naturales</b>	<b>20</b>
<b>4.3 Creación de la capa final de impacto</b>	<b>24</b>
<b>4.4 Evaluación de la capacidad de acogida</b>	<b>25</b>
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>26</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>41</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO CARTOGRÁFICO</b>	<b>44</b>



## 1. INTRODUCCIÓN

El análisis del modelo de ocupación del espacio, los nuevos usos que en él se localizan y el conocimiento de las causas y consecuencias que de estos procesos se derivan es esencial para entender nuestro entorno y poder realizar un tratamiento integral y holístico del territorio, siendo este objeto central de estudio de la Geografía.

En un entorno como el de la Axarquía, donde lo rural y lo urbano forman una trama en la que la mayor parte del espacio actúa como zona de transición, y en el cual los usos del suelo y las actividades que se desarrollan alternan, muchas veces sobre la misma superficie, elementos característicos del medio más rural con los elementos urbanos por excelencia.

Los procesos de colonización del espacio y la expansión descontrolada, o controlada, según se mire, de los espacios rurales en los últimos años han llevado aparejados, la renovación de la edificación tradicional en algunos casos, y la construcción de nuevas viviendas, diametralmente opuestas a las tradicionales, que además de suponer un contraste (o impacto) paisajístico de primer orden, han alterado por completo la dinámica territorial, social, ambiental y natural de la región. En el entorno de la Axarquía ya existía un urbanismo difuso previo, cuyas causas se explicarán más adelante, que estaba adaptado a las necesidades sociales y a las características del terreno y el paisaje.

Mucho se ha escrito sobre los procesos, las causas, las consecuencias y las posibles soluciones a dicha expansión de la urbanización difusa en la comarca. Autores como Yús, Almeida, Gómez Moreno, Galacho o Arrebola, por citar a algunos, han dedicado más de una publicación al análisis comarcal. Ante esta realidad territorial, en el presente trabajo lo que nos interesa es, continuando con el trabajo de Galacho y Arrebola (2.013) analizar la capacidad territorial para la acogida del proceso de urbanización desde el punto de vista de la aptitud del territorio e ir un paso más allá con el análisis de los riesgos asociados a dicho proceso.

Este trabajo también abre la puerta a una posible planificación y ordenación territorial, especialmente si nos centramos en el tema de los riesgos asociados, previos y posteriores a la urbanización. Sin embargo, tal y como se recoge en Galacho y Arrebola (2.013), la urbanización difusa que ha tenido y tiene lugar en la Axarquía es especialmente grave por la forma en la que se ha desarrollado (base especulativa), por desarrollarse sobre espacios funcionalmente rurales, por la fuerte demanda de viviendas en la que se fundamenta el proceso y por la laxitud y la falta de responsabilidad política de las administraciones municipales, provinciales y autonómicas, sin tener en cuenta la aptitud física del territorio. Precisamente, la aptitud física del territorio es una de las bases sobre las que se ha construido el presente trabajo y que ha servido para llegar al objeto final del estudio.

Como se ha dicho, este trabajo pretende ir un paso más allá en lo relativo a los riesgos naturales e inducidos que el proceso de urbanización difusa lleva aparejado. La previsión de los riesgos a priori es una parte esencial. Al hablar de riesgos, hemos tenido en cuenta el riesgo de erosión, el riesgo de inundación, el riesgo de incendio y el riesgo de movimientos en

masa por inestabilidad de las laderas para, a partir de la utilización de SIG y la obtención de una capa final de riesgo, obtener una visión general de los riesgos naturales de la comarca.

En última instancia, utilizando la información que se aporta en el trabajo se puede elaborar una cartografía de riesgos (peligrosidad y vulnerabilidad).

Utilizando como base el trabajo realizado por Galacho y Arrebola, y siguiendo una metodología muy similar, introduciendo ligeras variaciones según nuestras necesidades, se propone esta variación de la metodología para futuras proyectos que persigan el mismo objetivo que el nuestro, llegar a conocer la capacidad de acogida de un territorio para la construcción de viviendas y viales diseminados.

La capacidad de acogida de un territorio es el grado de idoneidad o cabida que presenta el territorio para una actividad teniendo en cuenta a la vez, la medida en que el medio cubre sus requisitos locacionales y los efectos de dicha actividad sobre el medio (Gómez Orea, 1992, citado por Galacho y Arrebola). Así, teniendo como objeto del estudio conocer dicha capacidad a partir de la aptitud física del territorio y de los riesgos naturales asociados, entendemos que la zona con una mayor capacidad de acogida, es decir, la zona más óptima, coincidirá con aquellos terrenos que sean capaces de acoger la urbanización sin una excesiva degradación, integrándose en el medio y produciendo o el mínimo impacto posible.

Al igual que en este proyecto se ha modificado la metodología según nuestros intereses, ésta es susceptible de volver a ser modificada, introduciendo nuevos criterios y factores que la completen y mejoren, pero siempre utilizando las facilidades y ventajas que nos ofrecen los sistemas de información geográfica en el análisis y tratamiento de los datos.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La revisión bibliográfica de este trabajo puede orientarse desde varios frentes, desde el tratamiento de una temática similar en otros proyectos, desde el punto de vista del ámbito de estudio, centrándonos en otra bibliografía que tenga como ámbito de estudio a la Axarquía, sea cual sea la temática, y desde el punto de vista metodológico, otros autores que hayan aplicado una metodología similar en sus proyectos, utilizando técnicas multicriterio.

Como se ha dicho en la introducción, este trabajo tiene como base el estudio elaborado por Galacho y Arrebola en 2.008, por lo que tanto desde punto de vista metodológico como desde el del objeto de estudio, existen multitud de similitudes. En ambos trabajos se han utilizado las mismas técnicas de análisis multicriterio y este trabajo sigue la metodología propuesta por estos autores. En su trabajo, ambos autores proponen evaluar la capacidad de acogida territorial mediante la medición de los elementos del medio y de distintos factores, considerándose cada punto del territorio como una relación entre su aptitud física y su vulnerabilidad, obteniéndose los criterios de aptitud física del territorio y vulnerabilidad ante el impacto. La suma de estos dos factores dará como resultado la capacidad de acogida del territorio en cada punto. Estos autores, además, introducen la posibilidad de incluir un factor restrictivo desde el punto de vista territorial, es decir, excluir aquellas zonas que por razones físicas o legales no pueden ser susceptibles de ser urbanizadas.

Otras metodologías que pueden ser aplicadas son propuestas por la Guía Para la Elaboración del Medio Físico (MME, 2.004), dónde además se proponen una serie de contenidos que deben ser incluidos en cualquier estudio del medio físico que se precie.

Desde un punto de vista más acotado, referido a los riesgos, Perles, Cantarero, Gallegos, Galacho y Vías (2006)<sup>2</sup> proponen una metodología para integrar de forma asociada los riesgos de inundación, movimientos gravitacionales y erosión hídrica, analizando las interconexiones entre los diferentes riesgos para comprobar la sinergia que se produce, siendo los resultados cartografiados, creándose una cartografía de peligrosidad.

Autores como Gómez y Barredo (2.005) recogen el desarrollo de diferentes técnicas de análisis multicriterio y de decisión y su integración con los Sistemas de Información Geográfica, analizándose las ventajas e inconvenientes de dicha integración. También tratan los aspectos relacionados con la planificación del territorio, definen y desarrollan el concepto de capacidad de acogida y proponen métodos de asignación de usos del suelo.

1. Galacho Jiménez, F.B; Arrebola Castaño, J.A. (2.008). 'El modelo de evaluación de la capacidad de acogida del territorio. aspectos conceptuales y técnicas relacionadas'

2. Perles Roselló, M.J.; Cantarero Prados, F.; Galacho Jiménez, F.B.; Gallegos Reina, A.; y Vías Martínez, J.M. (2006): "Propuesta metodológica para el análisis integrado de peligros asociados. Aplicación al peligro de inundación, movimientos gravitacionales y erosión hídrica", *Actas del XII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica*, Editorial Universidad de Granada. Granada.



Desde el punto de vista del ámbito de estudio, la Axarquía ha sido objeto de estudio de numerosas publicaciones, dedicadas a diferentes ámbitos de la comarca, desde la cultura, hasta la urbanización, pasando por su historia, su gastronomía o su etimología.

Uno de los trabajos más importantes, utilizado, además, como referencia en este trabajo es el elaborado por Yus y Delgado en 2.010<sup>3</sup>. En este trabajo se realiza un análisis profundo de la realidad territorial de la comarca desde diferentes ámbitos. Además, utiliza la proliferación de los diseminados en la comarca como eje transversal del estudio. Las conclusiones y los procesos que se analizan son de gran utilidad en nuestro trabajo para explicar el patrón de asentamiento de los diseminados y analizar los resultados obtenidos en este estudio.

3. Yus Ramos, R.; Torres Delgado, M.A. (2.010): *Urbanismo difuso en suelo rústico : deterioro ambiental y corrupción en la provincia de Málaga (el caso de la Axarquía)*. Vélez- Málaga . Gabinete de Estudios de la Naturaleza de la Axarquía, D.L.

### 3. ÁMBITO DE ESTUDIO

Ante la existencia de una serie de requisitos, como la voluntad de realizar un análisis de las formas de ocupación dispersas, las repercusiones sociales y ambientales sobre el territorio de las mismas, la existencia de algún tipo de trabajo previo sobre la zona que pudiera servir como apoyo si fuera necesario y la búsqueda de un espacio de nuestro entorno que nos facilite la comprensión de los fenómenos que en él se producen y en el que la distancia no sea un obstáculo en caso de ser necesario acudir al mismo, las opciones que cumplían con estas exigencias quedan muy reducidas, de ellas, la elegida finalmente fue la comarca de la Axarquía, en la zona oriental de la provincia de Málaga.

La comarca de la Axarquía está compuesta por 31 municipios: Alcaucín, Alfarate, Alfaratejo, Algarrobo, Almáchar, Árchez, Arenas, Benamargosa, Benamocarra, El Borge, Canillas de Aceituno, Canillas de Albaida, Colmenar, Comares, Cómpeta, Cútar, Frigiliana, Iznate, Macharaviaya, Moclinejo, Nerja, Periana, Rincón de la Victoria, Riogordo, Salares, Sayalonga, Sedella, Torrox, Totalán, Vélez-Málaga y La Viñuela. Sin embargo, en este estudio no se ha incluido el término municipal de Nerja, al este de la comarca y de la provincia de Málaga, haciendo de frontera con la provincia de Granada y con características físicas y ambientales similares. La razón de la no inclusión de dicho municipio en el estudio reside en que la información cartográfica con la cual se contaba al comenzar el trabajo y a partir de la cual se ha construido todo el estudio no incluía dicho municipio por razones que se desconocen. Al mismo tiempo, tampoco se incluyen la totalidad del término municipal de Alfarate, obviándose su zona más septentrional, ni la zona más occidental de Cómpeta, en la zona noroccidental de la comarca, por razones también desconocidas. Sin embargo, conocemos que estas zonas que no se han incluido tienen características muy similares por lo que resulta lógico pensar que sufrirán los mismos procesos que las zonas circundantes y tendrán características físicas muy similares.

La población estimada según el padrón municipal de 2013 (excluyendo Nerja) es de 188.529 habitantes. Sin embargo, esta cifra es solo una estimación, probablemente el número real será mucho mayor ya que existe un gran número de población que no reside de manera permanente en la zona, no estando reflejados en el padrón, así como población que aún residiendo de forma permanente en la comarca, no están registrados en el padrón.

El municipio más poblado es Vélez- Málaga (76.911), siendo por su ubicación, tamaño y volumen de población el principal centro comarcal, mientras que el municipio menos poblado es Salares, con apenas 229 habitantes. En general, el resto de municipios costeros, siguiendo con el modelo de ocupación del espacio de la costa mediterránea española, se encuentran más poblados que los de interior. Otros municipios destacados son Rincón de la Victoria (41.827) o Torrox (18.514).

La extensión superficial de la zona de estudio es de 911 km<sup>2</sup> (11,3% de la superficie de la provincia). Los 31 municipios que aparecen en la lista superior pueden ser agrupados en dos realidades territoriales, una de ellas, la zona costera, donde encontramos 5 municipios, de oeste a este: Rincón de la Victoria, Vélez- Málaga, Algarrobo, Torrox y Nerja, con una

superficie de 331,26 km<sup>2</sup> (32,30% de la superficie comarcal) y una población de 166.771 personas (78,87% de la población comarcal), y otra realidad en el interior, con 26 municipios, 692,4 km<sup>2</sup>(67,6% de la superficie comarcal) y 44.676 habitantes (21,1% de la población comarcal).

La razón por la cual se diferencian dos realidades territoriales es por el carácter urbano y dinámico que presentan los primeros, que contrasta con el carácter rural de los segundos. Sin embargo, no existe un espacio que sirva claramente como frontera entre una realidad y otra, considerándose todo el espacio un área de transición, en la que la funcionalidad rural es predominante y en la cual el proceso urbano ha irrumpido de forma espontánea y en muchos casos sin planificar, siguiendo un modelo de urbanismo difuso en suelo rústico.

Si nos fijamos en los datos recogidos en la capa de información que reúne las casas de la comarca, Vélez- Málaga aparece como el municipio con más asentamientos (1.777), seguido de Torrox (1.023). Aunque puede parecer lógico relacionar la extensión superficial de los municipios con el número de casas que aparecen en ella, observando la localización de las mismas podemos ver que no existe una relación directa por lo que dicha localización sigue otros criterios, en muchas ocasiones relacionados con la propiedad de la tierra, el relieve o las facilidades que establece cada ayuntamiento para la construcción.

Aunque el fenómeno del asentamiento disperso aflora a lo largo y ancho de toda la provincia de Málaga, es en la Axarquía donde alcanza su máximo exponente, siendo esta comarca un modelo ejemplar para el estudio tanto de las causas de este tipo de asentamiento, como de las múltiples consecuencias que de él se derivan.

