

ATLAS DE RIESGOS GEOLOGICOS INTEGRADOS DE ALICANTE

TOMO 1: MEMORIA

MADRID, 1990

31945

ATLAS DE RIESGOS INTEGRADOS DE ALICANTE

PRESENTACION

El *Atlas de Riesgos Integrados de Alicante* ve la luz como uno de los frutos del Convenio de colaboración firmado entre el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) y la Consellería d'Industria, Comerç y Turisme de la Generalitat Valenciana.

Este Atlas continúa la línea trazada por el ITGE de realización de Atlas de Riesgos provinciales, ensayada parcialmente con anterioridad en las provincias de Málaga y Granada.

En Alicante se han estudiado los riesgos de Movimientos de Ladera, Inundaciones, Neosismotectónica, Karst, Dinámica Litoral y Expansividad, plasmando los resultados en sus correspondientes cartografías a escala 1:200.000, aunque los estudios de base han sido realizados a escalas mucho más detalladas (1:50.000 y 1:30.000).

En este Atlas se han introducido algunas novedades metodológicas importantes en los Mapas de Inundaciones, Karst, Dinámica Litoral y Movimientos de Ladera, y que posiblemente serán de utilidad en futuros trabajos a realizar dentro y fuera de la Comunidad Valenciana.

La estructura con que se ha concebido el Atlas concede una importancia privilegiada a la parte gráfica, concentrándose los esfuerzos en la confección precisa de los distintos mapas temáticos, si bien se ha considerado igualmente de interés incluir una pequeña memoria explicativa en cada caso.

Como síntesis final, eminentemente práctica, se ha incluido una evaluación para cada uno de los riesgos a nivel municipal, caracterizando a todos y cada uno de los municipios de la provincia, en una escala de riesgos sencilla; también se ha realizado además una valoración integrada del conjunto de todos los riesgos, reflejada en una cartografía sintética provincial.

La utilidad esperada de este Atlas es múltiple: ordenación y planificación del territorio a nivel provincial, realización de normativas a nivel municipal, detección areal de las principales zonas problemáticas y la consiguiente priorización de estudios y obras de corrección, realización de planes básicos de emergencia para Protección Civil, entre otras muchas aplicaciones posibles.

En definitiva, la realización de un Atlas como el que aquí se presenta (con una importante base geológica, no hay que olvidarlo), es una línea de trabajo a escala provincial que esperamos sirva de modelo para aplicar en aquellas provincias que, como Alicante, tienen un índice de peligrosidad geológica considerable.

Juan José Durán Valsero
Director del Atlas

INDICE

1. INTRODUCCION
2. RIESGO DE INUNDACIONES
3. NEOTECTONICA Y SISMICIDAD
4. PELIGROSIDAD DE MOVIMIENTOS DE LADERA
5. RIESGOS LIGADOS A LA DINAMICA LITORAL
6. PELIGROSIDAD DEL TERRENO POR EXPANSIVIDAD DE ARCILLAS
7. RIESGOS LIGADOS AL KARST
8. EVALUACION POR MUNICIPIOS DEL IMPACTO SOCIAL DE LOS RIESGOS NATURALES ANALIZADOS

1. INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

La provincia de Alicante se encuentra situada en la costa mediterránea, entre las provincias de Valencia, al norte, y Murcia, al sur. Tiene una superficie total de 5.863 km², y una población de 1.254.920 habitantes, según el Padrón Municipal de Habitantes de 1986, lo que da una densidad de 214 hab/km². El total de municipios es de 138.

Desde el punto de vista orográfico, dos unidades forman el territorio municipal: la llanura litoral y las sierras y depresiones interiores. En conjunto, las sierras forman una serie de alineaciones con orientación predominante SO-NE y con altitudes situadas entre los 1000 y 1500 metros. Entre Denia y Villajoyosa, en la comarca de La Marina, la montaña llega hasta el mar dando lugar a una costa accidentada en la que alternan cabos (San Antonio, San Martín, Nao) y ensenadas y calas con buenas playas (Calpe, Altea, Benidorm, Villajoyosa, etc.). Por el contrario, la fachada marítima meridional es fundamentalmente baja y poco articulada. Está formada por una extensa llanura aluvial en la que destacan algunas serrezuelas. Playas y dunas fósiles, saladares y albuferas jalonan la costa al sur de Santa Pola.

Desde el punto de vista geológico, la provincia de Alicante se encuentra situada en la zona oriental de la cordillera Bética. En ella están representados los dos grandes dominios estructurales de la Cordillera. Las Zonas Internas y las Zonas Externas. Las primeras afloran muy reducidamente al sur de la provincia, en concreto se limitan a los relieves del Complejo Alpujárride de las Sierras de Orihuela y Callosa del Segura; otros pequeños afloramientos de este último complejo, como los que aparecen dispersos en la Vega Baja del Segura y el de la Isla de Tabarca, representan la continuación del mismo hacia el Mediterráneo. Las zonas Externas, al contrario que las anteriores, dominan, con mucho, en el resto de la provincia, en especial al norte de la línea de Crevillente-Alicante.

Dentro de las Zonas Externas podemos separar los terrenos Subbéticos y Prebéticos. Los primeros conforman la estrecha alineación estructural de la sierra de Crevillente, mientras que los segundos se extienden ampliamente al norte de ésta hasta llegar a sobrepasar los límites provinciales, con importantes alineaciones montañosas entre las que destacan las Sierras de Salinas, Fontañella, Cid, Maigmó, Penya Roja, Cabeçó del Menechaor, Mariola, Aitana, Serrella, Bernia, Alfaro, etc. También por la extensión de sus afloramientos hay que señalar los materiales neógeno-cuaternarios, que ocuparon en su día depresiones, tanto dentro de las Zonas Externas, como también sobre el contacto Zonas Externas-Zonas Internas.

El clima presenta una relativa diversidad termopluviométrica de unas comarcas a otras. Desde un punto de vista térmico se distinguen dos grandes dominios: el sector litoral con medias ente 17° y 20° y las tierras y llanos interiores donde desciende a 14°-16°, o menos. La costa tiene inviernos suaves y veranos calurosos, atenuados por la brisa del mar. Prácticamente no conoce las heladas, aunque ocasionalmente pueda haber oleadas de frío. Los llanos interiores tienen inviernos más fríos y veranos menos calurosos. El contraste con la costa se acentúa en las áreas montañosas.

En cuanto a las precipitaciones las diferencias aparecen entre el norte (litoral y serano) más lluvioso y el sur más árido. Las áreas montañosas septentrionales reciben más de 500 milímetros y en algunos lugares más de 900 milímetros, y la costa entre 500 y 600 milímetros. Las precipitaciones disminuyen en las hoyas y hacia el oeste; pero sobre todo y con gran rapidez hacia el sur, tanto en la fachada marítima como en los llanos y corredores interiores.

2. RIESGO DE INUNDACIONES

INDICE

	Pág.
2.1. INTRODUCCION	1
2.2. METODOLOGIA DE ESTUDIO	2
A) Estudio Hidrológico	2
B) Estudio Climático	5
C) Estudio Geológico-Geomorfológico	8
2.3. ZONIFICACION DEL RIESGO	11
2.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	15
2.5. BIBLIOGRAFIA	17

2.1. INTRODUCCION

El litoral mediterráneo, en general, y el alicantino, en particular, es una de las zonas más castigada tradicionalmente por las inundaciones de toda la geografía española. Sería muy prolijo el hacer un recuento de las innumerables riadas de cierta importancia sufridas en la provincia de Alicante a lo largo de la historia, pero la tradición de los desbordamientos del Segura en su tramo bajo se remonta a los primeros datos históricos de la zona, al igual que sucede con los distintos ríos y ramblas de la región. Se podrían citar, por ser relativamente recientes, las inundaciones de octubre de 1982 que afectaron a la casi totalidad de la provincia o las del otoño de 1987 que se dejaron sentir preferentemente en la parte septentrional. Es difícil, sin embargo, encontrar un año en época reciente en que no se haya desbordado alguna rambla o río ocasionando daños de gravedad variable.

Las peculiaridades climáticas de la zona -las inundaciones suelen producirse por fuertes tormentas de alta precipitación horaria, muy concentradas en el tiempo y en el espacio- las características orográficas de las cuencas -altas pendientes, elevado grado de deforestación, pequeños tiempos de concentración, etc.- y el elevado grado de ocupación antrópica de los cauces de las ramblas y de las llanuras de inundación de los ríos, hacen que las avenidas tengan una gran importancia social y económica en la provincia de Alicante.

Tradicionalmente se ha considerado la construcción de obras de infraestructura (embalses, diques, encauzamientos, etc.) como el único camino para intentar solventar o al menos, mitigar los daños producidos por las inundaciones. En los últimos años, y sin olvidar la eficaz labor de este tipo de obras, se han empezado a tener en cuenta otro tipo de actuaciones encaminadas a una adecuada gestión y ordenación de las zonas sujetas a riesgo de inundación. Para conseguir esto, el punto de partida es, evidentemente, la cartografía de zonas susceptibles de ser afectadas, la asignación del grado de riesgo al que se ven sometidas y un análisis de los procesos que pueden tener lugar en caso de que se produzca una riada.

2.2. METODOLOGIA DE ESTUDIO

El primer paso para abordar la problemática de las inundaciones en la provincia de Alicante ha sido individualizar las principales cuencas y subcuencas hidrográficas existentes. Se han considerado, de norte a sur, las de los siguientes ríos y ramblas: Serpis, Girona, Gorgos, Guadalest o Algar, Amadorio, Monegre, rambla de las Ovejas, Vinalopó, Segura y ramblas del Nacimiento y Seco. De todas, la más grande es la del Segura, aunque en la provincia de Alicante abarca sólo algo más de 1000 km². Es la del Vinalopó, con casi 2000 km² la que comprende una mayor extensión dentro de la provincia. En el otro extremo están las cuencas de las ramblas del Nacimiento y Seco que, con 55 y 75 km² respectivamente, son las más pequeñas de las consideradas en el presente estudio.

De cada una de estas cuencas se ha realizado por separado un estudio hidrológico, climático y geológico-geomorfológico, con el fin de poder establecer una cartografía de zonas con riesgo de inundación y procesos asociados.

A) Estudio Hidrológico

Mediante este estudio se han pretendido averiguar los principales parámetros hidrológicos de las diferentes cuencas así como establecer una aproximación a las máximas precipitaciones y caudales para diferentes períodos de retorno.

Se han considerado las siguientes estaciones pluviométricas de las Confederaciones Hidrográficas del Júcar y del Segura, con un número significativo de datos de precipitación diaria.

Confederación Hidrográfica del Júcar

Nº	Indicativo	Nombre
1	8059	Alcoy
2	8025	Alicante "Ciudad-Jardín"
3	8066	Almudaina
4	8038	Altea
5	8017	Aspe
6	8002	Bañeres
7	8003 a	Benejama "Agromet"
8	8043	Benisa "Convento"
9	8040	Bolulla
10	8041 a	Callosa de Ensarriá
11	8018 a	Elche

12	8063	Gorga
13	8046	Jalón
14	8009 e	Monóvar "Esvarador"
15	8013	Novelda "Cámara Agraria"
16	8067	Pantano de Beniarrés
17	8057 a	Pego "Convento"
18	8033 a	Relleu
19	8023	San Vicente del Raspeig
20	8034	Sella
21	8039 a	Tárbeno "Confederación Hidrográfica del Júcar"
22	8028 e	Tibi "Casa Taleca"
23	8054	Vall de Laguard
24	8056	Verger "Racons"
25	8007	Villena
26	8005	Villena "Encina"

Confederación Hidrográfica del Segura

Nº	Indicativo	Nombre
27	7039	Almoradí "Las Moreras"
28	7037	San Miguel de Salinas "Confederación Hidrográfica del Segura"
29	7256	Callosa de Segura

En todas estas estaciones y mediante la aplicación de un ajuste de Gumbel a las series de precipitaciones máximas en 24 horas en cada año, se han calculado las precipitaciones máximas en 24 horas para los siguientes períodos de retorno: 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años. Los valores más altos se obtienen en el sector más septentrional de la provincia, en las estaciones de Pego y Verger. Por el contrario, los más bajos se producen tanto en la parte meridional como en la zona del interior, en la región del Vinalopó.