En la Axarquía, el carácter disperso de los asentamientos que aparece es algo que podemos considerar tradicional e intrínseco, siendo hace unas décadas, unas de las características genuinas del entorno. Lo llamativo y lo que resulta relevante para este estudio es la velocidad con la que en los últimos años estos asentamientos se han ido multiplicando, duplicándose en 5 años el número total de viviendas. Actualmente, según datos ofrecidos en diferentes estudios (Galacho y Arrebola, 2.008. y Yus y Torres, 2.008), existen más de 22.000 viviendas unifamiliares en suelo rústico en la Axarquía.

Ya hemos dejado entrever una de las causas del urbanismo de baja densidad en la Axarquía, ahora vamos a ver las causas más importantes que recogen Yus y Torres (2.008).

#### **a. La estructura de la propiedad.**

Como hemos dicho, la estructura de la propiedad en la Axarquía se caracteriza por un acusado minifundismo. Esta forma de estructurar el territorio viene dada por el relieve abrupto y montañoso del entorno y es una herencia del pasado árabe de la comarca. Con el paso del tiempo, las parcelaciones realizadas con motivos hereditarios han fragmentando aún más el territorio en parcelas cada vez más pequeñas. Aunque también existen parcelas de gran tamaño, estas se localizan en zonas forestales o tierras de secano, en el interior de la comarca.

## **b. La actividad agraria**

No es difícil asimilar que la Axarquía es una comarca eminentemente agraria. La agricultura ha sido la principal actividad económica de la comarca desde hace siglos. Encontramos diferentes tipos de cultivos, desde las zonas cerealistas y olivareras en la zona de Colmenar y Periana, a las vides en las faldas de los Montes de Málaga y los regadíos en los fondos de valle y en las zonas cercanas a la costa. Es fácil asociar los tipos de cultivo con la estructura de la propiedad, mientras que las zonas de secano y olivareras se encuentran en propiedades de gran tamaño, las vides y los regadíos son cultivados en explotaciones de pequeño tamaño. Además, dada la antigüedad de los cultivos y la pobreza de los suelos, encontramos cultivos en zonas con elevadas pendientes o donde el suelo apenas alcanza profundidad suficiente para permitir el cultivo.

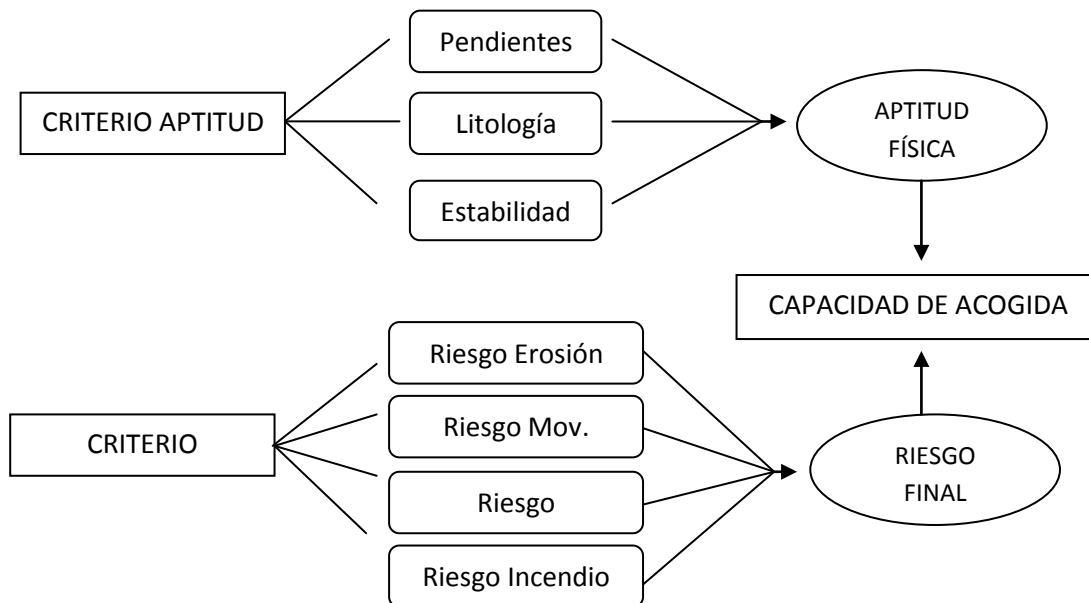
## **c. Demanda de viviendas en el campo**

Como decimos, la urbanización difusa no es un proceso nuevo en la Axarquía, pero se ha visto potenciado y acelerado por el proceso de ocupación territorial del litoral malagueño de los últimos años, ligado principalmente a la actividad turística (Galacho y Arrebola, 2013). Este proceso, ante el colapso de la zona litoral, y apoyado en la realidad territorial y en los intereses actuales de la población (viviendas unifamiliares, calidad paisajística, intimidad, etc.) se ha extendido hacia el interior, ocupando indiscriminadamente el espacio rural bajo un uso residencial turístico en un espacio caracterizado por el minifundismo. Tradicionalmente, las residencias estaban relacionadas con la actividad agropecuaria, destacan cortijos, casas de aperos, lagares, almazaras, molinos,

## **d. Necesidad de un desarrollo económico**

Como se ha venido comentando en este apartado, la Axarquía ha sido tradicionalmente una comarca agrícola, con un sistema productivo de subsistencia y con los procesos sociales que lleva aparejados este tipo de producción (éxodo rural a los municipios costeros). El desarrollo y dinamismo comarcal estaba estrechamente relacionado con los municipios costeros, quedando las zonas de interior con un carácter marginal, en un segundo plano. En este contexto, la urbanización difusa durante el periodo de "boom inmobiliario" supuso y supone una inyección económica para los municipios interiores que fue recibida con los brazos abiertos por los ayuntamientos.

#### 4. METODOLOGÍA



En primer lugar se debe definir el objeto del estudio, y por tanto, de la metodología que se va a utilizar. Como hemos dicho, en este trabajo se pretende conocer el patrón de asentamiento que siguen los diseminados existentes en la Axarquía, siendo el objeto de estudio la evaluación de la capacidad de acogida del territorio para los usos urbanos, basando la evaluación en dos aspectos fundamentales: la aptitud del territorio y el impacto de la urbanización.

El resultado final que se obtendrá será una capa de información que muestre una zonificación de la zona de estudio, asignando a cada área una puntuación en función de su capacidad de acogida. Al realizar el análisis multicriterio, la información final expresa el valor del conjunto, aunque también puede ser apropiado ordenar las alternativas por su capacidad en relación al criterio estudiado (aptitud e impacto). Al recogerse la información en una sola capa, los resultados pueden ser comparables, pudiendo agruparse las puntuaciones para realizar una clasificación sobre las capacidades del territorio.

Una vez tengamos la capa final, podemos evaluar y proponer alternativas a la localización de la urbanización, pudiendo escogerse zonas más adecuadas.

El método que se va a utilizar está basado en la utilización de técnicas multicriterio. Estas técnicas afrontan el problema de la preferencia o la selección entre un conjunto de alternativas reales, en presencia de criterios diversos, delimitados entre sí. En la aplicación de estas técnicas se combinan y valoran simultáneamente dichos criterios, que son la base para la fase de la toma de decisión. Estos se componen de factores, que son aspectos que los fortalecen o debilitan, a través del manejo de sus atributos (variables) dentro de unas

determinadas reglas de decisión y valoración (Barredo, 1.996, citado por Galacho y Arrebola, 2.008).

Se ha de desarrollar un laborioso proceso que se inicia mediante la acotación del objetivo de la evaluación, ya definido al comienzo del estudio y explicado de nuevo al inicio de este apartado. Una vez aclarado el objeto de estudio, el trabajo se centra en establecer qué criterios son relevantes para este objetivo, y qué importancia relativa tiene cada uno de ellos para proceder a su medida y efectuar su valoración. En nuestro estudio, estos criterios son la aptitud física del territorio y la vulnerabilidad del mismo.

El siguiente paso consiste en establecer cuáles son las variables del territorio indicativas de cada factor, y por derivación de cada criterio, y cuál es la forma adecuada para su medida. Tales decisiones, denominadas en la terminología de estas técnicas “reglas de decisión” o “juicios de valor” son parte esencial de la evaluación y presuponen un conocimiento preciso del objeto con relación al cual se pretende establecer la evaluación y de las alternativas entre las que elegir. (Galacho y Arrebola, 2.008). Los factores son definidos y explicados a continuación.

Las ventajas de utilizar estas técnicas y combinarlas con SIG se encuentran que se permite resolver con todo rigor la interrelación de las diversas variables del territorio. Un atributo cualquiera contenido en cada una de las capas de información de un SIG, puede ser ponderado como un factor positivo o negativo para un determinado objetivo y puede igualmente ser valorado al combinarlo con otros y en función de ello, ser contrarrestado, potenciado o anulado.

#### Definición de los factores que componen los criterios utilizados

En este paso procedemos a seleccionar los factores que van a componer los criterios que componen la capa final y que intervienen en el proceso de evaluación, esto es, aquellos que afecten de forma positiva o negativa a la capacidad de acogida del territorio, y una vez seleccionados, siguiendo con la metodología propia de una evaluación multicriterio, hay que asignarles valores numéricos y pesos en función de su importancia en el objeto de estudio, pasando a ser criterios.

Los criterios principales de esta evaluación son la aptitud y el impacto. Por tanto, las valoraciones de la aptitud y el impacto conforman los valores de capacidad de acogida del territorio. Estos dos criterios suponen las clases superiores de la evaluación, existiendo criterios menores dentro de ellos.

#### **4.1 Criterio Aptitud Física para la construcción**

Este criterio hace referencia a la idoneidad o cualidades óptimas del territorio, potenciales y/o restrictivas, para la implantación de los usos y las actividades definidas en el objeto de la evaluación (Galacho, 2.013). Así, la metodología utilizada se dirige a valorar las condiciones o la aptitud física del territorio

En este criterio se pretende evaluar y valorar las características del territorio en función de su capacidad para la construcción, teniendo en cuenta tres factores: la pendiente, la litología y la estabilidad de las pendientes y los taludes.

- Pendiente: a priori, este factor es condicionante para la construcción, pero el uso de la técnica hace que cada vez tenga menos relevancia, pero sin embargo, sigue teniendo influencia sobre otros factores que también se tratarán más adelante en este mismo trabajo, como son la estabilidad de pendientes o los movimientos en masa. Así, este factor puede ser considerado en sí mismo o como determinante para otros factores.

En este estudio, las pendientes han sido derivadas de un Modelo Digital del Terreno, y se han agrupado en intervalos de acuerdo al objetivo de la evaluación. Los intervalos han sido elaborados tratando de agrupar pendientes en las cuales los procesos que en ellas se desarrollan tienen la máxima homogeneidad posible. Existen muchos tipos de clasificaciones para las pendientes. En este trabajo, la clasificación que se ha realizado ha sido la siguiente:

**Tabla 1. Intervalos de pendientes**

<b>% Pendiente</b>	<b>Tipología</b>
<5%	Zonas llanas
5-15%	Pendiente moderada
15-30%	Pendiente fuerte
30-50%	Pendiente muy fuerte
>50%	Zona escarpada

Fte. Elaboración propia

Las pendientes superiores al 30% podemos considerarlas como no aptas para la construcción, ya que suponen grandes movimientos de tierra, lo que se deriva en un aumento del riesgo de movimientos en masa, así como la profunda transformación de las condiciones naturales del territorio. En las pendientes con porcentaje entre 5 y 30% la construcción es apta aunque dificultosa, pero siempre teniendo en cuenta que siguen existiendo riesgos de inestabilidad y movimientos en masa. Finalmente, en las pendientes menores de 5%, las zonas llanas, todos los usos urbanos son aptos.

- Litología: la valoración de la litología debe abordarse en función del uso previsto (Galacho, 2.013), así, se ha valorado cada capa litológica según su capacidad portante, la comprensibilidad y la resistencia de los materiales al corte.

La capacidad portante se entiende como la capacidad de los distintos materiales de una zona para soportar un uso determinado, como edificios, carreteras, etc. (Galacho, 2.013).

Se ha establecido una clasificación de la capacidad portante de las litologías en función de sus cualidades físicas y geotécnicas, utilizando como apoyo bibliográfico la clasificación de la capacidad portante elaborada por Dunne y Leopold (1.978), Way (1.973), Briales y González (1.971) así como la Guía para el Estudio del Medio Físico, elaborada por la administración estatal.

Se han distinguidos las siguientes categorías relativas a la capacidad portante, de mayor a menor idoneidad: muy alta, alta, media, baja, muy baja y nula.

La compresibilidad consiste en el potencial de contracción o expansión de los materiales, basándose en dos pilares, la elasticidad de los materiales y su susceptibilidad a las deformaciones por los cambios de volumen que sobre ellos se producen. Los cambios de volumen suceden tanto por causas naturales como por acciones antrópicas cuando se producen cargas extremas y derivadas del peso de la edificación.

La clasificación que se ha realizado respecto a la compresibilidad abarca las siguientes categorías, de mayor a menor idoneidad: despreciable, muy baja, baja, media, alta, muy alta.

La resistencia de los materiales puede definirse como el esfuerzo cortante que puede soportar el suelo sin excesiva deformación, bajo condiciones específicas de carga, compresión, etc. (Way, 1.973). Relacionado con la resistencia de los materiales, si le añadimos la pendiente, tenemos el tercer criterio tenido en cuenta en la elaboración de la capa de aptitud física, la estabilidad/inestabilidad de las laderas, y se refiere a la tendencia de los materiales que forman una pendiente a permanecer inmóviles en su lugar o por el contrario, la tendencia a desplazarse. La estabilidad puede ser tratada como riesgo o como factor de aptitud. El grado de estabilidad de una pendiente es medida según su aptitud para acoger usos.

Proceso de trabajo con los factores para generar el criterio aptitud:

El primer paso es la creación del criterio pendiente, a partir de una capa de pendientes, ya creada para el estudio de Arrebola y Galacho (2.008)<sup>4</sup>, al que se ha hecho referencia previamente.