El tiempo de concentración es uno de los parámetros más representativos de una cuenca hidrográfica y su significado físico es el del tiempo que tardan en llegar hasta el punto de desagüe de la cuenca las precipitaciones caídas en las zonas alejadas. Es función de sus características morfológicas y nos indica, de alguna manera, el margen de actuación que se tiene para las tareas de evacuación y alarma desde que se produce el aguacero hasta que se ocasionan los daños en un punto determinado de la cuenca. Para su estimación se ha usado la fórmula propuesta por Témez (1978):

$$T_c = 0,3 \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76}$$

donde

$T_c (h)$: Tiempo de concentración

$L (km)$: Longitud del curso principal

J : Pendiente del curso principal

Los tiempos de concentración de las cuencas analizadas, excepto la del Segura, se sitúan entre las 24 horas del Vinalopó a las 4 horas de la rambla del Nacimiento o las 5,5 horas de la rambla del Seco. Se puede señalar el alto tiempo de concentración de la cuenca del río Gorgos que, aunque similar en tamaño con la del Guadalest y Amadorio o claramente inferior a la del Monegre, es de 11 horas debido a la forma tan alargada de la cuenca.

Dado el carácter interprovincial del río Serpis, sólo se presenta el tiempo de concentración de la cuenca en Alcoy (ITGE, 1989), por su condición de núcleo urbano más importante, entre los afectados por dicho río, de los existentes en la provincia de Alicante.

Con la ayuda del programa informático CAUDAL, realizado por el ITGE, y con datos de la Comisión Nacional de Protección Civil (1983) se ha hecho una estimación de los caudales máximos aportados por los diferentes ríos para cuatro períodos de retorno determinados: 10, 50, 100 y 500 años. Los resultados obtenidos, en m³/s, son:

Río	Período de retorno (años)			
	10	50	100	500
Serpis en Alcoy (1) y (2)	300	650	803	1263
Girona en desembocadura (2)	153	403	580	830
Gorgos en desembocadura (2)	91	265	413	627
Guadalest en desembocadura (3)	179	257	293	384
Lliriet en Benidorm (3)	39	56	67	91
Amadorio en desembocadura (3)	181	260	297	384
Monegre en desembocadura (3)	291	417	469	609
Rambla de las Ovejas en desembocadura (3)	171	245	279	367
Vinalopó en Elda (3)	524	754	832	1066
Vinalopó en Elche (3)	592	849	937	1128
Segura en Orihuela (3)	536	807	921	1985
Nacimiento en desembocadura (2)	13	60	91	169
Seco en desembocadura (2)	14	61	100	185

(1) En: ITGE (1989)

(2) Elaboración propia

(3) En: Comisión Nacional de Protección Civil (1983)

B) Estudio Climático

En el litoral levantino y, en concreto, en la provincia de Alicante las inundaciones vienen provocadas por una muy importante precipitación concentrada en el tiempo y en el espacio, pudiéndose obtener valores de 500-600 mm de precipitación en períodos de tiempo no superiores a los 2-3 días y con máximos de intensidad horaria que pueden alcanzar incluso los 150 mm/h.

Este tipo de tormentas características del levante son típicas de los meses otoñales. La acción del verano sobre el mar Mediterráneo hace que se forme un grueso colchón de aire muy cargado en vapor de agua por encima de él. Si este aire es empujado hacia el litoral por la existencia de vientos del levante, se encuentra con los importantes sistemas montañosos de la Cordillera Bética que les cierran el paso y lo obligan a seguir una trayectoria ascendente. Este movimiento ascendente puede ser ayudado -aunque no es estrictamente necesario- por la existencia de una "gota fría" (bajas presiones en altura) que succiona el aire y acelera los procesos de condensación del aire cargado en vapor de agua en gotitas de lluvia. Esto provoca

que se produzcan tormentas con un marcado carácter torrencial que desembocan en riadas y en las cuales es "normal" que entre puntos no muy distantes existan grandes variaciones en las cifras de precipitación.

La cuenca fluvial puede entenderse, en términos matemáticos, como un sistema aproximadamente lineal donde tiene lugar la transformación de una entrada (lluvia), en una salida (caudal). El modo en que ésta se produce es propio de cada sistema de tal forma que será más lineal a medida que disminuya la capacidad de regulación que puedan efectuar los elementos naturales presentes en la cuenca (geología, topografía, vegetación, etc.).

Las relaciones que se establecen entre las entradas y salidas pueden ser definidas por medio de la aplicación de las funciones de autocorrelación y correlación cruzada en las series de precipitación y aforos. Para ello, se han utilizado las mismas estaciones de precipitación que en el estudio hidrológico, y las estaciones de aforo siguientes: Tibi, Relleu, Amadorio y Algar.

En un sentido amplio, la primera función aporta información sobre la regularidad de la serie analizada, que puede interpretarse como "persistencia" de la precipitación o como "capacidad de regulación" de la cuenca en los datos de caudales. En términos de peligrosidad, un sistema fluvial será más peligroso en la medida en que su capacidad de regulación sea menor.

La función de correlación cruzada se utiliza para deducir las posibles relaciones que puedan existir entre las series analizadas. Si éstas son precipitaciones, indica la "propagación" de ésta sobre el territorio estudiado; si son series de precipitaciones y caudales, los resultados muestran el modo en que uno influye sobre otro y el tiempo en que se establece esta relación.

Los resultados obtenidos del estudio de las series de precipitaciones indican la existencia, en la provincia de Alicante, de dos vías preferenciales por donde se observan desplazamientos temporales respecto del instante en el que se produce la precipitación. El primero sigue una trayectoria O-E que recorre toda la mitad septentrional de la provincia y que tiende hacia posiciones próximas a NO-SE a medida que se acerca a las zonas costeras, cuyo ramal más importante se localiza sobre el valle del río Vinalopó. La segunda trayectoria es de clara direccionalidad S-N que penetra a través del valle del Vinalopó, con un ramal próximo a SW-NE que bordea la línea de costa.

En ambas trayectorias, los desplazamientos observados en el instante de precipitación raramente sobrepasan el intervalo de un día por lo que puede entenderse que la lluvia se produce de modo generalizado sobre cada una de estas trayectorias.

La persistencia de la precipitación en las estaciones consideradas parece estar relacionada con estas vías de penetración. Así, las situadas bajo la influencia de los flujos de componente oeste presentan correlaciones que sobrepasan el intervalo de dos días; por el contrario las de componente sur, concentradas mayoritariamente en el sector suroccidental de la provincia, difícilmente sobrepasan el primer día.

El conjunto de resultados obtenidos se encuentra muy relacionado con las situaciones del tiempo dominante en la provincia. Así, los flujos de componente oeste parecen estar ligados a precipitaciones de duración superior a los dos días. Encuentran su explicación física en las lluvias producidas por las situaciones zonales asociadas a vientos de componente oeste que cruzan en altura la península entre los paralelos situados entre los 38° y 39° N y que acceden a la provincia de Alicante por el portillo orográfico de Albacete. La principal característica de estas lluvias, en relación con la posible generación de avenidas, es su baja intensidad, por lo que no suponen un riesgo importante, si bien su sentido de propagación hace que la precipitación se desplace desde la cabecera de las cuencas a su desembocadura. Esto representa un factor de riesgo en caso de lluvias duraderas. Por otro lado, los flujos de componente sur están claramente ligados a las situaciones de Levante derivadas de la localización de una baja sobre la Península o sobre el estrecho de Gibraltar. Estas situaciones producen lluvias de alta intensidad y son las responsables de la mayor parte de las avenidas producidas en la zona.

Los resultados obtenidos del análisis bivariante entre las series de precipitación y caudal y de las autocorrelaciones en las estaciones de aforo indican una respuesta más inmediata y un carácter más lineal en aquellas cuencas con mayor superficie de terreno impermeable. De las cuencas en las que se han dispuesto de datos de caudales, las que muestran un carácter más lineal son las cuencas de los ríos Sella y Amadorio, frente a la del río Algar que muestra un comportamiento más inercial con un retraso en la punta de caudal sobre la precipitación próximo a los cinco días. Se constata, además, la generalización de este retraso, que puede ser explicado como procedente de la descarga de los acuíferos tras la precipitación, ya que en la mayoría de los casos ésta no tiene suficiente entidad como para rebasar el umbral de escorrentía del suelo, que se sitúa aproximadamente en los 50 mm.

Como conclusión puede señalarse que los sistemas que muestran un menor tiempo de respuesta y una mayor concordancia entre las precipitaciones y los aforos son aquellos que tienen un sustrato más impermeable. Al contrario, aquellos que están constituidos por terrenos permeables (calizas principalmente) la acción reguladora de éstos tiende a retardar el tiempo de respuesta y a disminuir la correlación entre las precipitaciones y los caudales.

C) Estudio Geológico-Geomorfológico

Los estudios geológicos y geomorfológicos se han demostrado como una de las herramientas más eficaces en la identificación de las zonas susceptibles de ser inundadas, en la asignación del grado de riesgo de estas áreas y en la comprensión de los procesos que tienen lugar durante las avenidas.

Una vez individualizadas las principales cuencas hidrográficas existentes en la provincia de Alicante se han separado los materiales recientes del Cuaternario de los que presentan una edad más antigua. La razón de esta división estriba en que los depósitos cuaternarios reflejan las condiciones y procesos que han tenido lugar en su zona de afloramiento en época reciente y como tales, su estudio de detalle permite extraer importantes conclusiones referentes a las avenidas.

En las zonas donde no existen materiales cuaternarios, se han agrupado los terrenos en permeables e impermeables y representado por separado con el fin de efectuar una primera aproximación de la capacidad de retención y regulación del agua de lluvia en la cuenca. Entre los primeros destacan las calizas, dolomías, arenas y areniscas, y son los que presentan una mayor capacidad de infiltración del agua en caso de fuertes lluvias. En los segundos, se agrupan litologías como margas, yesos y arcillas y su capacidad de infiltración del agua de lluvia es sensiblemente menor que en el caso anterior. La distribución de ambos tipos de materiales es muy irregular, aunque quizá los impermeables sean más abundantes en las cuencas del Amadorio y del Monegre.

Los depósitos cuaternarios más extendidos en la provincia de Alicante son los asociados a los procesos de gravedad y de ladera. Son muy frecuentes los glacis, principalmente en la cuenca del Vinalopó y en el sector sur provincial. También los derrubios de ladera presentan una amplia extensión de afloramiento, apoyados en los escarpados relieves de las sierras béticas. Quizás el depósito más característico de la zona, a la que se puede considerar como de clima semiárido, es el de abanico aluvial. Los abanicos son muy frecuentes en toda la geografía de Alicante, tanto en el interior como en la franja costera. Denotan un predominio de la dinámica torrencial en la que la sedimentación se produce de forma esporádica. El hecho que muchos de ellos no presenten cauces encajados indican la funcionalidad actual de estos aparatos, en los que toda su superficie se puede ver afectada en caso de fuertes tormentas.

Los abanicos aluviales de la franja costera son muy representativos del litoral mediterráneo. En Alicante, la práctica totalidad de los ríos y ramblas muestran estas morfologías en su desembocadura y únicamente el río Segura alcanza el mar de forma claramente definida. Los abanicos del Vinalopó, Gorgos o Monegre sirven de ejemplo de esta peculiaridad. En ellos

suele ser reconocible el cauce actual, por el que desagüa el río en caso de que el caudal no sea muy importante. Pero si se produce el desbordamiento es la totalidad de la superficie del abanico la que puede verse afectada por la inundación, como se ha demostrado en múltiples ocasiones. Las zonas sujetas a un mayor riesgo dentro del abanico son el cauce menor o canal de desagüe, generalmente de pequeñas dimensiones, la parte apical del abanico, que se apoya directamente sobre el relieve montañoso, y la porción más distal, en la desembocadura al mar.

Los depósitos de clara influencia fluvial están menos extendidos que los de los abanicos. Aparecen en los cauces menores de estos últimos aparatos, ya comentado anteriormente, en una estrecha franja a lo largo del cauce del Vinalopó, a lo largo del Serpis, entre Alcoy y Muro de Alcoy y en la llanura de inundación del bajo Segura. Los más importantes de todos son las que aparecen en ambas márgenes del Segura en su tramo bajo. Aquí el río ha construido una amplia llanura de inundación tanto por los procesos de migración lateral del cauce como por los sucesivos desbordamientos que se han producido.

Los materiales de esta llanura de inundación son de granulometría muy fina, limos y arcillas principalmente, debido a la baja energía del río cuando desborda en este tramo. Son algo más gruesos y representan un mayor volumen en las cercanías del cauce actual, de forma que el Segura muestra en su tramo bajo unos diques naturales, motas o "levees" que le separan del llano circundante e incluso le han sobreelevado ligeramente respecto de él. Esta morfología "colgada" del río es típica de los grandes cursos fluviales del Planeta y también se da, a menor escala, en algunos españoles, como el Júcar (Martínez Goytre et al. 1987). Supone un significativo peligro potencial en caso de desbordamiento del Segura pues el agua que rebosa se queda encharcando zonas topográficamente más bajas que el cauce y por lo tanto no pueden retomarlo por vía superficial. Si existe, como es el caso del Segura, un cordón dunar en la desembocadura ligeramente elevado sobre el llano de inundación el agua desbordada difícilmente puede desaguarse y permanece encharcando las zonas inundadas durante largos períodos de tiempo hasta que desaparece por infiltración o evaporación. La existencia de diques naturales o "levees" supone también un obstáculo a que el agua de lluvia que cae directamente sobre la llanura de inundación, situación que se repite frecuentemente, se canalice hacia el río, tal y como ocurrió en las recientes inundaciones de septiembre de 1989, reproduciéndose la misma situación que en el caso de desbordamiento del Segura.

Otra zona en donde los depósitos fluviales adquieren cierta relevancia es en el río Serpis, entre Alcoy y Muro de Alcoy. Los materiales que aparecen son de dos tipos. Por un lado existe un nivel de terraza muy extendido en ambas márgenes del río aunque principalmente en la izquierda. Está constituido por cantos y arenas de naturaleza diversa. Esta superficie de terraza se encuentra encajada por el cauce actual del Serpis, de anchura variable, y que se alimenta

de la erosión de la terraza. El desnivel entre el cauce actual y la antigua superficie encajada es lo suficientemente grande como para que sea prácticamente imposible que ésta última se vea afectada en caso de inundación.

Otro material cuaternario de importancia con respecto a las avenidas son los cordones de dunas existentes en el litoral. Al tener una elevación media de 1,5-2 m y debido a la baja pendiente de los tramos finales de los ríos, suponen una importante barrera al agua desbordada, que es represada de forma natural, tal y como se explicó anteriormente. Estas restingas o depósitos dunares aparecen en la parte sur de la provincia, entre Santa Pola y el cabo Cervera, afectando el cauce del Segura; al sur de Alicante, en los Arenales del Sol; en los alrededores de Jávea, afectando a la desembocadura del Gorgos; y al norte de Denia, en los alrededores del río Girona.

Existen a lo largo de la geografía alicantina, especialmente en el litoral, zonas que permanecen encharcadas de forma permanente. Se trata de albuferas y marjales, como las salinas de Torrevieja y la Mata, la laguna de Hondo o el marjal de Pego entre otros y que se sitúan en áreas topográficamente deprimidas. En el interior de la provincia, al oeste de Petrel, está la laguna de Salinas relacionada con procesos de endorreísmo. Las zonas endorreicas o con drenaje deficiente son frecuentes no sólo en los alrededores de las albuferas o lagunas ya mencionadas, sino en las cercanías de Pinoso y en algunas depresiones de origen kárstico, como el Plá de La Llacuna -en la Sierra del Almirante-, el de la Laguna -en la Sierra del Peñón- o el del Cabo de San Antonio -en la Sierra del Montgó-.

2.3. ZONIFICACION DEL RIESGO

El riesgo geológico con mayor incidencia actualmente en la provincia de Alicante es, sin duda, las inundaciones. Las características hidrológicas y climáticas de las cuencas así como sus peculiaridades geológicas indican la frecuencia con que se producen los fenómenos torrenciales que desembocan en avenidas.

A la hora de realizar una definición de los diversos grados de riesgo a que están sometidas las distintas zonas se han diferenciado los riesgos provenientes de la acción directa de las aguas de los que están originados por el aluvionamiento o enlodamiento, por deposición de la carga sólida removilizada durante una riada.

El riesgo de inundación en sentido estricto ha sido clasificado en cuatro grados: muy bajo, bajo, medio y alto. Se ha asignado el grado muy bajo a aquellas zonas que aunque están constituidas por terrenos cuaternarios de influencia fluvial o aluvial, la diferencia de cotas con el cauce principal o la distancia de éste a la que se encuentran, hace que únicamente con motivo de inundaciones realmente catastróficas puedan verse afectadas por los desbordamientos. Sin embargo, al tratarse generalmente de zonas con una topografía muy llana y sin una red de drenaje establecida, en caso de fuertes tormentas suelen anegarse con cierta facilidad con el agua caída directamente sobre ellas. Desde el punto de vista geográfico, este grado del riesgo está presente, principalmente, en el borde norte del valle del Bajo Segura. La distancia a este río es lo suficientemente alta como para que sea muy difícil que sus desbordamientos le afecten. Así mismo, los barrancos que bajan al valle desde su borde septentrional pueden también afectar a esta zona de grado muy bajo. Además, en la parte más alejada del cauce actual en el abanico del río Girona se ha asignado un riesgo de grado muy bajo.

El grado bajo de inundación se le ha dado a aquellos abanicos aluviales, dispersos a lo largo de la geografía de la provincia, cartografiados a la escala de trabajo y que tanto su tamaño como sus rasgos morfológicos indican que actualmente mantienen una actividad que, aunque esporádica, no hay que olvidar. Sus pendientes topográficas son acusadas pero sus cuencas de recepción suelen ser pequeñas por lo que sus caudales no alcanzan cifras estimables. Sin embargo, el carácter violento y repentino de su funcionalidad hace que haya que tenerlos en cuenta a la hora de la planificación territorial.

El riesgo de inundación de grado medio se ha asignado a aquellas zonas que: a) están bajo la influencia de abanicos aluviales con una funcionalidad actual evidente y de tamaño considerable. Sus cuencas de recepción tienen una superficie tal que permite que se alcancen caudales importantes; b) están lo suficientemente cerca de los cauces fluviales de tal forma que es relativamente frecuente que se vean afectadas en caso de desbordamiento.

Estas zonas de grado medio se distribuyen en las áreas adyacentes al cauce del Segura, en los abanicos aluvial costeros (ríos Girona, Gorgos, Guadalest, Monegre, etc.) en los grandes abanicos que vierten sobre el valle del Bajo Segura (por ejemplo, el del Vinalopó), o en algunos abanicos aluviales y lechos de ramblas de menor entidad.

Por último, se ha asignado un alto riesgo de inundación a aquellas zonas que son afectadas con una alta periodicidad. Se trata de los cauces y áreas adyacentes de los ríos y ramblas más importantes (Segura, Vinalopó, Monegre, Guadalest y Serpis, etc.) y en ellos existe una clara evidencia histórica y geológica de que son inundados muy frecuentemente. Son zonas que conviene mantener, en lo posible, libres de obstáculos y obras que puedan impedir el desagüe normal en caso de avenida.

Conviene señalar el hecho de que, debido a la baja pendiente del tramo final de algunos ríos y ramblas del litoral levantino y a la existencia de un cordón de dunas, algo sobreelevado respecto a los terrenos circundantes y con una disposición paralela a la línea de costa, al desbordar el agua de los ríos o ramblas, ésta no puede alcanzar el mar al encontrarse con un "muro" natural (cordón de dunas) que hace de represa. Este fenómeno se produce en la desembocadura de los ríos Girona, Gorgos y Segura. En este último el problema se ve agravado, además de por presentar una pendiente topográfica extraordinariamente baja en su tramo final, por la existencia de malecones naturales o "levees" paralelos al cauce del río y que lo sobreelevan respecto de la llanura de inundación. Esta situación es especialmente peligrosa en caso de riadas pues el agua desbordada no puede retomar el cauce al discurrir éste sobreelevado. El cierre provocado por el cordón litoral de dunas hace que el agua permanezca anegando la llanura de inundación durante largos períodos de tiempo, hasta que desaparece por infiltración o evaporación. Durante las inundaciones de otoño de 1989 se produjo una situación análoga a la descrita aunque el problema estuvo causado, no por el agua desbordada, sino por el agua llovida directamente sobre la llanura de inundación y que no pudo ser desagüada ni hacia el mar ni hacia el cauce del Segura. Esta situación es típica de los grandes ríos y ha sido descrita en algunos ríos peninsulares, como el Júcar (Martínez Goytre et al., 1987).

En la provincia de Alicante existen unas zonas de carácter endorreico y que pueden presentar problemas de inundaciones al tener dificultades de desagüe. Muchas de éstas están asociadas a fenómenos kársticos (dolinas, poljés, etc.) pero dada su pequeña superficie no han sido representadas a la escala de trabajo. Otras de estas zonas están relacionadas con albuferas o marjales costeros y representan áreas deprimidas fácilmente inundables por sus características topográficas y litológicas. Se pueden citar las zonas endorreicas asociadas a las salinas de La Mata y Torrevieja. Por último, a favor de sustratos yesíferos, se han formado

algunas cuencas endorreicas en la que en caso de fuertes lluvias se pueden producir fenómenos de inundación. Como ejemplo se pueden citar las zonas endorreicas en las cercanías del domo salino de Pinoso o en los alrededores de la Laguna de Salinas.

Algunas de estas zonas endorreicas presentan en su fondo áreas que permanecen inundadas permanentemente y que en ocasiones son utilizadas como salinas. Estas zonas, naturales en origen, actualmente pueden presentar una fuerte alteración antrópica, utilizándose muchas veces como salinas. Ejemplo de estas superficies permanentemente inundadas son: el marjal de Pego, las salinas de la Mata y Torrevieja, la Laguna del Hondo, de Salinas, etc.

Como se mencionó anteriormente, además del riesgo de inundación presente en una zona, se ha analizado el riesgo de aluvionamiento o enlodamiento en la desembocadura de los ríos o ramblas principales. Durante las crecidas, los ríos arrastran un importante volumen de carga sólida que es sedimentada. Cuando desaparecen las aguas suele permanecer una capa de lodos en el terreno afectado. Ello supone un problema adicional de graves repercusiones en las zonas inundadas y que en ocasiones provoca que las pérdidas económicas ocasionadas por el aluvionamiento superen a las producidas por la acción de las aguas.