Se considera que la mejor forma para representar la relación entre los factores y las alternativas que definen una evaluación es un matriz (Galacho, 2.013). En esta matriz, los criterios (j) ocupan las primera columna y las alternativas (i), la primera fila. Esta matriz recibe el nombre de matriz de puntuaciones ya que los valores internos que complimentan la matriz son puntuaciones de criterio ( $X_{ij}$ ) y representan el valor o nivel de deseabilidad para cada alternativa en cada factor. Una vez hecho esto y asignados los pesos, los factores pasan a ser criterios.

4. Galacho Jiménez, F.B; Arrebola Castaño, J.A. (2.008). "El modelo de evaluación de la capacidad de acogida del territorio. aspectos conceptuales y técnicas relacionada"



En nuestra matriz, los valores han sido ponderados utilizando la comparación por pares de Saaty (1.980). Este método establece una matriz cuadrada en la que se define el número de atributos de las variables a ponderar, siendo el resultado una matriz de comparación entre pares de clases, en la que podemos observar la importancia de cada clase sobre cada una de las demás ( $a_{ij}$ ). La escala de medida que se utiliza para asignar los valores es de tipo continuo, abarcando un rango con un valor mínimo de 1/9 hasta 9 (Saaty, 1.980), que se valora desde extremadamente menos importante, hasta extremadamente más importante, siendo el valor 1 el de igualdad en la importancia entre factores (Barredo, 1.996, 127). En la siguiente tabla podemos ver la escala de medida para la asignación de los valores:

**Tabla 2. Escala de medida para la asignación de los juicios de valor ( $a_{ij}$ )**

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremadamente baja	Muy baja	Baja	Media baja	Igual	Media alta	Alta	Muy alta	Extremadamente alta

Fte. Saaty (1.980)

A raíz de este método se ha elaborado la siguiente matriz con las clases del factor pendiente:

**Tabla 3. Matriz de valoración de aptitud de las clases del factor pendiente**

Pendientes	Alternativas				
	Valores <5%	5-15%	15-30%	30-50%	>50%
<5%	1	2	4	8	9
5-15%	1/2	1	2	4	8
15-30%	1/4	1/2	1	2	4
30-50%	1/8	1/4	1/2	1	2
>50%	1/9	1/8	1/4	1/2	1

Fte. Elaboración propia

Para corroborar que los valores se han asignados de forma correcta, dado el componente de la subjetividad con el que son introducidos, podemos calcular la razón de consistencia. Este método nos permite reconsiderar las valoraciones realizadas en caso de estas no seas las correctas.

Una vez elaborada la matriz, hay que determinar el eigenvector principal, que representa el orden de prioridad de los factores y establece sus pesos ( $w_{ij}$ ), proporcionando una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor entre pares (Saaty, 1.980). En cada factor, a partir de los juicios de valor, se establece el eigenvector principal, pasando a considerar el eigenvalor máximo como una medida de la consistencia de los juicios.

Para obtener el vector de prioridades es conveniente normalizar el eigenvector principal. En la normalización, el valor 0 supone la mínima aptitud, mientras que el 1 implica la máxima aptitud. Existen multitud de métodos para normalizar vectores, habiendo sido el método propuesto por Voogd el escogido, la división de cada valor por el valor máximo. La ventaja de este métodos es que no efectúa una transformación de la variable, además que permite volver a las puntuaciones en determinados procesos de la evaluación.

Posteriormente es conveniente que los valores de las alternativas también sean normalizados, utilizando de nuevo el método de Voogd. Además, también se puede normalizar mediante la siguiente ecuación, aceptada por diversos autores:

$$e_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}}$$

En la cual:

$e_{ij}$ = valor normalizado de la alternativa i en el criterio j.

$x_{ij}$ = valor de la alternativa i en el criterio j.

min y max.= los valores mínimos y máximos de las alternativas en el criterio.

Cuando tratamos con variables cualitativas, hay que ordenar jerárquicamente las variables, traduciendo los atributos a valores numéricos. Esto se realiza mediante la función de utilidad, que permite puntuar numéricamente a las variables de este tipo. Siendo el principal problema cómo establecer la ordenación jerárquica.

Una vez obtenidos los resultados de la normalización, estos valores son añadidos como atributos a la capa de pendientes, completando el criterio pendiente.

El siguiente criterio que se ha considerado en el criterio aptitud es la litología. El criterio litología es creado a partir de una capa de litología, ya creada para el proyecto...

Lo primero que hay que hacer al empezar a trabajar con la capa de la litología es añadir como atributos las variables que hemos explicado previamente: compresibilidad, capacidad portante y resistencia de los materiales. El criterio litología, sin embargo, se elabora a partir de las variables de compresibilidad y capacidad portante.

El procedimiento para la elaboración de este criterio sigue los mismos pasos que se han seguido con el criterio de pendientes, realizando la matriz de puntuaciones, normalizándose los valores mediante la fórmula ya propuesta y cargándose dichos valores como atributos en la capa de litología. Una vez añadidos estos, se creará un nuevo valor, fruto de la sumatoria lineal ponderada de los campos introducidos y normalizados, volviendo a normalizarse los valores resultantes. A partir de la compresibilidad y la capacidad portante se valoran las alternativas ( $x_{ij}$ ) y el peso de cada factor ( $w_j$ ).

A la hora de realizar el reparto de pesos se ha optado por dar a la capacidad portante el 70% y a la compresibilidad el 30% ya que la capacidad portante de una litología condiciona de forma mucho más determinante el uso que se establezca sobre dicha litología, en este caso, una vivienda o construcciones asociadas (camino, carriles, fosas sépticas, etc.). El uso de la técnica nos permite corregir y solventar los desajustes introducidos por la baja capacidad portante de una litología, ya sea para viviendas o infraestructuras viarias, haciendo que este no sea un factor limitante, pero sí a tener en cuenta. Los avances de la técnica también nos permiten aplicar medios que no impidan la construcción por los cambios de volumen asociados a la capacidad de comprensión de los materiales al urbanizar sobre ellos.

La sumatoria lineal ponderada se basa en la siguiente fórmula:

$$r_i = \sum w_j x_{ij}$$

En la cual:

$r_i$  = es el nivel de adecuación de la alternativa  $i$

$w_j$  = es el peso del criterio  $j$

$x_{ij}$  = es el valor ponderado de la alternativa  $i$  en el criterio  $j$ .

La obtención del nivel de adecuación de cada alternativa se halla sumando el resultado de multiplicar el valor del criterio por su peso.

Este método es un proceso simple e intuitivo que permite la agregación de los criterios adjudicándoles un peso de acuerdo a su importancia (Galacho, 2.013). Esta adjudicación es clave en el proceso y responde a un juicio técnico.

Una vez hecho esto, el resultado se normaliza utilizando la misma fórmula que en el criterio anterior.

Finalmente, para completar el criterio aptitud física, hay que realizar la capa correspondiente al criterio estabilidad de pendientes y taludes. Para realizar esta capa necesitamos superponer las capas de pendiente y litología y se realizan los mismos pasos que en los criterios anteriores. El paso final, al igual que en el criterio anterior, es la sumatoria lineal ponderada y la normalización de los valores.

Al realizar el reparto de pesos se ha optado por dar el 60% a la resistencia de los materiales y el 40% a la pendiente, ya que la resistencia al corte de un material es más determinante a la hora de la urbanización sobre un tipo de litología, así, es posible edificar sobre pendientes considerables, siempre y cuando el material sea capaz de resistir el corte, mientras que la edificación se hace más inestable si la resistencia del material es baja, independientemente de la pendiente. Así, podemos encontrarnos con situaciones en las cuales una edificación sobre una mayor pendiente, pero sobre materiales de alta resistencia, tenga un riesgo menor que otra sobre una pendiente baja pero asentada sobre materiales que no puedan soportar el esfuerzo cortante, deformándose bajo condiciones específicas de carga, comprensión, etc. (Way, 1.973).

Una vez se tienen los 3 criterios normalizados, siendo posible la comparación entre ellos, pasamos al paso final en la elaboración del criterio aptitud. Este último paso consiste en el cálculo del criterio de Aptitud Física para la Construcción. Para ellos, se superponen los tres criterios que ya hemos calculado y que conforman el criterio aptitud física. Se otorga a cada criterio un peso en la fórmula final. El peso de los criterios corresponde a su relevancia a la hora de determinar la aptitud física para la construcción del territorio, así, al criterio pendiente se le ha dado un peso del 29%, al criterio litología un 14% y al criterio estabilidad un 57%. La razón de este reparto se basa en que tanto la pendiente como la litología son criterios que pueden subsanarse mediante el uso de la técnica, y aun no siendo posible de ser

subsanados, no son excluyentes a la hora de la edificación, en cambio, la estabilidad de un talud es fundamental para la construcción, debido al riesgo asociado de erosión y movimientos en masa, siendo totalmente incompatibles la inestabilidad y la construcción.

Una vez otorgados los pesos se establece una regla de decisión para la evaluación del criterio. Una regla de decisión se formaliza mediante una serie de procedimientos aritmético-estadísticos que posibilitan la integración de los criterios establecidos en un índice de simple composición, proveyendo la manera de comparar las alternativas utilizando dicho índice (Eastman et al, 1.993, citado por Gómez y Barredo, 2005, citado por Galacho, 2.013).

Dentro de las evaluaciones multicriterio existen dos tipos de procedimientos, para la evaluación del criterio de aptitud se han utilizado las técnicas compensatorias. A su vez, dentro de las técnicas compensatorias podemos utilizar dos tipos de métodos para derivar la ordenación lineal de las alternativas, partiendo de los pesos que se le han otorgado: los procesos aditivos (sumatoria lineal ponderada) y los de punto ideal. En realidad, ambos sirven para derivar una puntuación única y ambos han sido utilizados en el proceso, aunque la técnica que se ha adoptado ha sido la del Análisis del Punto Ideal.

En este análisis, cada criterio se estructura en un eje del espacio multivariado, representando el punto ideal la alternativa ideal, el mayor nivel de aspiración o la mejor posibilidad de selección. Se procede a calcular la distancia entre las alternativas y el punto ideal para que se puedan seleccionar aquellas más cercanas a dicho punto. La fórmula que se inserta es la siguiente:

$$AF = \sqrt{\sum [0,57(\text{Valor Estabilidad normalizado}) - 1]^2 + [0,29 * (\text{Valor Pendiente normalizado}) - 1]^2 + [0,14 * (\text{Valor litología normalizado}) - 1]^2}$$

El método del punto ideal supone que se utilicen las puntuaciones de las alternativas para comprobar su similitud con una situación óptima o teórica, definida por las mejores puntuaciones posibles. Con este procedimiento se ordenan de forma lineal las alternativas, a la vez que se compensan los criterios y se mide la desviación de cada puntuación.

#### **4.2 Criterio Impacto (Vulnerabilidad) ante Riesgos Naturales**

La urbanización difusa propia de la zona de estudio lleva una serie de efectos negativos aparejados, siendo uno de ellos la vulnerabilidad de los elementos expuestos a los posibles riesgos naturales. Bajo este enfoque negativo se pretende evaluar los impactos, evidenciándose que lo más adecuado es hacer depender la valoración final de las características asociadas a la actividad a implantar.

Definición de los factores que componen el criterio:

Si en el criterio anterior se explicaba que la evaluación final estaba compuesta por el criterio aptitud y el criterio impacto, habiendo sido explicado ya el primero, en este apartado se van a explicar los factores que componen el segundo de ellos.

Este criterio está compuesto por los siguientes factores:

- Alteración morfodinámica: erosión: la erosión engloba al conjunto de procesos físicos y químicos que alteran y modifican las formas superficiales. Se entiende que la activación de estos procesos, así como su aceleración por los procesos derivados de la edificación. A esto se le suma los cambios en el sistema erosivo que introducen los cambios de usos del suelo, pudiendo llegar a generarse riesgos inducidos y asociados para la población al combinarse con otros factores.

En un sentido estricto, el riesgo de erosión se refiere a la pérdida de suelo, por lo que se analiza la susceptibilidad de los suelos frente a la pérdida. Para estimar la erosión se han escogido los siguientes factores: la pendiente, que actúa como factor activador, siendo directamente proporcional a la materia erosionada, la textura y la profundidad, siendo mayor la erosión cuanto mayor sea el tamaño del grano y menor cuanto mayor sea la profundidad, finalmente, los usos del suelo establecen el grado de fijación y protección de la capa edáfica. Los bosques y regadíos son los más protegidos, por lo tanto, los menos erosionables.

- Vulnerabilidad a los movimientos gravitacionales: según la Guía para la elaboración de estudios del medio físico elaborada por el Ministerio de Medio Ambiente, un movimiento en masa será entendido como la combinación de un conjunto de procesos por los cuales los materiales, en ocasiones previamente afectados por procesos de alteración, se mueven por la acción de la gravedad. Estos tipos de riesgos deben ser muy tenidos en cuenta, hasta el punto de imponer limitaciones al desarrollo de la construcción y la edificación, así como a la asignación de usos del suelo. Para que se produzca un movimiento en masa han de confluir diversos factores, aunque en esencia, los principales elementos operantes son las fuerzas que tienden al desplazamiento y la resistencia de los materiales. El equilibrio determina la estabilidad del terreno.

Según la clasificación elaborada por Varnes, utilizada por diferentes autores y recogida por el Ministerio de Medio Ambiente en la Guía para la elaboración de estudios del medio físico, existen los siguientes tipos de movimientos: caídas en bloques, deslizamientos, flujos y movimientos complejos.

Estos fenómenos se producen por la confluencia de factores relacionados con las características fisiográficas del terreno (pendientes y litologías) y las características tectónicas y geomorfológicas de la zona (estratificación, discontinuidades litológicas, existencia de fallas y grietas, etc.). Además, se encuentran los agentes causantes o factores disparadores, como el aumento o la disminución de la carga sobre el terreno por acción humana o natural.