Para poder evaluar el riesgo de aluvionamiento existente en los tramos bajos de los ríos y ramblas se han analizado una serie de factores. Los cauces analizados han sido, de norte a sur, Girona, Gorgos, Guadalest, Amadorio, Monegre, rambla de las Ovejas, Vinalopó, Segura, Nacimiento y Seco. En ellos se han estudiado los aspectos que más influyen a la hora de determinar la carga sólida arrastrada por el río, es decir, superficie de la cuenca, erosionabilidad de los materiales, pendiente topográfica, grado de torrencialidad de las tormentas más frecuentes, estado actual de forestación de las laderas de la cuenca y grado de regulación existente en los cauces de la cuenca. Este último aspecto es importante ya que las presas y embalses representan una trampa a los sedimentos arrastrados por el río, detrayendo gran cantidad de la carga sólida transportada. A cada uno de estos factores se ha dado una importancia relativa distinta respecto a las otras, con el fin de poder efectuar una aproximación más real al problema del aluvionamiento.

Mediante la realización de una matriz de impacto se ha efectuado una clasificación cualitativa del riesgo de aluvionamiento en los tramos bajos de los ríos y ramblas estudiados. Esta ha sido:

Alto: Segura
 Monegre

Amadorio
Guadalest
Gorgos
Medio: Vinalopó
Rambla de las Ovejas
Girona
Bajo: Seco
Nacimiento

2.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como ya se ha indicado anteriormente, las inundaciones son el riesgo geológico con mayor incidencia en la provincia de Alicante. En la Comunidad Autónoma de Valencia se han estimado unas pérdidas económicas ocasionadas por las inundaciones, para el período comprendido entre 1986-2016, del orden de 0,5 billones de pesetas y unas pérdidas en vidas humanas de entre 100-200 personas (IGME, 1988).

El modelo general de inundaciones en Alicante, similar al del resto del litoral Mediterráneo, se basa en unas intensas precipitaciones muy concentradas en el tiempo y en el espacio. Las situaciones climáticas que las originan se suelen reproducir en los meses de otoño: septiembre, octubre y noviembre. Por lo tanto es en estos momentos cuando los servicios de predicción y alarma han de estar especialmente atentos. Debido al escaso tiempo de concentración de las cuencas, se considera de gran necesidad la optimización de las predicciones con la mayor anticipación posible.

Los dos principales problemas ocasionados por las inundaciones en la provincia de Alicante son aquellos provocados por la acción directa de las aguas y por el aluvionamiento en las zonas afectadas. Debido a los condicionantes geológicos, climáticos e hidrológicos, las zonas más afectadas se sitúan en las desembocaduras en el mar Mediterráneo de los principales ríos y ramblas. La morfología típica de la desembocadura de éstos, formando amplios abanicos aluviales que dan lugar al origen de las Planas hace que las superficies sujetas a los distintos grados de riesgo sean relativamente extensas. Lógicamente, cuanto más cerca nos encontremos del cauce principal, más elevado será el riesgo.

Las zonas sujetas a un mayor riesgo se sitúan en las desembocaduras de los ríos Girona, Gorgos, Guadalest, Monegre, tramo bajo del Vinalopó y Segura. Otras zonas, con un riesgo de tipo medio, se sitúan bajo la influencia de grandes abanicos aluviales, en el interior provincial, o en partes relativamente alejadas de los cauces en su desembocadura. El riesgo bajo aparece asociado, principalmente, a pequeños abanicos aluviales en el interior de la provincia, y el riesgo muy bajo en las zonas más distales de los abanicos costeros.

Existen, además, una serie de zonas con riesgo evidente de inundación al presentar dificultades de desagüe y situarse en zonas topográficamente deprimidas. Estos fenómenos de endorreísmo son frecuentes tanto en la zona costera como en el interior. En algunos casos muestran áreas permanentemente inundadas.

El riesgo de aluvionamiento se ha clasificado atendiendo a una serie de características físicas, geológicas, climáticas y de cobertura vegetal de cada una de las cuencas analizadas. Con estos datos se ha efectuado una clasificación relativa y cualitativa de los distintos sistemas fluviales, en bajo, medio y alto.

Las actuaciones para intentar mitigar los daños provocados por las inundaciones en la provincia de Alicante se basan, primeramente, en una adecuada predicción de las situaciones atmosféricas. La eficacia de los sistemas de alarma se fundamentan en gran medida en el tiempo disponible para llevar a cabo las acciones previstas.

Aunque cada cuenca hidrográfica necesita una serie de medidas específicas, existen una serie de actuaciones comunes par todas ellas. La existencia de una correcta cobertura vegetal en las laderas se muestra como una de los principales objetivos a conseguir. Esto supone un importante factor de disminución en la transformación lluvia-caudal, así como un adecuado control de las pérdidas por erosión. De esta forma se consigue reducir el caudal sólido transportado por los ríos. Los estudios de planificación, en detalle, son otros de los instrumentos con los que intentar reducir los efectos de las inundaciones. Se hace necesaria una cartografía lo más detallada posible con el fin de poder delimitar de forma exacta las distintas zonas sujetas a riesgo de inundación. La limpieza de los cauces y la eliminación de obstáculos es otra de las acciones a llevar a cabo. De esta forma no se limita la capacidad de desagüe de los ríos y se evita la formación de represamientos artificiales que podrían agravar los daños aguas arriba del obstáculo.

En definitiva, el riesgo de inundación supone una problemática con tal repercusión en la provincia de Alicante que hace necesaria la conjunción de esfuerzos por parte de los organismos competentes, y en la cual no se deben escatimar los medios necesarios con el fin de intentar mitigar los daños que se puedan ocasionar.

2.5. BIBLIOGRAFIA

- Comisión Nacional de Protección Civil (1983). Las inundaciones en España. Informe General. Servicio de Publicaciones del MOPU. 2 Tomos. Madrid.
- ITGE (1989) Estudio de Riesgos Naturales de la Ciudad de Alcoy. Riesgo de Inundaciones. Ingeniería GeoAmbiental. 1989. Madrid.
- Martínez Goytre, J.; Garzón, G.; Arche, A. (1987) "Mapa de riesgos por avenida en el cauce bajo del río Júcar. Contribución a la Planificación Territorial" III Reunión Nacional del Grupo Español de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Tomo II, pp.905-925. Valencia.
- Témez, J.R. (1978) Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. Dirección General de Carreteras. MOPU. 124 pp.Madrid.

3. NEOTECTONICA Y SISMICIDAD

INDICE

	Pág.
3.1. CONCEPTO DE NEOTECTONICA Y OBJETIVOS DE LA CARTOGRAFIA NEOTECTONICA	1
3.2. ENTORNO GEOLOGICO	2
3.3. CONCLUSIONES DERIVADAS DEL ANALISIS NEOTECTONICO DE LA PROVINCIA DE ALICANTE	3
3.4. SISMICIDAD	5
3.5. COMPORTAMIENTO SISMOTECTONICO	11
3.6. BIBLIOGRAFIA	15

3.1. CONCEPTO DE NEOTECTÓNICA Y OBJETIVOS DE LA CARTOGRAFÍA NEOTECTÓNICA

El término neotectónica hace referencia a la actividad endógena o tectónica reciente, posterior a las últimas y más importantes fases de deformación que contribuyeron a la estructuración del orógeno Bético. En concreto, se considera generalmente como etapa o época neotectónica a la que abarca los procesos deformacionales desarrollados a partir del Tortonense, inclusive, (12 m.a.), dejando atrás en el tiempo las fases paroxismales que acontecieron durante el Mioceno inferior y medio. Si bien lo que realmente es significativo para aproximarnos a la dinámica endógena próxima a nuestros días son las manifestaciones tectónicas cuaternarias, es asimismo muy importante también conocer las tendencias desde tiempos más antiguos, para entender los procesos tectónicos en un contexto evolutivo. Así, se prestará atención en el análisis neotectónico tanto a las deformaciones de los materiales tortonienses, como a todos aquellos más recientes.

La información utilizada para la realización de la cartografía ha de ser, forzosamente, muy variada desde la expresión cartográfica de las unidades estratigráficas de la época neotectónica hasta las estructuras menores de deformación reciente. Esta información consiste básicamente en los siguientes aspectos:

- Distribución de los terrenos del Mioceno superior, Plioceno y Cuaternario, con una separación cronológica de unidades tan precisa como sea posible.
- Representación de las estructuras de deformación que afectan a los anteriores, incluida también toda la red de fracturación, aún cuando sea más antigua que la propia época neotectónica, dado que puede caracterizar zonas de debilidad detectadas por posibles rejuegos en respuesta a movimientos recientes o futuros.
- Cálculo de velocidades de sedimentación en sectores fuertemente subsidentes, con objeto de cuantificar los movimientos verticales.
- Ubicación de los puntos geotérmicos, como posible reflejo de estructuras profundas sin otra expresión en superficie.

Todo ello unido a otros datos puntuales de campo sobre anomalías geomorfológicas, o incluso sobre la información que aporta la geofísica o la hidrogeología, que no tienen una representación cartográfica directa, permite extraer conclusiones en torno a la ubicación de las principales estructuras de levantamiento o subsidencia reciente o, también sobre los movimientos laterales de acortamiento y, en definitiva, sobre el balance relativo de movimientos verticales y horizontales a lo largo de la época neotectónica.

3.2. ENTORNO GEOLÓGICO

La provincia de Alicante se encuentra situada en la zona oriental de la cordillera Bética. En ella están representados los dos grandes dominios estructurales de la Cordillera. Las Zonas Internas y las zonas Externas. Las primeras afloran muy reducidamente al Sur de la provincia, en concreto se limitan a los relieves del Complejo Alpujarride de las Sierras de Orihuela y Callosa del Segura; otros pequeños afloramientos de este último complejo, como los que aparecen dispersos en la Vega Baja del Segura y el de la Isla de Tabarca, representan la continuación del mismo hacia el Mediterráneo. Las zonas Externas, al contrario que las anteriores, dominan, con mucho en el resto de la provincia, en especial al Norte de la Línea de Crevillente-Alicante.

Dentro de la Zonas Externas podemos separar los terrenos Subbéticos y Prebéticos. Los primeros conforman la estrecha alineación estructural de la sierra de Crevillente, mientras que los segundos se extienden ampliamente al Norte de ésta hasta llegar a sobrepasar los límites provinciales, con importantes alineaciones montañosas entre las que destacan las Sierras de Salinas, Fontanella, Cid, Maigmó, Penya Roja, Cabecó del Menechaor, Mariola, Aitana, Serrella, Bernia, Alfaro, etc. También por la extensión de sus afloramientos hay que señalar los materiales neógeno-cuaternarios, que ocuparon en su día depresiones, tanto dentro de las Zonas Externas, como también sobre el contacto Zonas Externas-Zonas Internas. Como se verá más adelante, del estudio de estas últimas se extraerán importantes conclusiones sobre la evolución neotectónica de la región.

3.3. CONCLUSIONES DERIVADAS DEL ANÁLISIS NEOTECTÓNICO DE LA PROVINCIA DE ALICANTE

De la aplicación de los criterios ya expuestos y a raíz de las interpretaciones más evidentes que se pueden avanzar una vez confeccionada la cartografía neotectónica, se han de considerar como más relevantes los siguientes aspectos:

- Intensa actividad deformacional a lo largo del accidente de Crevillente- Alicante (N70°E), puesta de manifiesto tanto por macroestructuras como por microestructuras.

- Fuerte subsidencia al Sur del anterior accidente, con un borde flexural que limita al Norte de la Vega Baja del Segura. Esta subsidencia se pone claramente de manifiesto tanto por la acumulación de importantes espesores de sedimentos cuaternarios, como por los datos geomorfológicos extraídos de las Sierras de Orihuela y Callosa, donde los ápices de los abanicos aluviales progresan rápidamente hacia el interior de los relieves.

En conjunto la Vega subsidente del Segura configura un surco de dirección similar al accidente Crevillente-Alicante.

- Deformaciones a lo largo de directrices transversas de orientación N30-45W, al Sur de la vega subsidente del Segura. Estas estructuras transversas, como la de San Miguel de Salinas, controlan polos subsidentes actuales o subactuales, ocupados por lagunas y marismas. (Salinas de Torrevieja y de la Mata).