- Vulnerabilidad al riesgo de inundación: existe numerosa documentación y normativa relativa al riesgo de inundación. Todas ellas recogen una cartografía con una zonificación de las áreas inundables en diferentes periodos de retorno, normalmente, 50, 100 y 500 años. Estos periodos de retorno son recogidos en la normativa europea (Directriz Europea de Inundaciones), en la legislación estatal (Real Decreto de Modificación del Reglamento de Dominio Público Hidráulico) y en la Directriz Básica de Protección Civil para el riesgo de inundación.

Se ha utilizado el método de Témez para determinar los caudales de referencia en un determinado periodo de retorno. Este método es el recogido en el BOE nº 123 (instrucción de carreteras 5.2-IC <<drenaje superficial>>). En él, se recogen los criterios y fórmulas a tener en cuenta al calcular los caudales de avenida.

Así, las áreas inundables serán las zonas susceptibles de ser inundadas en el caso de una avenida para un periodo de retorno determinado. Aunque en este estudio no se han tenido en cuenta las aguas subterráneas ni la capacidad de anegamiento de los terrenos por el agua de lluvia, estos son aspectos que pueden ser considerados a la hora de elaborar un modelo de áreas inundables. Estos aspectos no influyen en la capacidad de arrastre de materiales, y por tanto no intervienen en la capacidad destructora de una avenida.

- Vulnerabilidad a los Incendios Forestales: los incendios han sido analizados en función de los tres pilares básicos en un incendio, así como los tres factores que influyen principalmente en un incendio: factor meteorológico, factor topográfico y factor combustibilidad.

El factor meteorológico se ha elaborado a partir de las capas de temperaturas y precipitaciones medias elaboradas por la Junta de Andalucía. Con los datos existentes en estas capas se han elaborado sendas matrices de puntuaciones para posteriormente unificar las valoraciones como atributos en una capa de información y obtener un valor final tras la realización de una suma lineal ponderada, donde a cada valor se le ha otorgado un 50% en la ponderación final, ya que se ha considerado igual de importante la existencia de suficientes precipitaciones que regulen la existencia de agua en el suelo y en la vegetación y la presencia de temperaturas suficientes que permiten la creación y desarrollo de un incendio.

El segundo factor tiene en cuenta la pendiente del terreno y la insolación de la ladera según su orientación. Así, las zonas con más peligro de incendios son las que dan al sur y al oeste. La capa es el resultado de la unión de las capas de orientaciones y de pendientes. La capa de orientaciones ha sido obtenida a través de la creación de un Modelo Digital del Terreno, a partir de las curvas de nivel. El MDT ofrece 8 posibles orientaciones que han sido agrupadas en 4 grupos para facilitar el proceso, así, las laderas que se orientan hacia el sur, el sureste o el suroeste se han agrupado en una sola clase y son las que tienen un mayor riesgo de incendio, mientras que aquellas que encaran el norte, el noroeste o el noreste forman otra clase y son las que tienen un menor riesgo. En un punto intermedio, tal y como se ha establecido en la clasificación realizada, se han clasificado las laderas que se orientan al este o al oeste, además de aquellos espacios considerados llanos por el MDT.

La capa de orientaciones se une con la capa de pendientes con la que se ha trabajado en el criterio aptitud, pero esta vez agrupando las pendientes en tres grupos: menos de 15°, 15-30° y más de 30°.

El proceso de valoración de este factor ha sido el mismo que se viene utilizando a lo largo de todo el trabajo, valoración a partir de la comparación por pares usando la matriz de Saaty y normalizando los valores con la fórmula ya utilizada. Posteriormente, se han sumado los valores de pendientes y los de orientaciones normalizados, dándosele a cada variable un 50% en el peso final del criterio.

Finalmente, el factor combustibilidad tiene en cuenta las formaciones vegetales en función de los modelos de combustibilidad, diferenciándose nueve tipos de combustibles y obviándose las zonas urbanizadas y las masas de agua por no ser de nuestro interés. En el siguiente cuadro aparecen las 9 clases utilizadas y el valor de combustibilidad que se le ha dado a cada una en la matriz de Saaty:

**Tabla 4. Valores asignados al factor combustibilidad**

Clases	Valor combustibilidad
Zonas en roturación	1
Cultivos leñosos en regadío	2
Cultivos herbáceos en regadío	3
Olivar	4
Cultivos leñosos en secano	5
Matorral disperso	6
Pastizal	7
Matorral	8
Arbolado denso	9

Fte. Elaboración propia

Estas clases han sido elaboradas mediante la agrupación de diferentes usos del suelos cuya combustibilidad es similar.

La combinación de los 3 factores se realiza mediante la sumatoria lineal ponderada, igual que se realizó en el criterio aptitud, pero esta vez, dividida por una constante que normalice el resultado final entre 0 y 5. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$IV = \left( \frac{T + 2B + 3C}{12} \right)$$

En la cual:

T= factor topográfico

B= factor combustibilidad

C= factor climático

Los intervalos utilizados son los siguientes:

**Tabla 5. Clasificación del índice de incendio**

Valores del índice IV	Clase de peligro
≤1	Muy bajo
1-2	Bajo
2-3	Moderado
3-4	Alto

Fte. Galacho (2.010)

### 4.3 Creación de la capa final de impacto

El proceso a seguir en esta ocasión es similar al utilizado para la creación de la capa aptitud.

Una vez tenemos los 4 criterios normalizados, siendo posible la comparación entre ellos, llegamos al último paso en el cálculo del riesgo total de la zona.. Para ello, se superponen los cuatro riesgos que ya hemos y se otorga a cada riesgo un peso en la fórmula final. El peso de los criterios corresponde a su relevancia a la hora de determinar el riesgo final del territorio, y ha sido calculado a través de la matriz de Saaty. Así, con los resultados obtenidos, al riesgo de erosión se le ha dado un peso de 0.07 en la fórmula final, al riesgo de movimiento en masa un 0.51, riesgo de inundación un 0.27 y al riesgo de incendio un 0.15. La razón de este reparto se basa en que el riesgo de cualquier tipo de movimiento en masa es determinante a la hora de edificar y en muchos casos, la propia construcción no hace más que aumentar e intensificar la probabilidad de que se produzca el movimiento, mientras tanto, el riesgo de incendio de inundación también es excluyente, ya que aunque se pueden tomar medidas preventivas estructurales y planes de vigilancia y evacuación, estas medidas no mitigan el peligro, por lo que las edificaciones están igualmente en peligro, aunque sean capaces de resistirlo de mejor forma y previsiblemente se verán afectadas por una avenida, según el periodo de retorno. Por último el riesgo de incendio no determina la edificación, siendo posible edificar en zona de alto riesgo, pero siendo necesario extremar las precauciones y el riesgo de erosión es alto que, aunque importante, no supone un riesgo considerable para la edificación, aunque esta pueda intensificar la acción erosiva del agua y el viento.

Una vez otorgado los pesos a cada riesgo, utilizamos el análisis al punto ideal tal y como se hizo en el criterio aptitud física, con la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo Natural Final} = \sqrt{\sum [0,51 (\text{Valor Riesgo Mov. masa normalizado}) - 1]^2 + [0,27 * (\text{Valor Riesgo Inundación normalizado}) - 1]^2 + [0,15 * (\text{Valor Riesgo Incendio normalizado}) - 1]^2 + [0,07 * (\text{Valor Riesgo Erosión}) - 1]^2}$$

Finalmente, para la normalización de las alternativas, estas deben tener valores entre 0 y 1, siendo 0 el mayor impacto y 1 el menor impacto. La ecuación para la normalización es la misma que se utilizó en el criterio aptitud:

$$e_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}}$$

Cuando tratemos con variables cualitativas, para la ordenación jerárquica de las mismas, hay que traducir los atributos a valores numéricos entre 0 y 1 utilizando la función de utilidad, para poder puntuar con un valor numérico a las variables de este tipo. El problema en este proceder consiste en establecer la ordenación jerárquica, teniendo que realizarse un análisis de preferencias. Estas preferencias pueden estar definidas o tener un nivel de incertidumbre, donde se introduce la componente subjetiva. Para evitar esa componente, se



recurre, al igual que en el criterio anterior, a las jerarquías analíticas, propuesto por Saaty para ordenar las preferencias.

#### **4.4 Evaluación de la capacidad de acogida**

Para finalmente alcanzar a conocer la capacidad de acogida hay que aplicar el análisis del punto ideal, considerándose los dos criterios utilizados con el mismo peso sobre la capacidad, ya que se considera que ambos influyen en la misma proporción en la capacidad de acogida del territorio.

Gráficamente, el proceso representa un espacio bidimensional que es delimitado por los ejes de aptitud e impacto, disponiéndose las alternativas a diferentes distancias del punto ideal, el cual representa la máxima capacidad de acogida, maximizando la aptitud y minimizando el impacto, por ello, se considera un aspecto específico en la normalización de los valores de distancias al punto ideal correspondientes a ambas capas, ya que los valores de aptitud e impacto están representados en cada alternativa a través de la distancia al punto ideal, de la aptitud y del impacto, respectivamente.

Por lo tanto, para integrar y unificar las capas en el análisis del punto ideal para la obtención de la capa final de capacidad, es necesario normalizar los valores de aptitud e impacto. En la normalización los valores más altos supondrán las mejores zonas y los valores más bajos serán las peores zonas, es decir, lo contrario al valor obtenido de la distancia al punto ideal, ya que las alternativas más susceptibles de ser impactadas, aquellas con distancias mayores en el eje de impacto, deberían tener valor 0, mientras que las menos impactantes deberían tener valor 1. Lo mismo ocurre con los valores de distancia al punto ideal en la capa de aptitud. Así, es fácil obtener las alternativas que maximicen la aptitud y minimicen el impacto, estableciendo el cálculo de las distancias entre cada alternativa y el punto ideal que maximiza la aptitud y minimiza el impacto simultáneamente (Galacho, 2.010).

Este procedimiento explica por qué los valores de los criterios de aptitud y de impacto para cada alternativa se obtuvieron utilizando un procedimiento de análisis del punto ideal, donde los valores más bajos representaban las alternativas más cercanas al punto ideal (las mejores), estableciendo por un lado las que mostraban una aptitud más alta y por otro, la más susceptibles a un impacto.

En este procedimiento, los valores de aptitud que fueron bajos, serán altos en el eje de aptitud y los mejores valores de impacto deben representar el máximo valor en el eje de impacto.

El proceso para la obtención de la capa de capacidad de acogida y de los valores de distancias al punto ideal es el siguiente:

1. Superposición de los criterios mediante su unificación.

2. Normalización de los valores obtenidos de la distancia al punto ideal de los dos criterios utilizados, utilizando la misma ecuación que hemos realizado para la normalización de cada uno de los factores que componen los criterios

$$e_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}}$$

En la cual:

$e_{ij}$ = valor normalizado de la alternativa  $i$  en el criterio  $j$

$x_{ij}$ = valor de la alternativa  $i$  en el criterio  $j$

max. y min= los valores máximos y mínimos de las alternativas.

En la ecuación, los valores cercanos a 1 representarán el mínimo impacto o la máxima aptitud, según la capa y los valores cercanos a 0, el máximo impacto o la mínima aptitud, según la capa. Estos valores deben introducirse como atributos a la capa de la capacidad de acogida

4. Calcular la distancia de cada alternativa al punto ideal utilizando la fórmula usada previamente en ambos criterios

5. Una vez obtenido el resultado, se consideran las distancias más pequeñas como las más cercanas o similares al punto ideal, gozando estas de una mayor capacidad de acogida.

## 5. RESULTADOS

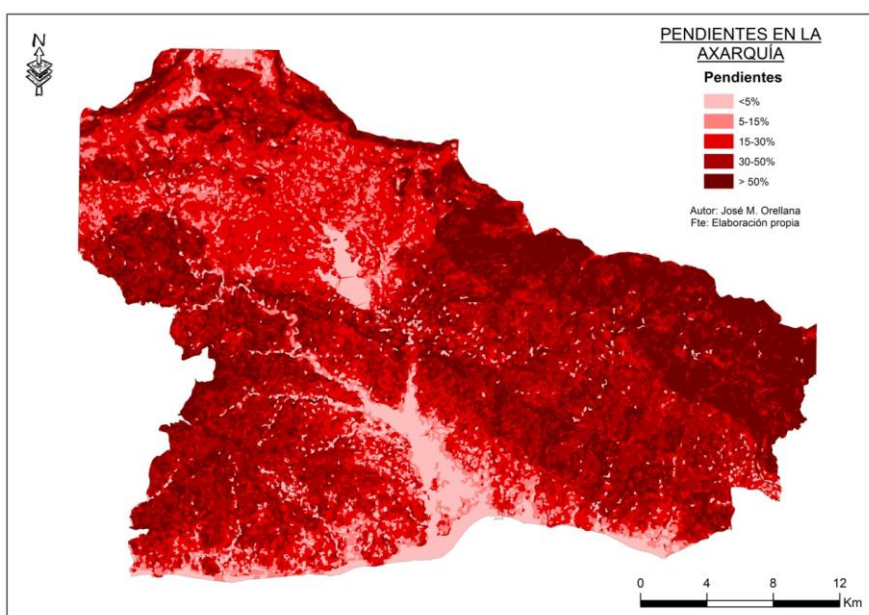
En este apartado se analizan los resultados obtenidos en la zona de estudio, tanto de los criterios principales (aptitud e impacto), como de cada uno de los factores que los componen.

Estos resultados han sido obtenidos después de la aplicación de la metodología ya descrita, y del cruce de dicha información con la capa existente que recoge los diseminados de la zona. Así, podemos realizar dos análisis, el primero, de los resultados según aparecen en las capas resultantes, y un segundo análisis al cruzar los criterios y sus factores con los diseminados de la zona. El objetivo de este segundo análisis, el cual casa más con el objeto de evaluación de este trabajo, que es llegar a conocer y valorar la capacidad de acogida del territorio, es conocer el patrón de asentamiento de dichos diseminados según cada uno de los factores, y valorar su ubicación.