- Fuerte complejidad en las estructuras de fracturación y plegamiento en el dominio Prebético, donde es difícil separar las deformaciones neotectónicas de las previas a éstas, o incluso de las heredadas con movimientos recientes. Las estructuras principales que se observan, conservan las directrices generales de la Cordillera, si bien, frecuentemente están retocadas por estructuras transversas de dirección NNW a NW. Los grandes pasillos o corredores rellenos de materiales cuaternarios pueden estar generados tanto por los efectos de la neotectónica como por la erosión diferencial de relieves litológicamente contrastados, o incluso puede que intervengan ambos factores. Así mismo, también los efectos halocinéticos de materiales plásticos, en especial el Trías Keuper, intervienen deformando e implantando estructuras nuevas. Es frecuente observar contactos entre los materiales triásicos y otros terrenos preorogénicos en los que resultan retocados materiales pliocénicos y cuaternarios en buena parte de la provincia de Alicante (Los Hondones, Pinoso, Finestrát, Altea, Alcoy, Jávea...).

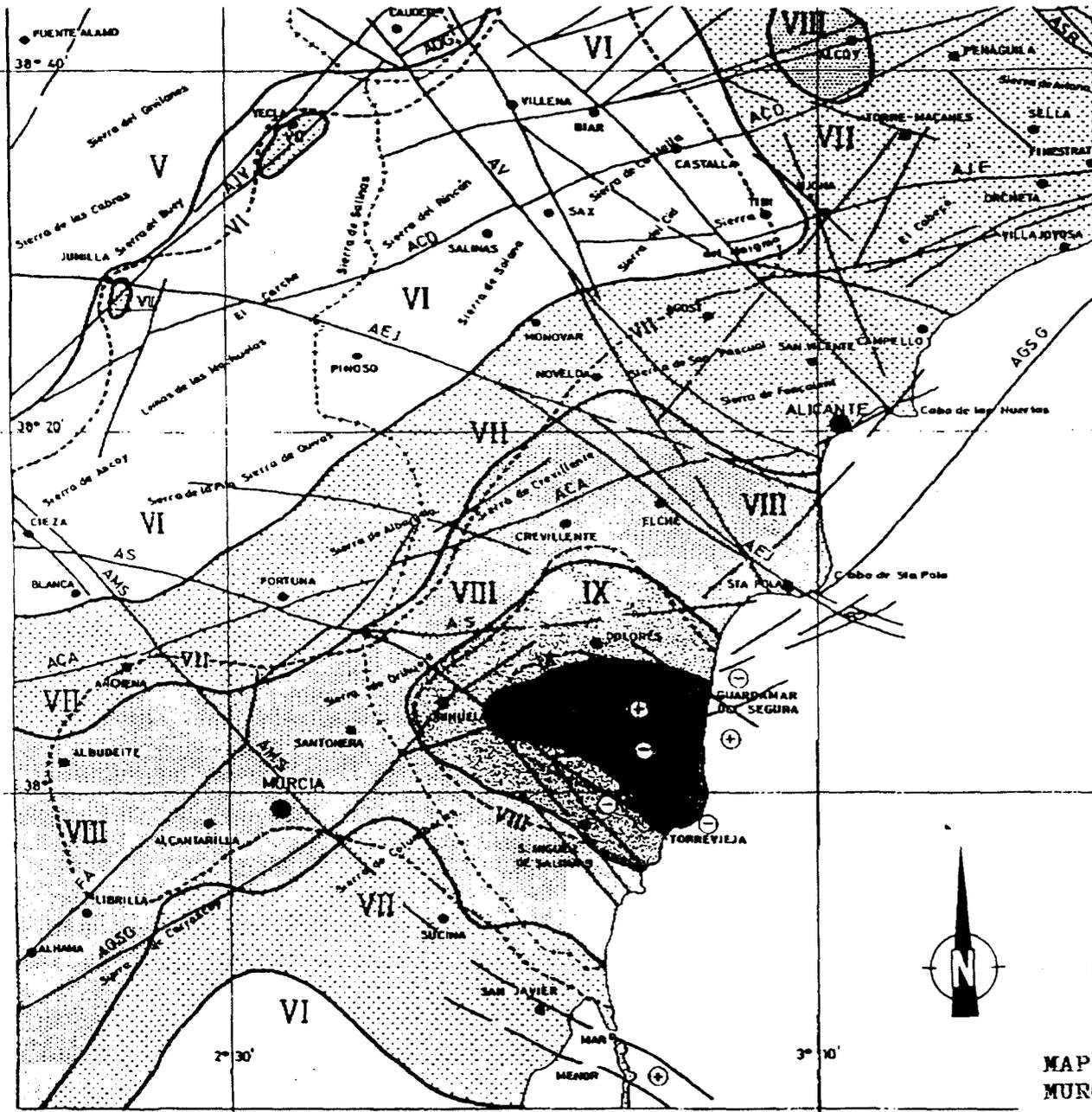
3.4. SISMICIDAD

Para el tratamiento de la sismicidad en la provincia de Alicante se ha utilizado la única información disponible hasta el presente: el Catálogo General de Sismos del Instituto Geográfico Nacional. La Red Sísmica de la Universidad de Alicante, actualmente en período de instalación, no ha suministrado suficiente información como para ser utilizada en el presente estudio.

La expresión de los datos sobre sismicidad instrumental se ha reducido a la representación de los epicentros registrados entre 1.950 y 1.989, considerando únicamente aquellos con magnitud superior a 3.0 (m, escala Richter). Esta limitación, tanto en el periodo de tiempo como en la magnitud escogida, ha estado obligada por el gran margen de error existente en la localización de los epicentros en el catálogo del I.G.N. Los errores estimados para los epicentros representados en la cartografía a 1/200.000 oscilan en la mayoría de los casos entre 10 y 15 Km, para su localización en superficie, y de 5 Km, en profundidad. Esto último nos conduce inevitablemente a ser extremadamente cautos a la hora de hacer interpretaciones sismotectónicas.

Aparte de la sismicidad instrumental, se ha tratado También la sismicidad histórica, recordemos la existencia de un terremoto catastrófico en Torrevieja en el año 1.829, para el cual se ha confeccionado un mapa de isosistas.

Teniendo en cuenta la repartición temporal de los terremotos se han elaborado dos mapas de isositas para periodos de retorno de 100 y 500 años. En éstos se expresa de forma gráfica las áreas de intensidad máxima esperada para esos intervalos de tiempo. De otro lado también se han confeccionado tres mapas de periodos de retorno para intensidades IV, VI y VIII, donde quedan representadas la áreas en las que existe mayor probabilidad de ocurrencia de un terremoto para diferentes intervalos de tiempo. teniendo en cuenta tanto la información de sismicidad histórica como instrumental, se ha estimado oportuno elaborar un mapa de máximas intensidades sentidas entre los años 1.300 y 1.990. (Figura 2).



- ASB ACCIDENTE SIERRA DE BERNIA
- AJV - JUNILLA - VALLDIGNA
- AOG - ONTENTE - GANDIA
- ACD - CASTALLA - DENIA
- AJF - JIJONA - FINESTRAT
- AV - VINALOPO
- AEJ - ELCHE - JUNILLA
- AS - SOCOVOS
- ACA - CADIZ - ALICANTE
- AMS - MEDIO SEGURA
- ABS - BAJO SEGURA
- AGSG - GUADALENTIN - SERRA GELADA
- FA FALLA DE ALHAMA

- ⊕ ⊖ MAXIMOS Y MINIMOS RELATIVOS DEL TECHO DEL MIOCENO NO AFLORANTE
- GRANDES ACCIDENTES DE FALLAS
- ISOMAXIMAS DE INTENSIDAD SISMICA
Sismos entre 1396 y 1976
Datos de Rey Pastor (1951) y Martin Martin (1983)
- - - LINEAS DE ISORRIESGO SISMICO
Sismos entre 1403-1980
Periodo de retorno 1000 años
Datos de Martin Martin y Sierra Gomez (1983)
- - - LIMITE DE PROVINCIAS

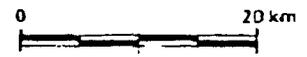


FIGURA Nº 2

MAPA SISMOTECTONICO DE ALICANTE-MURCIA (Tomado de Estevez et al, 1986)

Analizando la sismicidad desde un punto de vista regional, se ha hecho un ensayo de influencia sísmica en torno a la provincia de Alicante; en concreto han sido representados todos aquellos terremotos de intensidad mayor que VII que han sido detectados dentro de la provincia en un radio de 250 Km. (Figura 3). Por último, la Figura 4 representa la intensidad máxima sentida entre los años 1.300 y 1.990.

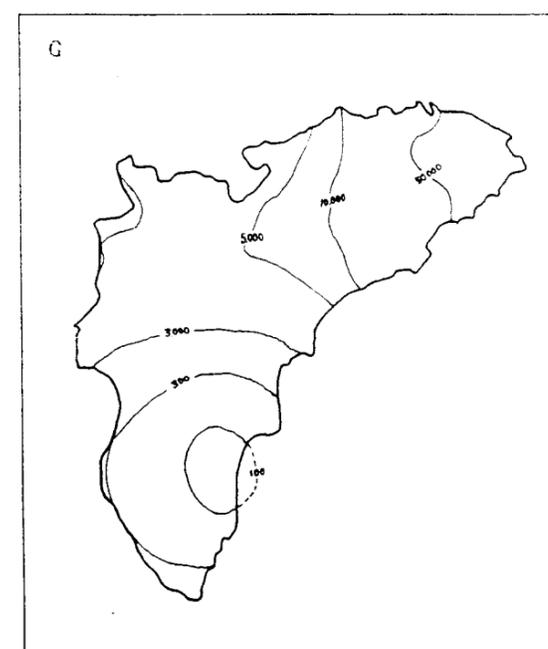
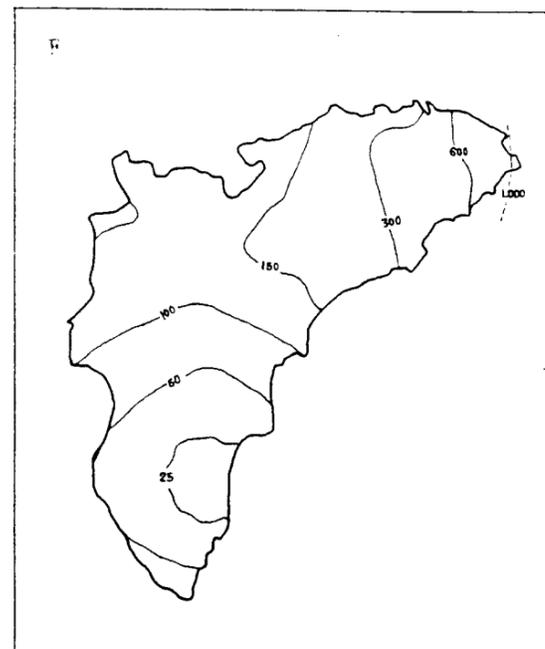
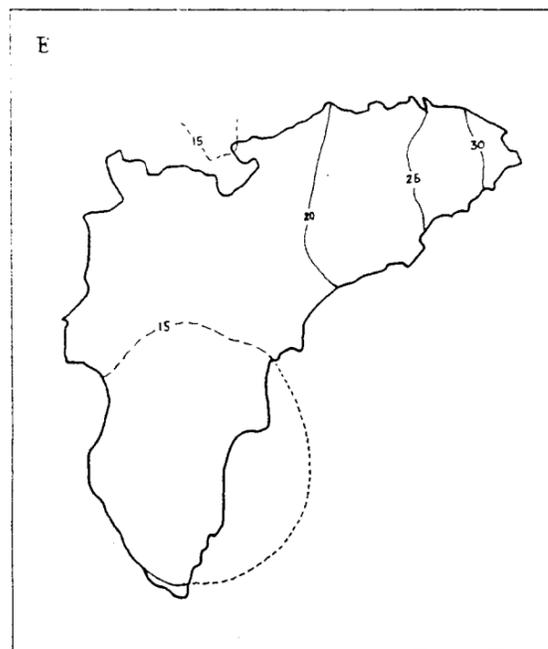
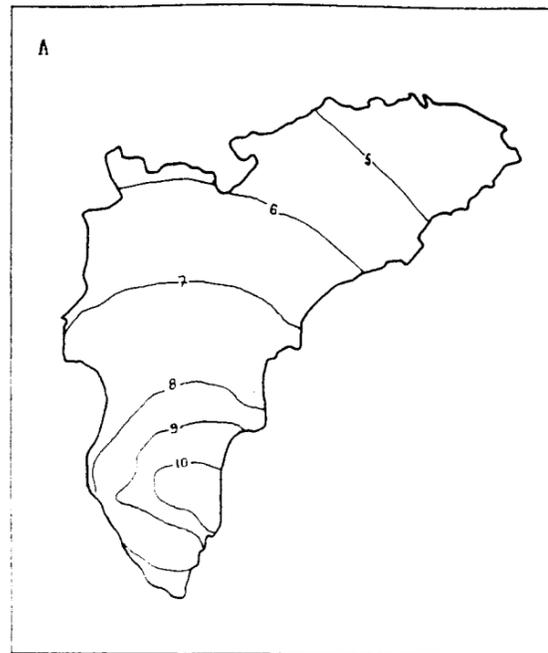
Del primer terremoto que tenemos noticias en nuestra Provincia es el sentido en la comarca de Orihuela en el año 887, del que no poseemos dato alguno sobre los daños producidos.