Empezando por el criterio aptitud, tenemos los siguientes factores: pendientes, litología y estabilidad.

Este criterio se refiere al grado de inclinación del terreno en la comarca. En este criterio establecíamos 5 intervalos de pendientes: >5%, 5-15%, 15-30%, 30-50% y >50%, que se corresponden con las siguientes categorías, según dicha pendiente: zonas llanas, pendientes suaves y moderadas, pendientes fuertes, pendiente muy fuerte y zona escarpada.

**Figura 1. Pendientes**



Las zonas predominantemente escarpadas ( $>50^\circ$ ) se encuentran al este y especialmente al oeste del límite comarcal. Estas áreas corresponden a los Montes de Málaga en el oeste, y a la zona alta de la Sierra de Tejeda y Almirajara. Al norte también existen algunas zonas escarpadas, pero estas no tienen una gran extensión espacial. En total, estas zonas suman una extensión de 226 km<sup>2</sup>.

Desde estas zonas, la disminución de la pendiente es gradual conforme nos acercamos al Valle del río Vélez, que ocupa la zona central de la zona de estudio. Tanto el valle del río como la zona costera son consideradas como zonas llanas, es decir, su pendiente es inferior al 5%. Así, en la zona inmediatamente contigua al valle dominan las pendientes suaves y moderadas (5-15%). Las pendientes suaves también abarcan una amplia zona al este, oeste y norte del Embalse de la Viñuela, extendiéndose por los municipios de Periana, Riogordo, Alcaucín, El Borge o Cútar. Las pendientes fuertes (15-30%) y muy fuertes (30-50%) se extienden contiguas a las zonas escarpadas, en las faldas de los Montes de Málaga y Sierra Almirajara, siendo municipios eminentemente ocupados por pendientes fuertes y muy fuertes Canillas de Aceituno, Sedella, Salares, Canillas de Albaida, Cómpeeta y Frigiliana, en el sector este, y Moclinejo, Totalán, El Borge, Comares, Colmenar y Almáchar.

Pasando al análisis de las edificaciones, según la pendiente existente, a nivel comarcal encontramos que solamente el 7,9% de las edificaciones recogidas en la base de datos están urbanizadas sobre pendientes inferiores al 5%, consideradas estas zonas como aptas para cualquier tipo de uso urbano, según la clasificación proporcionada por Marsh en 1.978.

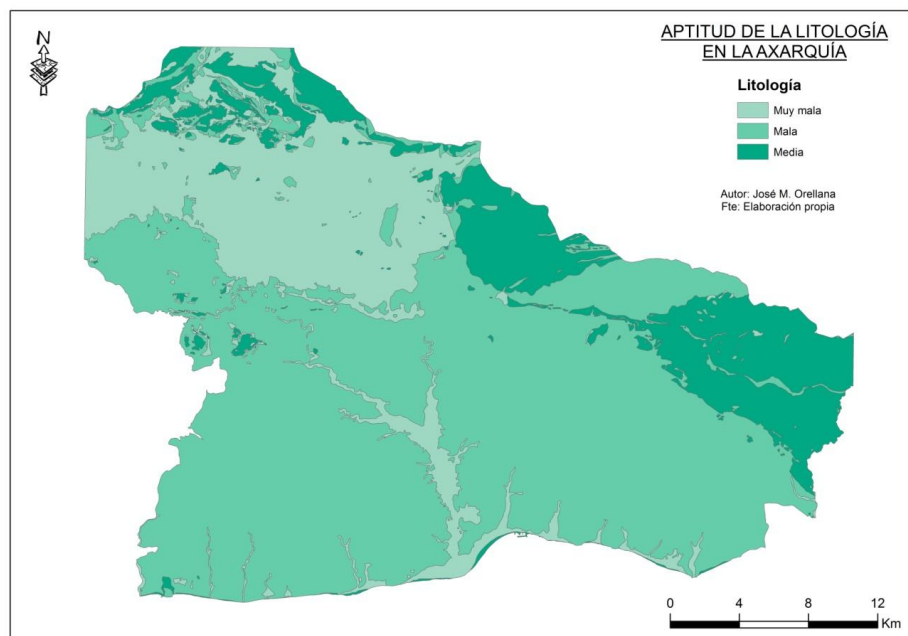
Esta misma clasificación establece como zonas no adecuadas para los usos urbanos a aquellas con pendientes superiores al 25%, ya que se entiende que las construcciones en estas pendientes son difíciles, además, conllevan grandes movimientos de tierra de los que se pueden derivar riesgos de movimiento en masa.

Así, siguiendo con la clasificación de Marsh, las pendientes superiores al 25% han sido repartidas en dos intervalos en este estudio, aquellas con pendiente superior al 50% concentran el 8,15% de los asentamientos y las que tienen una pendiente comprendida entre 30-50% acogen al 40% de las viviendas. La suma de los porcentajes muestra que prácticamente el 50% de las viviendas se encuentran en suelo calificado como no apto para los usos urbanos, por las dificultades que supone y los riesgos que conlleva.

El siguiente criterio a tratar es el de litología, en este criterio, basado en la capacidad portante de la litología y su compresibilidad, se trata de analizar qué litologías son las más aptas para la construcción. A partir de la clasificación realizada, distinguiendo 5 categorías, desde muy mala hasta muy buena pasando por mala, media y buena, se observa que en la zona de estudio no encontramos ninguna litología calificada como muy buena o buena, siendo el nivel medio el más idóneo para la construcción.

Según los datos obtenidos, los materiales con una mayor puntuación han sido los calcáreos, calizas, dolomías y mármoles. Esto se debe a su alta capacidad portante y a su baja compresibilidad, dos factores que facilitan la construcción y evitan movimientos derivados de los cambios en la carga sobre la litología. Estos materiales se localizan sobre las Sierra Tejeda, en los municipios de Canillas de Aceituno y Alcaucín y Sierra Almijara, principalmente en los municipios de Cómpeeta y Frigiliana. Al norte de la comarca también encontramos zonas calizas, en los municipios de Alfaratejo y Alfarate, es la zona donde se localiza el conjunto calizo del manto maláguide, destacando las Sierras de Camarolo, Sierra del Jobo y Sierra de Alhama.

**Figura 2. Aptitud litológica**



En cambio, las zonas calificadas como la peor litología para la construcción son las zonas compuestas por materiales aluviales. Estas zonas se encuentran en los valles de los ríos, destacando el río Vélez y el río Algarrobo. El bajo valor obtenido por estas litologías se debe

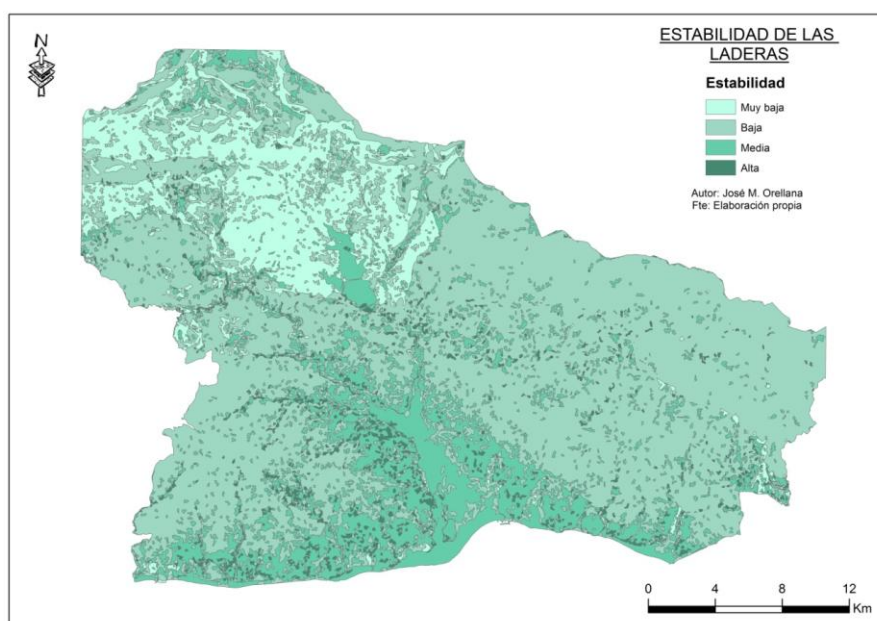
a su bajísima capacidad portante, llegando a clasificarse esta como nula. También se ha calificado como litología muy mala la zona del Flysch de Colmenar, con materiales arcillosos y margosos, así como brechas. Estos materiales se caracterizan por su baja capacidad portante y su alta compresibilidad, cambiando fácilmente de volumen, expandiéndose y contrayéndose. Llama la atención el hecho de que existen áreas que han obtenido una alta puntuación en este criterio, por tratarse de litologías que soportan muy bien la construcción sobre ellas, y una baja puntuación en el criterio de pendientes (calizas y mármoles), tal y como ha ocurrido en Sierra Tejeda y Almirajara, y es que esas zonas, aunque con buena litología, tienen pendientes muy fuertes por lo que en la realidad, y como se verá en el análisis del criterio aptitud más adelante, no son apropiadas para la construcción.

Es llamativo el hecho de que no exista en toda la comarca una litología buena o muy buena para la construcción. La falta de estas litologías no ha afectado al desarrollo urbanístico de la región y en muchas ocasiones, esa ausencia ha sido subsanada por medio de el uso de la técnica.

En lo relativo a la distribución de los diseminados, el 15% se localiza sobre litología muy mala para la construcción, mientras que el 83% están implantados en litologías malas para la edificación sobre ellas. Finalmente, el 2% restante son diseminados sobre litologías medias.

El tercer y último criterio que compone el criterio aptitud física es el criterio de estabilidad. Este criterio está compuesto por la resistencia al corte de la litología y por la pendiente de la ladera. Se han creado 5 intervalos según la estabilidad: muy baja, baja, media, alta y muy alta.

**Figura 3. Estabilidad de la litología**



Después de la normalización de los datos, no existe ninguna zona con un valor cercano a 1, el valor óptimo teórico, lo que significa que no existe en la zona de estudio un área cuya

estabilidad sea óptima, representado este supuesto por el valor 1. Las zonas donde la estabilidad se aproxima más al ideal teórico son la franja costera y el Valle del Río Vélez. Existen pequeñas zonas dispersas por toda la zona de estudio con una estabilidad alta, existiendo una mayor concentración alrededor del Valle del río Vélez y en la costa, la zona de estabilidad media se extiende por las mismas zonas, disminuyendo su relevancia conforme nos desplazamos hacia el norte. Al norte de Vélez- Málaga existe una amplia zona de estabilidad media que se corresponde con el Embalse de la Viñuela. No obstante, en la mayor parte del territorio la estabilidad es baja. Al norte del Valle del Río Vélez, rodeando el embalse de la Viñuela, en los municipios de Alcaucín, Periana, Alfarnatejo, Riogordo, El Borge, Cútar y Almáchar, existe una amplia zona cuya estabilidad es muy baja. Esta zona de menor estabilidad coincide con la localización del Flysch de Colmenar, con materiales margosos y arcillosos que tienen una baja resistencia al corte y son altamente inestables, habiéndose recogido numerosos deslizamientos de tierra, además de otros procesos gravitacionales, como han recogido en sus estudios Irigaray y Chacón (1.991).

Por lo tanto más allá del Valle del Vélez y del Flysch de Colmenar, en el resto del territorio predomina una estabilidad baja. Las zonas de mayor estabilidad son pequeños puntos de escasa extensión superficial localizados a los lados del Valle del Vélez y en la zona costera.

Respecto al patrón de asentamiento de los diseminados, el 11% están en zonas de estabilidad muy baja, lo que supone que están en una situación delicada provocada por los riesgos asociados a la inestabilidad de las laderas. Además, a ese 11% podemos sumarle el 53% que se asientan en zonas de baja estabilidad. Por lo tanto, casi un 65% de los diseminados están en zonas inestables. Este alto porcentaje no hace más que mostrar que la construcción que se ha producido en la comarca no ha seguido ningún tipo de vigilancia ni control previo. Estos diseminados corren el riesgo de verse afectados por un movimiento de tierra lo que supone un peligro tanto para la población como para los bienes y el medio.

En el otro lado, solo un 5% se sitúan sobre zonas estables y un 30% en zonas de estabilidad media.

Después del análisis de los resultados obtenidos en los tres criterios anteriores, la composición de todos ellos forma la que es una de las dos patas sobre las que se sustenta nuestro trabajo y que vamos a analizar a continuación, la aptitud física del territorio. La clasificación realizada diferencia 5 clases, de menor aptitud a mayor: muy mala, mala, media, buena y óptima.

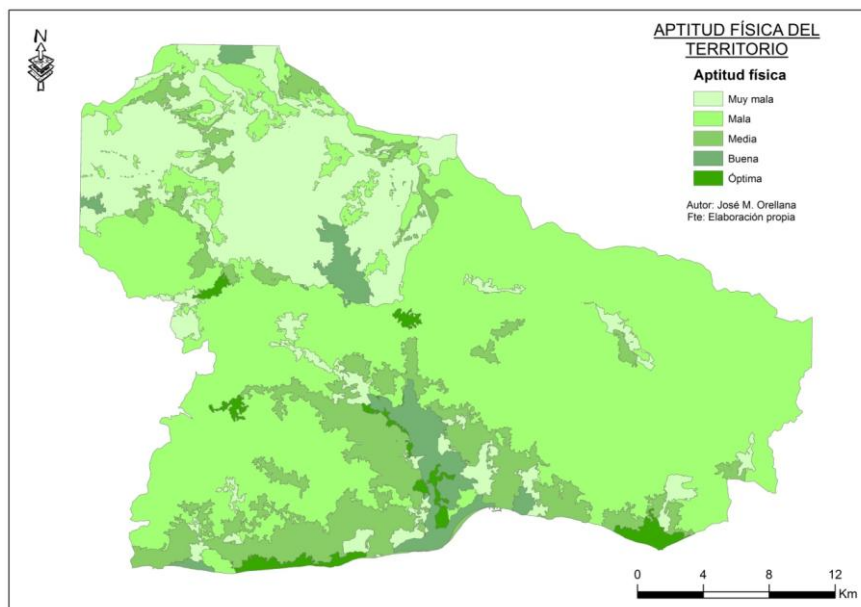
La cartografía realizada muestra como la mayor parte de la superficie de la zona de estudio tiene una aptitud calificada como mala. Esta calificación se basa principalmente en el peso que tiene la estabilidad en el resultado que se muestra en el mapa. La calificación otorgada a la estabilidad resulta determinante a la hora de calificar la aptitud del terreno, coincidiendo la zona de peor estabilidad con la zona que tiene una peor aptitud. Esto ocurre en menor medida con la pendiente existente y no tiene apenas influencia en el caso de la litología. Así, podemos encontrar áreas con litologías consideradas muy buenas para la urbanización y que tienen una calificación de su aptitud mala o media. La zona con una peor

aptitud se localiza al norte del Valle del río Vélez, y en el norte de la zona de estudio, esencialmente sobre los municipios de Alcaucín, Periana, Alfarnatejo, Colmenar, Riogordo, Almáchar, Cútar y El Borge.

Las zonas con una buena aptitud se extiende por el Valle del río Vélez y el delta del mismo río, conforme nos alejamos de la desembocadura la aptitud varía. La extensa zona calificada como buena al norte del valle se corresponde con el Embalse de la Viñuela. Aunque mediante el proceso de evaluación haya recibido esta calificación, en realidad no goza de tal aptitud.

Las zonas óptimas se caracterizan por ser pequeños núcleos aislados unos de otros. La mayoría de estas zonas se encuentran alrededor del río Vélez y en zona costera, aunque existen otros núcleos en los Montes de Málaga y en la mitad norte de la Axarquía. El municipio que engloba un mayor número de zonas óptimas es Vélez- Málaga.

**Figura 4. Aptitud física del territorio**



En el análisis de la distribución de los diseminados en el territorio se observa cierta paridad con la superficie que ocupa cada clase, así, al igual que se observaba que la mayor parte del territorio se calificaba con una aptitud mala, el 51% de los diseminados recogidos en la capa se encuentran sobre suelo con una aptitud baja. Además, el 13% de los diseminados se localizan sobre zonas con una aptitud muy mala para la edificación. Por lo tanto, casi un 65% de los diseminados registrados se localizan sobre zonas de baja o muy baja aptitud física. Este dato refleja la insostenibilidad y la falta de planificación en la urbanización difusa que se ha producido en la zona. Este elevado porcentaje nos muestra como ante un medio que no favorece la urbanización en gran parte del territorio, la utilización de la técnica y los intereses económicos han priorizado a la capacidad del medio para la construcción.

El 27% de los diseminados se asientan sobre suelos con una aptitud media, localizados en las faldas de los Montes de Málaga y Sierra Tejera y Almijara, y a los lados del río Vélez.

Finalmente, buscando las zonas de mayor aptitud, encontramos las zonas buenas y óptimas. Sin embargo, como se ha explicado, estas zonas no se caracterizan por su extensión superficial, siendo pequeñas zonas en comparación con el resto de clases. Su escaso tamaño hace que existan menos asentamientos ubicados sobre ellas. Así, solamente un 5% de los diseminados se encuentran en zonas óptimas, y menos aún, un 2'85% de los diseminados se localizan sobre zonas de aptitud buena. La mayoría de estos diseminados se encuentran en el Valle del río Vélez y en la costa.

El desequilibrio existente entre el 65% de los asentamientos en zonas de mala aptitud con el 7% de los mismos sobre zonas buenas desde el punto de vista de la aptitud, muestra la insostenibilidad de los diseminados en la zona, habiéndose instalado estos sin tener en cuenta la aptitud del territorio. Este hecho es una prueba de la falta de control y evaluación territorial previa a la urbanización. Aunque la aptitud física del territorio no es un criterio limitante a la hora de construir, esta debe ser tenida muy consideración en los casos donde sea calificada como mala o muy mala, no solamente porque territorialmente pueda actuar como limitante, si no porque, en general, las zonas con una peor aptitud son las mismas que tienen asociados más riesgos, véase un ejemplo: alta pendiente y baja estabilidad están asociadas al riesgo de movimientos en masa y de erosión de las laderas.

En este trabajo se persigue conocer la capacidad de acogida del territorio con la intención de analizar la realidad territorial de forma más profunda, pero también se persigue que los resultados sirvan para ayudar a reajustar el proceso de urbanización difusa, apuntando a la concienciación social. En esta concienciación, se entiende que antes de cualquier urbanización no se va a realizar una evaluación de la aptitud física del territorio tal y como se ha realizado aquí, pero sí que se tengan en cuenta los factores que se han utilizado. En este proceso, el sentido común juega un importante rol.

Una vez analizados los resultados del criterio aptitud física pasamos al análisis de los resultados del criterio riesgo.

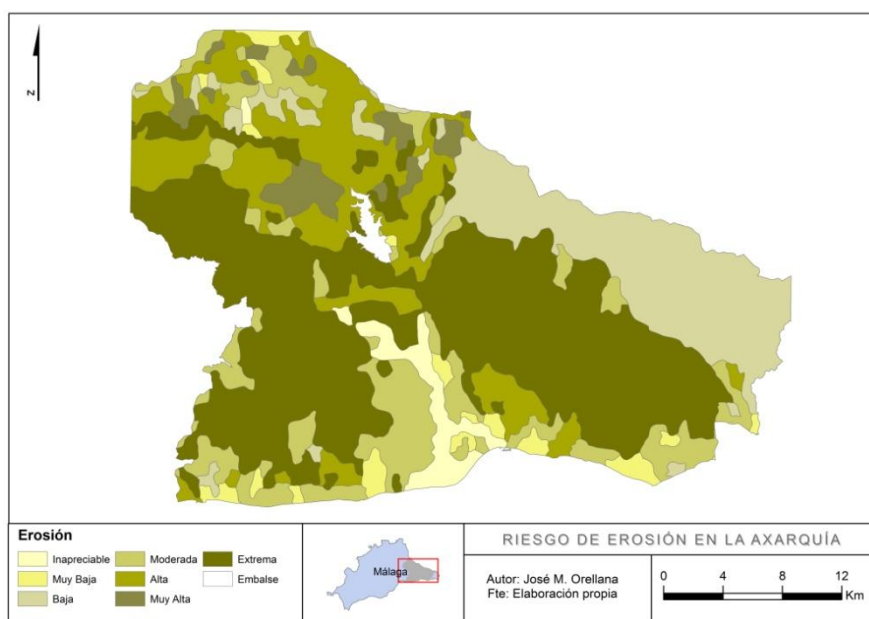
Este criterio, como ya se ha explicado, se ha analizado a partir del análisis de diferentes riesgos naturales. Está compuesto por el riesgo de erosión, el riesgo de movimientos en masa, el riesgo de inundación y el riesgo de incendio.

El primer riesgo que se ha calculado es el del riesgo de erosión. En este riesgo se han establecido 7 clases según el riesgo de erosión existente, de mayor a menor: extremo, muy alto, alto, moderado, bajo, muy bajo e inapreciable.

La distribución espacial de estos riesgos muestra como existen una amplia zona de riesgo extremo que se extiende por el sector occidental, desde el norte en los municipios de Colmenar, Riogordo, Comares, Cútar, El Borge, Almáchar, Iznate, Benamargosa, Vélez-Málaga, Macharaviaya, Moclinejo hasta el Rincón de la Victoria en el sur, que se conecta con otra amplia zona de riesgo extremo a los pies de Sierra Almirajara, por los municipios de Arenas, Sedella, Canillas de Aceituno, Sayalonga, Vélez- Málaga, Cómpea y Torrox. También aparecen en el sector norte amplias zonas con un riesgo alto.



**Figura 5. Riesgo de erosión**



En el otro lado, tenemos las zonas con riesgo inapreciable, muy bajo y bajo. Estas zonas se concentran en el Valle del Vélez, la zona costera y la zona más alta de la Sierra de Almirajara, respectivamente.

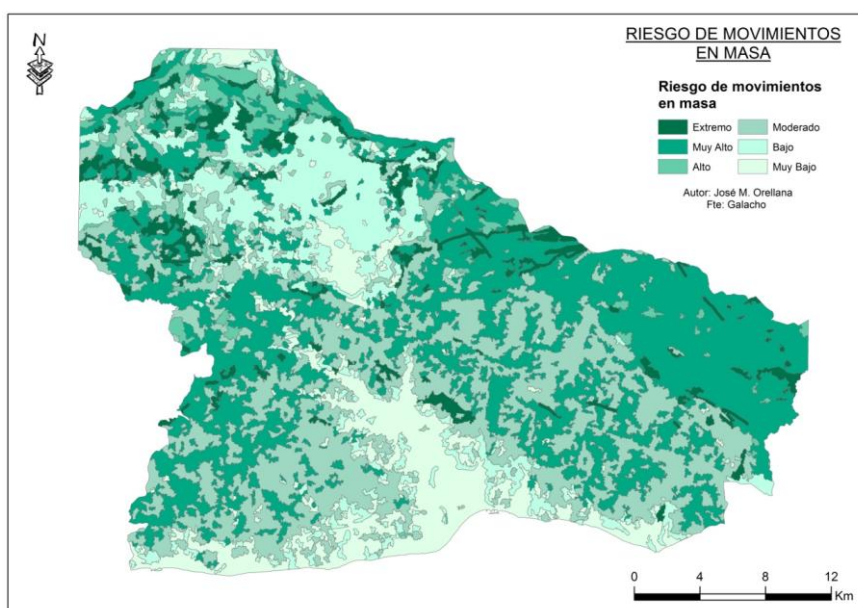
Además, se ha diferenciado el Embalse de la Viñuela, excluyéndolo de la zona de estudio al entenderse que no puede producirse erosión sobre la superficie hídrica.

Si tratamos la distribución de los diseminados en relación a este riesgo, podemos concluir que la mayoría de estos están situados en zonas con riesgo alto, muy alto o extremo. El 17,5% de los diseminados están en zonas de alto o muy alto riesgo de erosión, mientras que solo 1,5% de ellos están en zonas de riesgo muy alto. Estos diseminados se sitúan en la mitad norte del área de estudio y en algunos sectores de Vélez- Málaga y Algarrobo. Sin embargo, la zona de riesgo extremo es la que alberga la mayor parte de los diseminados, un 60% de estos están en la zona de mayor riesgo.

En el otro lado de la balanza, si analizamos las zonas de riesgo inapreciable, muy bajo y bajo, vemos que solo el 9% de los asentamientos dispersos se establecen en estas zonas.

El siguiente tipo de riesgo que se ha tenido en cuenta es el riesgo por movimientos en masa. Este riesgo hace referencia a la probabilidad, según las características del medio, sus factores determinantes y activadores, de la existencia de un movimiento gravitacional. En este riesgo se han distinguido los siguientes intervalos: muy bajo, bajo, moderado, alto, muy alto y extremo.

**Figura 6. Riesgo de movimientos en masa**



La superficie con un riesgo extremo de movimientos en masa es de 54 km<sup>2</sup>, repartidos de forma dispersa por la Sierra de Almirajara, Sierra Tejeda, Flysch de Colmenar y Montes de Málaga. En el mapa se observa que conforme nos situamos en zonas bajas y costeras, el riesgo es menor. Los riesgos bajos y muy bajos se extienden sobre 124 y 103 km<sup>2</sup> respectivamente y se localizan en la zona costera y el Valle del Vélez, así como en amplios sectores del Flysch de Colmenar. La zona de riesgo muy bajo al sur del Flysch de Colmenar se corresponde con el Embalse de la Viñuela, tal y como ha ocurrido en otros análisis anteriores, la calificación como muy baja ha sido otorgada durante el proceso de valoración, al no producirse movimientos en masa sobre la superficie del embalse, pero esta valoración no debe ser tomada en consideración en el estudio.

La categoría con una mayor extensión superficial es la calificada como riesgo muy alto, con 334km<sup>2</sup>, que se extiende sobre las zonas montañosas de la comarca, rodeando en muchos casos a las zonas de riesgo extremo, pero a diferencia de estas, las zonas de riesgo muy alto se extienden prácticamente hasta áreas cercanas al valle y a la costa. La razón de esto es la cercanía de las cadenas montañosas a la línea de costa.

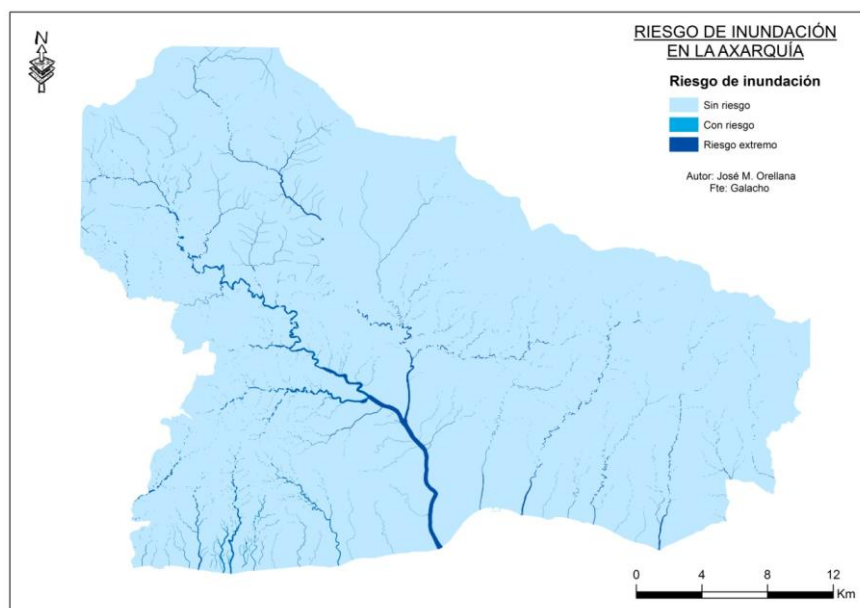
En lo relativo a la distribución espacial de los diseminados, empezando por las zonas de mayor riesgo, el 4% de los diseminados se sitúan en zonas de riesgo extremo de ocurrencia de movimientos en masa. A este 4% podemos sumarle el 24,5% de los mismos en zonas de riesgo muy alto y el 1% en zonas de riesgo alto. Así, casi un tercio de los diseminados están localizadas en zonas con un riesgo considerable. Estas zonas, ya con un riesgo considerable de sufrir cualquier tipo de movimiento gravitacional, ven aumentado el riesgo debido a la inducción al mismo que supone la construcción de una vivienda o un vial, produciéndose zapamientos de laderas, grandes movimientos de materia, cambios en la carga, construcción en muchos casos de fosas sépticas, etc. Este dato vuelve a ofrecernos otro ejemplo del descontrol que ha dominado y en muchos casos aún domina en la urbanización de la zona. El riesgo de movimiento en masa es, a todas luces, un factor excluyente para la construcción,

estando ésta totalmente prohibida en áreas donde el riesgo de movimientos gravitacionales sea alto. La existencia de medidas de mitigación estructurales intentan disminuir la vulnerabilidad de las viviendas ante movimientos de pequeña envergadura, sin embargo, estas medidas son insuficientes ante la posibilidad de un evento extremo. El resto se sitúan en zonas de riesgo muy bajo, bajo y moderado, siendo este último el más poblado con el 43% de las viviendas.