Las primeras noticias que tenemos sobre daños producidos por temblores de tierra datan de 1.484, en la comarca de Orihuela, donde cuenta las crónicas que tuvieron que destruirse algunos edificios debido a los daños que habían sufrido.

En el año 1.523, la ciudad de Guardamar del Segura se vio sometida a un fuerte temblor sísmico (I = 8), derumbándose la Iglesia y sufriendo considerables daños muchos otros edificios.

Un siglo después, el 2 de Diciembre de 1.620, sufrió la ciudad del Alcoy un fuerte temblor de tierra (I = 8), en donde murieron unas veinte personas, partiéndose la Iglesia Parroquial por medio y arruinando el Real Convento de San Agustín, produciendo réplicas durante más de un mes con el consiguiente pánico en la población. Esta misma población y las colindantes de Concentaina, Muro y Planes se vieron sometidas a un nuevo temblor (I = 9), de mayor poder destructor que el anteriormente sufrido, produciéndose la destrucción de pequeñas aldeas próximas y caminos, llegándose a contar más de cuarenta sacudidas posteriores.

En éste mismo siglo, también se vio sometida en el año 1.694 la ciudad de Alicante a fuertes temblores de tierra llegando la población a abandonar sus casas y establecerse en el campo.



- A MAPA DE ISOSISTAS
TERREMOTO DE TORREVIEJA (21/3/1899)
- B MAXIMA INTENSIDAD SENTIDA
(Entre 1300 y 1990)
- C MAPA DE ISOSISTAS (Para un periodo
de retorno de 100 años)
- D MAPA DE ISOSISTAS (Para un periodo
de retorno de 600 años)
- E MAPA DE PERIODOS DE RETORNO (años)
PARA INTENSIDAD = IV
- F MAPA DE PERIODOS DE RETORNO (años)
PARA INTENSIDAD = VI
- G MAPA DE PERIODOS DE RETORNO (años)
PARA INTENSIDAD = VIII

FIGURA Nº 3

En el siglo XVIII, se sintieron temblores considerables en gran parte de la provincia, siendo de destacar el ocurrido el 16 de Abril de 1.730 en la comarca de Elche (I = 7), arruinando medio pueblo. el 15 de Agosto de 1.746 fué la comarca de Benejuzar-Rojales la que se vio sometida a una fuerte sacudida sísmica (I = 7) también de carácter destructor. El 23 de Marzo de 1.748 se produjo en la ciudad de Enguera un terremoto devastador (I = 9), sufriendo sus consecuencias la parte Norte de la provincia.

Si embargo la serie sísmica de peores consecuencias en la provincia fué la que empezó en el año 1.828, teniendo su punto álgido con el temblor del 21 de Marzo de 1.829 en toda la comarca de la Vega Baja del Segura (I = 10). Produciéndose más de 200 muertos el Almoradí, 80 en Benajuzar, 30 en Rojales, Torrevieja y en la partida de Orihuela. La mayoría de los pueblos de la zona quedaron semidestruidos y algunos totalmente destruidos como Torrevieja, Almoradí. Guardamar del Segura, Rojales y Benejuzar. También se abrieron innumerables respiraderos en el terreno, llegándose a contar en la zona más de 7.000, que arrojaron arenas de diferentes clases, lodos y aguas saladas arruinando gran parte de la vegetación en ésta. A este gran movimiento sísmico lo acompañaron una serie de réplicas durante los 3 meses posteriores, destacando el ocurrido el 18 de Abril de éste mismo año que aunque de intensidad menor (I = 7), produjo grandes daños en las edificaciones ya que éstas estaban muy castigadas por los anteriores temblores que habían sufrido.

En el presente siglo la provincia ha seguido estando sometida a temblores violentos del suelo, como fué el del 1 de Agosto de 1.909 en Torrevieja (I=7), ciudad, por lo que hemos descrito anteriormente, terriblemente castigada por los temblores sísmicos. En del 28 de Noviembre de 1.916 en la ciudad de Salinas (I=7), y los del 10 de Septiembre de 1.919 en la ciudad de Jacarilla (I=7 y I=8).

En resumen, observamos que la provincia de Alicante históricamente ha sido castigada duramente por los temblores de tierra, principalmente concentrados en dos comarcas, una la de Alcoy y otra la de la Vega Baja del río Segura.

3.5. COMPORTAMIENTO SISMOTECTÓNICO

A partir de los datos que suministra la neotectónica, y teniendo en cuenta la información sobre la sismicidad existente, se puede proponer un ensayo sobre el modelo de comportamiento sismotectónico del área.

Se plantéan como presumibles estructuras sismogénicas las grandes fallas ligadas a los sistemas de fracturas mencionadas anteriormente. La distribución areal de sismos refleja agrupamientos denominados fuentes sísmicas (López Casado et al., 1.987) en torno al cruce de las fracturas más importantes, unas según las direcciones de la cordillera y otras transversales.

Estas fracturas, muestran claramente evidencias de un comportamiento esencialmente distensivo, que queda patente por la desnivelación y el espesor de los sedimentos recientes. No obstante, también la comprensión de dirección aproximada N-S está bien fundamentada en diversos puntos, (Los Hondones, Finestrat, La Nucia...) donde es posible observar juegos de desgarre e incluso de falla inversa.

Los movimientos comprensivos y distensivos corresponden a aceleraciones y desaceleraciones del acercamiento y de la transcurrencia entre Africa e Iberia, así como a las tensiones E-W asociadas a estos movimientos relativos, en los que reajustes isostáticos favorecen las desnivelaciones verticales. En todo caso hay que insistir en el carácter polifásico de los accidentes recientes, como demuestra el hecho de que en una misma superficie de falla es corriente observar microestructuras que denotan tanto esfuerzos verticales como horizontales.

Si se intenta relacionar con un mayor detalle la relación existente entre las estructuras neotectónicas y la sismicidad se debe insistir, antes de nada, en que la calidad de los datos de sismicidad disponibles actualmente no permiten proponer un modelo sismotectónico preciso, que nos aproxime con certeza a determinar las estructuras sismogénicas de la región. A pesar de ello si podemos intentar relacionar grandes estructuras, bastante complejas en el detalle en su modelo de fracturación y plegamiento, con áreas de sismicidad más abundante, tanto en el número de terremotos producidos, como en la intensidad y la magnitud de los mismos.

La estructura que agrupa la mayor cantidad de terremotos dentro de la Provincia es la cuenca subsidiaria del Bajo Segura. Esta cuenca está jalonada al Norte y al Sur por dos bordes flexurales N70E de edad cuaternaria, en gran medida responsables del hundimiento que actualmente sufre; desafortunadamente no conocemos la organización de las fracturas en profundidad, pero presumiblemente actúan fallas del Sistema de San Miguel de Salinas

(N45W). La subsidencia pues de esta cuenca puede generarse por la acción simultánea de al menos fracturas de los Sistemas N70E y N45W. en este contexto se han producido gran número de terremotos catastróficos, ya reseñados en el apartado de sismicidad histórica.

El borde Norte de la citada cuenca subsidente del Bajo Segura coincide con la terminación oriental del accidente regional Cadiz-Alicante. Este accidente, aunque iniciara su actuación en tiempos preneotectónicos, muestra numerosas incidencias de actividad reciente, suponiendo una posible zona de debilidad para generar movimientos sísmicos. Así, los epicentros localizados en la alineación Crevillente-Elche-Alicante pueden estar generados por el juego de alguna de las numerosas estructuras locales integradas en el accidente Cadiz-Alicante.

El borde Sur de la cuenca del Bajo Segura coincide con un borde flexural alineado, entre las localidades de Bigastro y Guardamar del Segura, con una orientación variable entre N70E y E-W. Entre esta alineación y la terminación meridional de la Provincia aparece un sistema de fracturas transversales de dirección próxima a N45W (Sistema de San Miguel de Salinas), que muestran movimientos de falla normal buzante al NE o de falla direccional dextrorsa. La actividad reciente de estas fracturas se pone de manifiesto tanto por la deformaciones de materiales pliocenos y cuaternarios como por la sismicidad catastrófica; recordemos que en este sector se produjeron los terremotos de Guardamar del Segura de 1.523 y de Torrevieja y otras localidades próximas de 1.829 y 1.909.

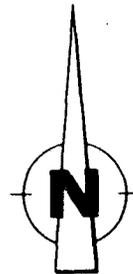
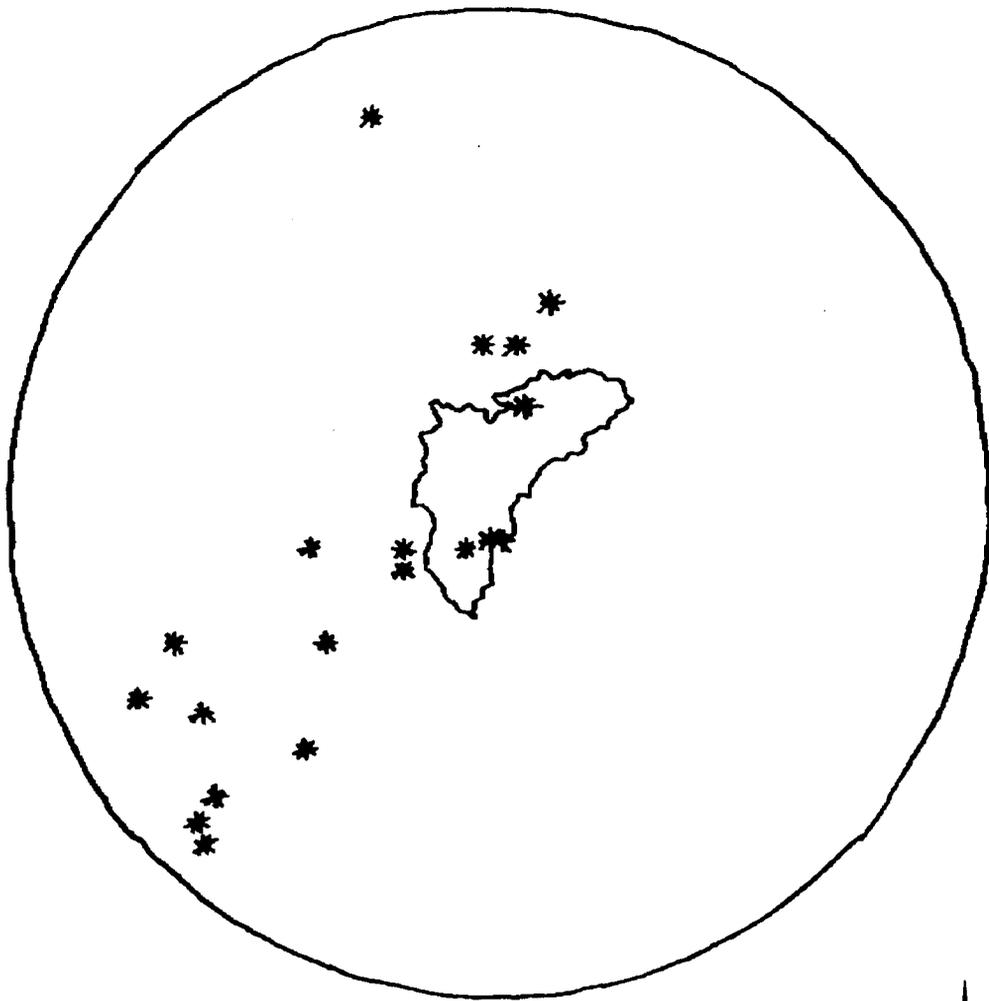


FIGURA Nº 5

ZONA DE INFLUENCIA SISMICA EN TORNO A LA PROVINCIA DE
ALICANTE. INTENSIDAD MAYOR QUE 7. RADIO = 250 Km.