El siguiente riesgo que compone la vulnerabilidad de la zona es el riesgo de inundación. Este riesgo hace referencia a la probabilidad de que una zona sufra una inundación en un determinado periodo de retorno. Para el análisis de este riesgo tan solo se han diferenciado tres clases: zonas con riesgo extremo de inundación, zonas con riesgo de inundación y zonas sin riesgo de inundación.

Dado que este riesgo se ve restringido a las zonas cercanas a ríos y arroyos cuyo tamaño sea suficiente para, en caso de avenida, inundar el área circundante. Además, tienen que ser espacios lo suficientemente llanos como para que el agua se estanque, produciéndose la inundación. Estos factores hacen que las zonas con riesgo extremo se vean restringidas a los cauces de los ríos durante las avenidas ordinarias o con periodos de retorno de 50 años, y las zonas con riesgo a zonas inundables por avenidas con periodos de retorno de 100 años.

**Figura 7. Riesgo de inundación**



Existen una serie de ríos con jerarquía suficiente como para tener una zona de riesgo máximo continua, sin intermitencias. Los ríos más destacados son: río Guaro, en Periana, el río de la Cueva, en Riogordo, Comares, Cútar y Benamargosa, donde confluye con el río Vélez, el río Almáchar, en Almáchar y Vélez, donde afluye al río Vélez, el río Benamargosa, en Benamargosa, en la costa, el río Granadilla y el río Benagalbón, ambos en Rincón de la Victoria, el río Algarrobo, en el municipio del mismo nombre, el río Torrox en Torrox, el Arroyo Íberos y el río Seco, en Vélez-Málaga, y finalmente, también en Vélez- Málaga, el río más importante de la comarca y uno de los más importantes de la provincia de Málaga, sobre

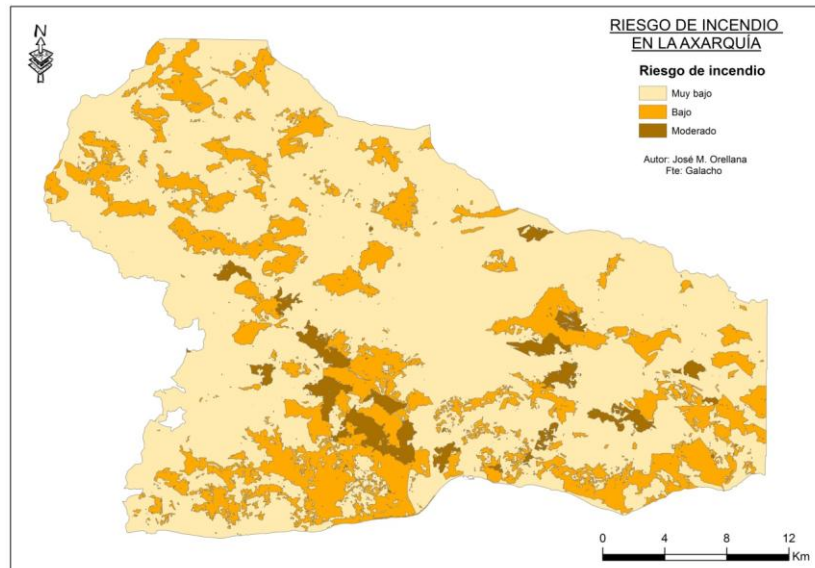
el cual está construido el Embalse de la Viñuela y el cual articula el territorio de la Axarquía, el río Vélez.

Si nos fijamos en la distribución de los diseminados en la comarca, vemos que existen viviendas en zonas de riesgo y de riesgo extremo. Casi un 1% de los diseminados están en zonas de riesgo extremo y un 0,5% en zonas de riesgo. Por último, el resto, un 98% de las viviendas están alejadas de cauces por lo que no existe ningún riesgo de inundación.

El último componente del riesgo es el riesgo de incendio. Este riesgo hace referencia a la probabilidad de que exista un incendio y que este pueda propagarse. Para ello, ya se explicaron los factores que se han tenido en cuenta, climático, topográfico y combustibilidad de los usos. En este riesgo se ha establecido una clasificación con 4 intervalos: muy bajo, bajo, moderado y alto.

La zona de riesgo alto de incendio es muy escasa, apenas, unos cuantos núcleos muy pequeños en los municipios de Periana y Alcaucín que en total suman 5 hectáreas, que han sido obviadas en el mapa al obviarse los polígonos de pequeño tamaño para facilitar la comprensión del mismo. La mayor parte del territorio tiene un riesgo muy bajo de incendio. Las zonas de riesgo bajo se encuentran dispersas por toda la comarca de forma más o menos homogénea, aumentando estas alrededor del río Vélez y en una zona de la Sierra de Almirajara. Esta zona tiene una extensión superficial de 160 km<sup>2</sup>.

**Figura 8. Riesgo de incendio**



Menor extensión aún, 24 km<sup>2</sup>, tienen las zonas de riesgo moderado de incendio. Los núcleos de mayor entidad de riesgo moderado se localizan sobre el valle del Vélez y en algunas zonas de la Sierra de Almirajara, en Frigiliana, Salares, Árchez, Canillas de Albaida y Arenas.

Cuando pasamos al análisis de la distribución de los asentamientos, parece lógico pensar que dada la gran extensión de las zonas de riesgo muy bajo, la mayor parte de los diseminados estarán situados sobre esta zona. Esta hipótesis se confirma al ver el mapa de

distribución, ya que casi el 80% de las viviendas se encuentran sobre esta clase. El resto, un 17%, están situadas sobre zonas de riesgo bajo, y finalmente, un 3% sobre las áreas de riesgo moderado. En este caso, no existe ningún diseminado sobre zona de riesgo de incendio muy alto.

El conjunto de estos criterios forman el criterio final que evalúa el riesgo total de la zona y que conforma la segunda pata sobre la que se sustenta este estudio. En este criterio se unifican los 4 riesgos que hemos visto hasta ahora, pero no todos tienen la misma relevancia en el riesgo final. Tal y como se ha explicado en el apartado de la metodología, el riesgo de movimientos gravitacionales es el que tiene más relevancia, seguido del riesgo de inundación, riesgo de incendio y el riesgo de erosión en último lugar. Por lo tanto, las zonas de riesgo alto y muy alto tenderán a coincidir con las zonas de riesgo alto de los dos criterios principales, siendo difícil encontrar una zona clasificada con un riesgo muy alto basada en el riesgo de incendio o en el de inundación. En este criterio se han diferenciado cinco clases de riesgo: muy alto, alto, moderado, bajo y muy bajo.

Las zonas de riesgo muy alto son escasas y tienen poca extensión superficial y todas ellas se encuentran cercanas a los límites comarcales, en las zonas altas de los Montes de Málaga, Sierra de Almijara y Sierra Tejeda y Alhama. Sin embargo, sí que es reseñable la extensión de la zona de riesgo alto, siendo, de lejos, la zona más extensa, con 430 km<sup>2</sup>. La zona de riesgo alto se extiende de forma continua por la Sierra de Almijara, las sierras calizas del norte de la comarca, Camarolo, Jobo y Alhamas, y los Montes de Málaga. Conforme nos acercamos a la costa y río Vélez, estas zonas empiezan a perder su continuidad, siendo cada vez más discontinuas hasta prácticamente desaparecer, existiendo aún así algún polígono aislado.

Las áreas con riesgo moderado se encuentran alrededor de las anteriores y actúan como nexo de unión entre las zonas de riesgo alto y las de riesgo bajo, intercalándose con ambas. Su extensión superficial también es considerable, 250 km<sup>2</sup>, y se localizan en las faldas de los Montes de Málaga y la Sierra Almijara, siendo su presencia en el norte apenas reseñable.

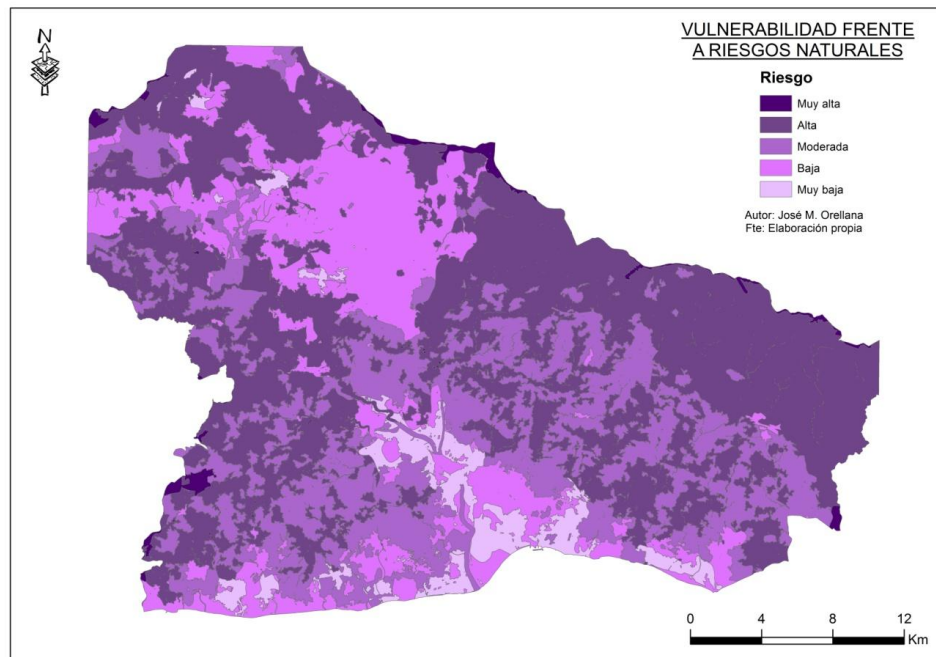
Finalmente, las zonas de riesgo bajo y muy bajo ocupan el Flysch de Colmenar y el valle del Vélez respectivamente, alternándose ambos en la franja costera. Las zonas de riesgo bajo se extienden por 174 km<sup>2</sup> mientras que las de riesgo muy bajo tienen una superficie de 42 km<sup>2</sup>, la mayor parte de ellos en el municipio de Vélez- Málaga.

Tras el análisis territorial, pasamos al análisis de la distribución de los diseminados según la clasificación del riesgo en el territorio.

Empezando por la zona de menor riesgo, el 5% de los diseminados están sobre esta zona, la mayor parte de ellos en el Valle del Vélez o en la franja costera. En el siguiente nivel, un 20% de las edificaciones están implantadas sobre zonas de riesgo bajo, principalmente en los municipios ubicados en las faldas de las sierras que circundan la comarca. En la zona de riesgo moderado localizamos al 43% de los diseminados. Esta zona, aunque no es la más extensa, está ampliamente repartida, ocupando sectores en las zonas montañosas, en las zonas

costeras y en el valle. A partir de aquí podemos concluir que los diseminados implantados en las siguientes clases corren serio peligro de sufrir alguno de los riesgos tratados. El 33% de los asentamientos están construidos sobre zonas de riesgo alto, la de mayor extensión. En la mayoría de estas zonas, ese riesgo alto viene dado por el factor movimientos en masa o la conjunción de diferentes riesgos.

**Figura 9. Riesgo final**



Finalmente, únicamente un 0,5% de los asentamientos están en zonas de riesgo muy alto, ya que como se ha dicho, estas zonas están dispersas y tienen pequeño tamaño.

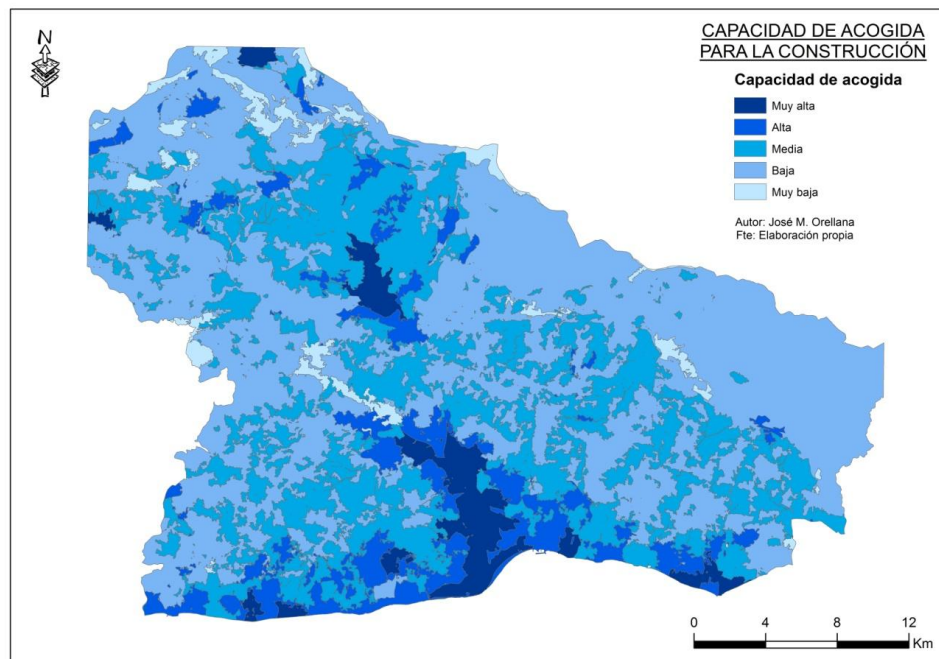
Si sumamos los porcentajes, un 34,5% de los diseminados están en zonas de riesgo alto o muy alto. Este porcentaje es muy alto teniendo en cuenta la variedad de riesgos analizados. Como ya hemos dicho, el riesgo de movimiento en masa y el riesgo de inundación son limitantes para la construcción por lo que parece inverosímil que existan viviendas en zonas de alto riesgo. Las razones hay que buscarlas en intereses especulativos y en la falta de análisis y control por parte de las administraciones, especialmente las locales, que en muchos casos se han lucrado con estas actividades.

Más allá del análisis de la distribución de los diseminados, podemos decir que la Axarquía es, en general, una zona donde la vulnerabilidad antes los diferentes riesgos tiende a ser alta. Es cierto que las zonas con mayor vulnerabilidad se localizan en zonas donde las concentraciones de población son menos numerosas y de menor entidad. En general, las zonas con menor vulnerabilidad tienen una mayor concentración de población. Pero al mismo tiempo, las zonas de riesgo alto incrustadas en zonas de vulnerabilidad baja, también concentran grandes densidades de población, especialmente en la costa y el Valle del Vélez. Estas zonas de riesgo alto rodeadas de zonas de riesgo bajo son las más peligrosas, ya que territorialmente son similares a sus circundantes y eso puede provocar un exceso de confianza

por parte de la población, que puede olvidar los riesgos existentes y ser gravemente afectada en caso de que el peligro se materialice.

Una vez se han calculado y analizado las dos patas del trabajo, llegamos al análisis de la capa final modelo, el objetivo del trabajo. Esta capa muestra la capacidad de acogida del territorio a partir de la unificación del criterio aptitud física y del criterio riesgos. Los resultados obtenidos son analizados en este apartado. Estos resultados, siguiendo con el procedimiento que se ha seguido a lo largo de todo el proyecto, se han clasificado en 5 intervalos según la capacidad de acogida del territorio: muy baja, baja, media, alta y muy alta.

**Figura 10. Capacidad de acogida**



La lógica hace pensar que las zonas con una mayor capacidad de acogida serán aquellas que tengan una aptitud física mayor y un riesgo menor.

Las zonas con la menor capacidad de acogida se encuentran predominantemente en la zona norte de la comarca, ocupando una superficie total de 30 km<sup>2</sup>, en los municipios de Alfarnate, Alfarnatejo, Periana, Riogordo y Colmenar. También existen otros polígonos en los Montes de Málaga, en los municipios de Comares, Cútar, Benamargosa y la zona oeste de Vélez- Málaga, y en la Sierra de Almijara, en Canillas de Aceituno, Sedella, Canillas de Albaida y Cómpeta. En todos los casos, estas zonas coinciden con sectores que tienen una aptitud física muy mala y una vulnerabilidad muy alta o alta.

Siguiendo con las zonas donde la construcción no es recomendable, encontramos las zonas con una baja capacidad de acogida. Estas zonas poseen la mayor extensión superficial de las 5 clases diferenciadas, extendiéndose por 462 km<sup>2</sup>, repartidos por toda la comarca de forma más o menos continua. Coinciden con las zonas de aptitud mala o muy mala y con riesgo alto. Ocupan grandes sectores de las sierras orientales de la comarca, desde Alcaucín hasta Frigiliana, llegando hasta el Valle del Vélez y la costa oriental (Torrox y Algarrobo).

Por el norte y el oeste también representan un continuo, pero esta vez más intercalado con zonas de mayor capacidad. Incluso en el municipio de Vélez- Málaga ocupan algunas zonas, colindantes a otras que gozan de la máxima capacidad de acogida.

Las zonas de capacidad media son las segundas que tienen una mayor extensión territorial, 289 km<sup>2</sup> repartidos entre el Corredor de Colmenar, la zona central de Sierra Almijara y las zonas centrales y bajas de los montes de Málaga hasta el Valle del Río Vélez. En los municipios costeros también existen algunos enclaves de capacidad media, rodeados de zonas de mayor capacidad. Estas zonas coinciden en su mayoría con las áreas de aptitud mala o media y con las de riesgo moderado.

Las zonas de capacidad alta son más reducidas que las clases anteriores. Tienen una extensión de 87 km<sup>2</sup>, localizados alrededor del río Vélez y en la zona costera, desde Rincón de la Victoria hasta Torrox, donde se localizan las grandes zonas de aptitud media y buena y riesgo bajo y muy bajo. En el norte, tanto en el Corredor de Colmenar como en las sierras calizas del norte existen algunos núcleos aislados que coinciden con zonas de riesgo bajo y muy bajo y aptitud variable

Finalmente, la zona con la mayor capacidad de acogida, y por tanto la mejor zona para la construcción es aquella clasificada como muy alta. La zona con capacidad de acogida muy alta tiene una extensión de 42 km<sup>2</sup>. Esta zona representa la zona óptima por su baja vulnerabilidad ante los riesgos y su alta aptitud física. Las zonas con una capacidad más alta se localizan en la zona media y baja alrededor del río Vélez y en algunas zonas costeras. Estas zonas coinciden plenamente con las áreas con una aptitud buena y óptima y riesgo muy bajo y bajo.

Si analizamos la distribución de los asentamientos en relación a la capacidad de acogida vemos que el 2,3% de los diseminados se ubican en zonas de capacidad muy baja, este porcentaje aumenta considerablemente hasta el 39% en el caso de los asentamientos sobre zonas de capacidad baja y aumenta aún más en aquellos que se localizan en zonas de capacidad media (45%), para volver a disminuir para los diseminados sobre zonas con una alta capacidad de acogida (10,5%) y seguir bajando hasta el 2,9% de los diseminados situados en las zonas teóricamente más propicias para la construcción. Fijándonos en estos datos se aprecia como los extremos presentan valores muy similares, ambos muy bajos, pudiendo encontrarse la razón en la escasa superficie de ambas categorías, mientras que el grueso de edificaciones se encuentran en las áreas con capacidades media y baja, que ocupan la mayor parte del territorio.

Estos datos finales siguen la línea de los obtenidos en los criterios de aptitud física del medio y en la vulnerabilidad y de ellos podemos obtener algunas ideas que pueden servir como conclusiones: la dualidad territorial a la que se hacía referencia en el apartado del ámbito de estudio se refleja en cierta manera en la capacidad de acogida del territorio mostrada en la figura 10. En esa dualidad, la costa aparecía como una zona dinámica, creciente y en desarrollo, mientras que el interior tenía un carácter apagado, con poca capacidad de transformación y evolución. Si nos fijamos en el mapa, al margen de núcleos dispersos en el interior, la franja litoral y el valle del río Vélez aparecen como las zonas con



una capacidad de acogida óptima. Esta calificación óptima, basada en criterios de aptitud física y vulnerabilidad ante los riesgos puede servir como factor explicativo ante la distribución de la población en el territorio (cerca del 80% de la población comarcal habita en los municipios costeros). Otra deducción es que el entorno de la Axarquía en su conjunto no facilita la urbanización por su características físicas y la existencia de diversos riesgos naturales, existiendo, sin embargo, como ya se ha dicho, algunas zonas en la costa y en el valle del Vélez que sí poseen unas características favorables. No obstante, la zona interior en su conjunto se caracteriza por su carácter desfavorable, con una baja aptitud física. Es, sin embargo, esta zona, especialmente los municipios interiores colindantes a los costeros, los que sufren con mayor intensidad el proceso de urbanización difusa tratado en este trabajo, dada la cercanía a los dinámicos, pero saturados desde el punto de vista urbanístico, municipios costeros. Estos municipios colindantes ofrecen un extenso territorio dónde implantar una vivienda, existiendo la posibilidad de mantenerse aislada frente a otras, y a poca distancia de la costa. Antes esta realidad, podemos concluir que la mayor parte de los diseminados se encuentran en zonas que no tienen una capacidad de acogida favorable y qué por tanto, no son sostenibles con el medio, pero cercanos a zonas con una mayor capacidad, pero ya consolidados.

## **6. CONCLUSIONES**

La hipótesis con la que se partía este trabajo era el carácter desfavorable para el medio que supone la distribución y construcción de diseminados en la comarca de la Axarquía, para ellos se analizaba la aptitud física del medio y la vulnerabilidad con el objetivo de obtener una capa de información que reflejara la capacidad de acogida del medio para la construcción.

Después del análisis de los resultados podemos concluir que la hipótesis ha sido validada ya que se ha confirmado el carácter desfavorable e insostenible de la urbanización difusa en la comarca.

Para futuros estudios relacionados o la propia ampliación y profundización del presente trabajo, se pueden introducir nuevos riesgos que hagan aún más completa la capa final. Además, es conveniente ampliar el estudio a Nerja y añadir los terrenos restantes de Cómpeta y Alfarnate. Por otra parte, la capa de información con los diseminados de la zona, elaborada mediante la digitalización de los diseminados sobre ortofoto tiene que ser actualizada, ya que la urbanización difusa es un proceso continuo en el tiempo, apareciendo constantemente nuevos asentamientos que aunque no van a variar de manera significativa los resultados finales, sí que introducen un grado de error en los mismos.

Al mismo tiempo, es aconsejable seguir el proceso seguido por Galacho y Arrebola e introducir un filtro de restricción espacial que acote las zonas reales de estudio por motivos físicos (embalses, cauces de ríos, etc.) o normativos (legislación urbanística, zonas protegidas), introduciendo un carácter aún más aplicado al estudio.

Si nos referimos a la metodología seguida, en las técnicas multicriterio como la que se ha seguido, el investigador actúa al mismo tiempo como decisor, siendo suyos la mayor parte de los juicios de valor que se introducen. Aunque en ocasiones esos juicios pueden ser

consultados con otros especialistas, la decisión final corresponde al investigador. De esta forma, aunque intente evitarse, existe un cierto grado de subjetividad en esos juicios de valor. De cualquier manera, se da por supuesta la intención de no desvirtuar los resultados por parte del propio investigador con la introducción de juicios de valor desproporcionados.

Tanto los resultados como los procesos seguidos no son inalterables ni están cerrados, siempre pueden ser mejorados, afinados y modificados. La lógica interna del proceso se caracteriza por la desagregación de los juicios de valor, siendo estos dúctiles y sirviendo para poder buscar alternativas a los resultados obtenidos o simplemente realizar una evaluación desde un determinado punto de vista. Así, el proceso será válido mientras que la hipótesis y los objetivos sean coherentes con los juicios de valor emitidos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Briales Jiménez, J.& González Fernández, A.(1.971): "Los suelos de Málaga". Málaga. ASTEC
- Chacón, J; Irigaray, C & El Hamdouni, R. "Consideraciones sobre los riesgos derivados de los movimientos del terreno, su variada naturaleza y las dificultades de su evaluación" Sexto congreso Nacional y Conferencia Internacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio: Riesgos Naturales, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Vol. I. 407-418
- Chacón, J. ; Irigaray, C. y Fernández, T. (1.992): "Análisis regional de movimientos de ladera y riesgos derivados mediante sistemas de información geográfica". Madrid. *I Congreso: Los sistemas de información geográfica en la gestión territorial. Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica y Territorial*. 355-360 pp.
- Galacho Jiménez, F.B. (2.010). "Metodología para la evaluación de la capacidad de acogida del territorio de usos urbanos con SIG y técnicas multicriterio". Material no publicado correspondiente al Máster de Análisis Geográfico en la Ordenación del Territorio: Tecnologías de información geográfica.
- Galacho Jiménez, F.B y Arrebola Castaño, J.A. (2.008). " El modelo de evaluación de la capacidad de acogida del territorio. Aspectos conceptuales y técnicas relacionadas". *Baetica* 30. 21- 39 pp.
- Gómez, M. y Barredo, J.I. (2005): *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*, Ra-Ma Editorial, 2ª edición, Madrid.
- Gómez Orea, D. (1992): *Evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid, Editorial Agrícola Española S.A.
- Irigaray, C y Chacón, J. (1.991). "Los movimientos de laderas en el sector de Colmenar (Málaga)". *Revista Sociedad Geológica Española* 4, (3-4).
- Marsh, W. (1978): *Environmental analysis for land use and site planning*. New York, McGraw-Hill

- Ministerio de medio ambiente (2004). *Guía para el estudio del medio físico. Contenido y metodología*. Ed. Serie monografías
- Perles Roselló, M.J.; Cantarero Prados, F.; Galacho Jiménez, F.B.; Gallegos Reina, A.; y Vías Martínez, J.M. (2006): “Propuesta metodológica para el análisis integrado de peligros asociados. Aplicación al peligro de inundación, movimientos gravitacionales y erosión hídrica”, *Actas del XII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica*, Editorial Universidad de Granada. Cd-ROM, Granada.
- Saaty, T. (1.980). *The Analytical Hierrarchy Process*. Nueva York, Editorial Mc Graw Hill.
- Yus Ramos, R. y Torres Delgado, M.A. (2.010): *Urbanismo difuso en suelo rústico : deterioro ambiental y corrupción en la provincia de Málaga (el caso de la Axarquía)*. Vélez-Málaga . Gabinete de Estudios de la Naturaleza de la Axarquía, D.L.

# ANEXO CARTOGRÁFICO