En la parte centro-septentrional de la Provincia, al Norte del accidente Cadiz-Alicante, las estructuras de mayor actividad neotectónica coinciden con fracturas de orientación N60-70E. Así ocurre entre las localidades de Ibi y Alcoy, donde las Sierras de Menechaor y la Carrasqueta muestran en sus bordes deformaciones cuaternarias. El terremoto destructor de Alcoy de 1.620 pudo estar generado por la actuación de fracturas del anterior sistema, pudiendo intervenir también fracturas transversas de dirección N120E, como las que jalonan el borde SW de la Sierra de Ondoches. Hay que señalar que, en conjunto, el sector que nos ocupa presenta una distribución de sismicidad muy dispersa, tan sólo el ya mencionado entorno de Alcoy, permite establecer relaciones algo claras entre las estructuras neotectónicas y la sismicidad; en el resto es muy aventurado por el momento proponer sistemas de estructuras activas sísmicamente.

3.6. BIBLIOGRAFÍA

- Estevez, A; Pina, J.A. y López Garrido, A.C. (1.986).- "Aportación al conocimiento neotectónico y sismotectónico del sudeste de España (provincias de Alicante y Murcia)". I Jornadas de Estudio del Fenómeno Sísmico y su Incidencia en la Ordenación del Territorio. Murcia.
- López Casado, C.; Estevez, A.; Pina, J.A. y Sanz de Galdeano, C. (1.989).- "Alineaciones sismotectónicas en el Sudeste de España. Ensayo de delimitación de fuentes sísmicas". Mediterránea, 7-8.
- López Casado, C.; Giner, J.J. y Pelaez, J.A. (1.990).- "A program for the analysis of seismic risk". XXII General Assembly European Seismological Commission. Barcelona.
- Instituto Geográfico Nacional (hasta 1.989).- "Catálogo General de Terremotos".
- IGME (varios años).- "Mapa geológico a escala 1/50.000 y memoria explicativa de las hojas: Játiva (795), Gandía (796), Caudete (819), Onteniente (820), Alcoy (821), Jávea (823), Yecla (845), Castalla (846), Villajoyosa (847), Pinoso (870), Elda (871), Alicante (872), Fortuna (892), Elche (893), Cabo de Santa Pola (894), Orihuela (913), Guardamar del Segura (914), Murcia (934), Torrevieja (935).

4. PELIGROSIDAD DE MOVIMIENTOS DE LADERAS

INDICE

	Pág.
4.1. INTRODUCCIÓN	1
4.2. METODOLOGÍA	2
4.2.1. Antecedentes metodológicos	2
4.2.2. Desarrollo de la metodología	3
4.2.2.1. Entrada de datos	4
4.2.2.2. Procesado previo de datos	5
4.2.2.3. Tratamiento de datos elaborados	6
4.2.2.4. Filtrado de datos	6
4.2.2.5. Zonación y contraste de resultados	7
4.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ESTABILIDAD DE LADERAS	8
4.3.1. Factores intrínsecos o condicionantes	8
4.3.2. Factores externos o desencadenantes	10
4.4. ZONACIÓN POR GRADO DE PELIGROSIDAD	12
4.4.1. Zona con grado de peligrosidad muy bajo	12
4.4.2. Zona con grado de peligrosidad bajo	13
4.4.3. Zona con grado de peligrosidad moerado	15
4.4.4. Zona con grado de peligrosidad alto	15
4.4.5. Zona con grado de peligrosidad muy alto	16
4.4.6. Zona con grado de peligrosidad extremadamente alto	19
4.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20
4.6. BIBLIOGRAFÍA	23

4.1. INTRODUCCIÓN

La inestabilidad de laderas es uno de los riesgos geológicos ligados a la geodinámica externa que más extendido se encuentra en la superficie terrestre. Por esta razón, y a pesar de no ser tan espectacular como inundaciones o terremotos, supone una de las catástrofes naturales que mayores daños origina. Los movimientos de ladera tienen su principal campo de acción en las zonas montañosas, ya que en ellas encuentran condiciones climáticas y orográficas adecuadas para su desarrollo. En las últimas décadas se ha incrementado este riesgo debido a la progresiva colonización que sufren estas zonas de montaña.

Sharpe (1.938) define los movimientos de ladera *como la perceptible caída o deslizamiento descendente de una masa relativamente seca de tierra, roca o mezcla de ambas.*

Aunque el término más extendido (sobre todo en publicaciones americanas) para designar a los movimientos de ladera es el de **deslizamiento de tierras (landslide)**, en este caso creemos más conveniente no utilizarlo (salvo en algunos casos) ya que en la mayoría de clasificaciones, y en concreto la que se utiliza en este estudio, aparece el término *deslizamiento* para designar un tipo concreto de movimiento de ladera en el cual la masa de terreno se desliza rígidamente a favor de una o varias superficies definidas de rotura.

Otro término que también se puede encontrar en la literatura científica es el de *movimientos de taludes* (Ayala y Andreu, 1.987) para designar el mismo fenómeno. Sin embargo, la tendencia actualmente más generalizada, es aplicar este término cuando se trata de taludes artificiales y el de *movimientos de ladera* de una forma más amplia incluyendo todas las laderas naturales.

4.2. METODOLOGÍA

Los mapas de peligrosidad tratan de establecer la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno determinado en una zona concreta. Para ello se estudian los fenómenos ya ocurridos y los factores que condicionan su desarrollo.

Existen métodos de auscultación de laderas que permiten establecer con gran precisión la estabilidad de una ladera (Rodríguez Ortiz, 1.987). Sin embargo cuando se pretende abarcar grandes extensiones con medios y tiempo limitados, se utilizan los mapas de pequeña escala (1/100.000 en adelante) que son de gran utilidad para orientar al planificador o proyectista.

4.2.1. Antecedentes metodológicos

Aunque no existe una normalización de este tipo de cartografías, Corominas (1.987) sistematiza gran parte de ellas en cuatro grupos:

- Mapas con base geomorfológica
- Mapas basados en la combinación de factores
- Mapas obtenidos mediante técnicas de tratamiento de datos
- Mapas obtenidos a partir de datos instrumentales

Esta clasificación no es excluyente ya que algunas cartografías se pueden encuadrar en dos o más grupos; aún así constituye una interesante sistematización de los criterios más utilizados en las cartografías existentes.

Los mapas con base geomorfológica se basan, por lo general, en reconocimientos fotogeológicos y de campo. Es un grupo amplio y heterogéneo donde las condiciones de estabilidad y peligrosidad las establece directamente el autor del mapa.

Dentro de este grupo se pueden citar entre otros:

- *Cartografía geomorfológica de deformaciones en taludes (Checoslovaquia)* de Mahr y Malgot (1.978).
- *Mapa de corrientes de derrubios por fotogrametría (California)* de Kojan et al. (1.972).
- *Cartografía de riesgos geológicos en las comarcas de montaña de Cataluña* (Corominas 1.986 b.).

En todos estos mapas no sólo se cartografían las formas de inestabilidad en laderas sino que a continuación se interpretan los procesos a que van ligados. La principal limitación es el grado de subjetividad introducido por el autor.

Los mapas basados en la combinación de factores que pueden derivar de los anteriores, introducen distintas variables ponderadas de modo que los grados de peligrosidad resultantes adquieren una mayor objetividad.

Son básicos de este grupo los trabajos de BRABB et. al. (1.972) y NILSEN et. al (1.979), ambos en California.

En ellos, se analizan la densidad de deslizamientos y se definen los rangos de pendientes. A continuación se superponen estas cartografías con el mapa litológico, conociendo así las litologías más inestables. Se pueden introducir otros factores tales como la orientación de la ladera, la extensión y tipo de vegetación, profundidad del nivel freático, longitud de la ladera, etc, que tras ser digitalizados, y por medio de su codificación y ponderación (dada su influencia relativa en el proceso), permiten obtener una gradación de la peligrosidad relativa.

Para la realización de los mapas obtenidos mediante técnicas de tratamiento de datos, se necesita un número suficiente de datos previos para su tratamiento por métodos probabilísticos.

En los mapas obtenidos mediante técnicas de tratamiento de datos de mayor detalle que los del grupo anterior, se pueden introducir un mayor número de variables: tipo de movimiento, litología, altura del talud, pendiente, agua subterránea, drenaje, grado de sumersión, uso del suelo, lluvia caída, densidad de fracturación, etc.

El tratamiento de esta serie de datos conduce a modelos multivariantes que permiten establecer clasificaciones de estabilidad de taludes con una precisión entre el 73% y el 83% (Carrara, 1.983).

Los mapas obtenidos a partir de datos instrumentales, son documentos que se elaboran fundamentalmente en función de los desplazamientos observados en una ladera inestable en relación a otros parámetros: precipitación, movimientos sísmicos, tiempo, etc.

De los resultados obtenidos y su análisis estadístico no sólo se puede evaluar la probabilidad de ocurrencia de un movimiento sino la probabilidad de aceleración o de frenado en función de los parámetros considerados (Bonnard, 1.984).

4.2.2. Desarrollo de la metodología

Para la ejecución del Mapa de Peligrosidad de Movimientos de Ladera de la Provincia de Alicante se ha utilizado la metodología desarrollada por Durán et al. (1.990). Esta metodología que ya ha sido ensayada en otras provincias (Granada y Málaga), se puede encuadrar en el grupo de mapas basados en la combinación de factores, aunque además aporta una

base geomorfológica y un tratamiento de datos. En conjunto se obtiene una cartografía bastante objetiva (teniendo en cuenta la escala de trabajo, 1/200.000), que permite observar la ubicación de los movimientos en relación al grado de peligrosidad.

A continuación se resumen las principales etapas de que consta esta metodología.

4.2.2.1. Entrada de datos

Se parte de tres **cartografías básicas**:

- Mapa de grupos litológicos de comportamiento geomecánico homogéneo (litogrupos).
- Mapa de pendientes
- Mapas geomorfológico de movimientos de ladera.

En el mapa de litogrupos, confeccionado en base a las cartografías geológicas a escala 1/50.000 del plan MAGNA, se han distinguido los siguientes:

A: Calizas, dolomías y calizas margosas.

B: Calcarenitas, brechas, conglomerados y lutitas cementados.

C: Conglomerados, arenas y lutitas poco cementadas o sueltas.

D: Gravas y arenas sueltas (Depósitos aluviales y costeros).

E: Alternancia de: caliza-marga-margocaliza.

F: Alternancia de: conglomerado-arena-arcilla-marga.

G: Sucesión de: calcarenitas, margas, arcillas y calizas.

H: Arcillas, margas y margas con yeso.

En el mapa de pendientes se han distinguido los intervalos representados en la Tabla I.

Tabla I. Intervalos de pendientes con su número de identificación

1	Del 0 al 7%
2	del 7 al 15%
3	del 15 al 30%
4	del 30 al 45%
5	del 45% en adelante

Por último, en el mapa geomorfológico se cartografían los movimientos de ladera según su funcionalidad y su velocidad, obteniendo la clasificación que aparece en la Tabla II.

Tabla II. Tipología de movimientos de ladera

MOVIMIENTOS DE LADERA	Rápidos	Antiguos	Deslizamientos Flujo Movimientos complejos
		Recientes	Desprendimientos Deslizamientos Flujos Movimientos complejos
	Lentos	Reptación + soliflucción	

Además de estas tres cartografías básicas se utiliza como **datos complementarios** el mapas de puntos críticos.

El *mapa de puntos críticos* aporta información sobre los bienes sociales (poblaciones, carreteras, ferrocarriles, etc) afectados por fenómenos de inestabilidad. El Anexo I recoge una relación de estos puntos incluyendo sus principales características.

4.2.2.2. Procesado previo de datos

De la superposición de los mapas de pendientes y de litogrupos se obtiene el *mapa de litopendientes*. Las litopendientes resultantes aparecen en la tabla III.

Tabla III. Siglas de litopendientes

Pendiente	Litología							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1 (0 - 7%)	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1
2 (7 - 15%)	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H2
3 (15 - 30%)	A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3	H3
4 (30 - 45%)	A4	B4	C4	D4	E4	F4	G4	H4
5 (> 45%)	A5	B5	C5	D5	E5	F5	G5	H5

Partiendo de la Tabla III se procede al planimetrado de litopendientes, es decir, se mide la superficie que cada litopendiente ocupa en el conjunto de la provincia.

A continuación se mide la superficie que ocupa cada movimiento de ladera (*superficie deslizada*) agrupando estas medidas por litopendientes. Al medir la superficie de los movimientos se ha de tener en cuenta el tipo de movimiento y su funcionalidad. De esta manera se consideran tres grupos: movimientos antiguos, movimientos recientes y movimientos lentos. A los sumatorios obtenidos en cada uno de estos grupos (para cada litopendiente) se les aplican los siguientes factores correctores:

- Movimientos recientes: superficie x 1
- Movimientos antiguos: superficie x 0,8
- Movimientos lentos: superficie x 0,6

Con los valores obtenidos se halla el tanto por ciento de superficie deslizada corregida para cada litopendiente.

4.2.2.3. Tratamiento de datos elaborados

Considerando por separado los porcentajes de superficie deslizada corregida de cada litogrupo, se observa una progresión de los valores conforme aumenta la pendiente. Esta progresión no es homogénea sino que presenta discontinuidades. Cuando en una de ellas un valor de porcentaje es por lo menos, el doble del valor de la litopendiente anterior, se considera un salto representativo.

Estos valores de porcentaje que suponen saltos representativos se ordenan de mayor a menor y en esta serie se observan nuevos saltos que van a delimitar seis grupos de valores. Los límites de estos grupos (obtenidos utilizando la media aritmética de los mismos) constituyen las rupturas de peligrosidad. Los grados de peligrosidad obtenidos para la provincia de Alicante aparecen en la Tabla IV.

Tabla IV. Delimitación del Grado de Peligrosidad por los Intervalos porcentuales de superficie deslizada corregida.

Grado de peligrosidad	Superficie deslizada corregida
1. Muy bajo	del 0 a 1%
2. Bajo	del 1 a 3%
3. Moderado	de 3 a 5,5%
4. Alto	de 5,5 a 11%
5. Muy alto	de 11 a 18%
6. Extremadamente alto	de 18 en adelante

4.2.2.4. Filtrado de datos

Se efectúa un filtrado de representatividad que afecta a las litopendientes cuya superficie es inferior al 4% del total del litogrupo. Se ha observado que, en ocasiones, estas litopendientes minoritarias pueden presentar un grado de peligrosidad poco coherente con respecto a su pendiente; es decir, para las pendientes altas presentan un grado de peligrosidad menor que para las bajas. En estos casos se incrementa la peligrosidad hasta el mismo grado de la litopendiente anterior (igual litología y un intervalo menos de pendiente).

Este filtrado tiene lugar únicamente para aumentar el grado de peligrosidad nunca para disminuirlo.

4.2.2.5. Zonación y contraste de resultados

Unificando en un mismo término todas las litopendientes de igual grado de peligrosidad se obtiene una mapa simplificado en seis zonas (ver Tabla IV). A éste se le superpone el geomorfológico y el de puntos críticos quedando configurado el Mapa de Peligrosidad de Movimientos de Ladera.

El contraste de resultados se efectúa mediante:

- Chequeo de campo.
- Cotejo en base a los puntos críticos.
- Comparación con resultados de cartografías próximas.

Estos puntos se analizarán en los siguientes apartados.

4.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ESTABILIDAD DE LADERAS

Los movimientos de ladera tienden a desarrollarse en unas condiciones determinadas y bajo la influencia de unos fenómenos o agentes externos que actúan como catalizadores del movimiento. Bajo esta perspectiva se puede diferenciar los factores condicionantes de los factores desencadenantes.

4.3.1. Factores intrínsecos o condicionantes

La probabilidad de que se produzcan movimientos de ladera depende en primer término de:

- Litología
- Morfología (pendiente)
- Condiciones hidrogeológicas
- Estructura geológica

La variación de cualquiera de estos condicionantes se puede traducir en un incremento o disminución de la resistencia al corte, lo cual puede conducir a la rotura del terreno.

Litología

Es el condicionante de partida y del que van a depender en gran parte el resto de los factores. Una litología competente (roca) va a mostrar unas pendientes altas y probablemente varios sistemas de juntas o discontinuidades; una litología blanda (tipo suelo cohesivo) tendrá en cambio pendientes suaves y estructura más homogénea.

Un material arenoso (suelo granular) va a manifestar un comportamiento hidrogeológico de acuífero con probable circulación subterránea y oscilación del nivel freático; en cambio un material margoso (suelo cohesivo) manifiesta un comportamiento impermeable sin circulación subterránea y frecuentes cambios en el estado de consolidación en función del grado de humedad.

En la provincia de Alicante se manifiestan como litologías inestables representativas:

- Arcillas, margas y margas con yesos (Litogrupo H)
- Materiales de macizos carbonatados (Litogrupo A)
- Calcarenitas, margas, arcillas y calizas (Litogrupo G)

Morfología

Se encuentra condicionada en parte por la litología e incide determinadamente en el desarrollo de movimientos. La magnitud que nos permite cuantificar mejor la morfología es la inclinación de las laderas o pendiente. Cuando en una ladera aumenta la pendiente por cualquier proceso (erosivo, tectónico, antrópico, etc), se produce una concentración de tensiones en determinadas partes del talud o ladera que pueden conducir a la rotura del mismo.

Dentro de la morfología, es un factor muy a tener en cuenta la existencia de movimientos previos. Kojan et al. (1.972) demuestran la estrecha relación existente entre el desarrollo de movimientos y la existencia de inestabilidades previas; en concreto obtiene que más de un 80% de los movimientos producidos durante un periodo de fuertes lluvias, tuvieron lugar sobre movimientos antiguos.

En la provincia de Alicante existen dos valores de pendiente que muestran gran incidencia en el grado de peligrosidad (en relación con la litología): el 45% y el 15%.

Condiciones hidrogeológicas

Además de la influencia del agua subterránea en relación con la naturaleza del material (ya comentada), es de gran importancia la situación de la ladera respecto a las surgencias, nivel freático y el sentido del flujo subterráneo. Una ladera que por sus condiciones litológicas y morfológicas es estable, puede movilizarse si alguno de estos factores humedece el suelo. La presencia de agua, como es sabido, aumenta las presiones intersticiales y disminuye la resistencia a los esfuerzos. En el caso de acuíferos confinados se pueden producir subpresiones en los materiales suprayacentes que pueden dar lugar a licuefacciones. Si el proceso de circulación tiene lugar a través de discontinuidades de una roca, aumenta la presión, a la vez que actúa como lubricante.

Estructura geológica

Es un factor que tiene influencia sobre todo en los materiales consolidados o rocosos. En estos se presentan con frecuencia discontinuidades de distinto origen (estratificación, diaclasas, fallas, etc) asociadas en varios sistemas, que constituyen planos de debilidad de la roca. La orientación de estos planos respecto a la orientación de la ladera va a condicionar en gran medida el desarrollo de movimientos.

En ocasiones la densidad de las discontinuidades es tal que los planos de debilidad afectan a toda la roca. En estos casos se pueden originar roturas por nuevas superficies de corte similares a las producidas en un material homogéneo.

4.3.2. Factores externos o desencadenantes

Si los factores condicionantes determinan la probabilidad de aparición de los movimientos, así como los mecanismos, tipologías y modelos de rotura, este segundo grupo de factores son los responsables, en gran medida de la periodicidad y magnitud de los movimientos ya que son los que alteran el estado de equilibrio de una ladera.

Los factores desencadenantes se pueden clasificar, según su origen, en naturales y antrópicos (debido a la gran cantidad de factores externos que influyen, en mayor o menor medida, en la estabilidad de laderas, nos centraremos en aquellos que tienen incidencia en la provincia de Alicante).

FACTORES NATURALES

El **clima** es uno de los factores principales ya que controla tanto el régimen de precipitaciones, como de temperaturas. Son numerosos los estudios que demuestran la fiel correlación entre épocas lluviosas y desarrollo de movimientos de ladera (Rapp, 1.960; Kojan et al. 1.972; Rodríguez Ortiz, 1.987). En este aspecto cabe distinguir la precipitación moderada pero continuada (varias semanas) de la torrencial, bastante frecuente en la región. La primera va a provocar movimientos en las laderas que reúnan las condiciones generales para ello. En cambio las torrenciales van a afectar en mayor medida a zonas con movimientos previos, ya que inmediatamente se supera la capacidad de infiltración del terreno, lo cual favorece su escorrentía hacia las grietas existentes en el terreno.

La temperatura tiene menor importancia, afectando fundamentalmente a macizos rocosos fracturados y situados a cierta altura, donde tienen influencia los fenómenos periglaciares y el deshielo generalizado.

La **erosión** afecta a la estabilidad de las laderas siempre que produce un aumento de la pendiente. Esto suele ocurrir por erosión fluvial, que produce socavamiento lateral de los valles (fenómeno que afecta al área de Alcoy); erosión litoral, por oleaje, que origina acantilados propicios a los desprendimientos (Cabos de San Antonio, de la Nao y Santa Pola); y erosión kárstica que produce grandes vacíos subsuperficiales por disolución, que pueden dar lugar a colapsos.

Los **seísmos** producen vibraciones que originan fluctuaciones en el estado de esfuerzos del terreno. En zonas sísmicas los terremotos llegan a ser la causa principal de los movimientos de ladera. Los fenómenos deformacionales de tipo sismo- gravitacional tienen una dinámica específica, tendiendo a ocupar mayor extensión que los puramente gravitacionales (sobre todo cuando ha habido vibraciones de larga duración o encadenadas).

Otros factores naturales de menor importancia son: el efecto estabilizante de la **vegetación**, sobre todo forestal, y los levantamientos o subsidencias regionales (**fenómenos neotectónicos**) que dan lugar a escarpes de falla de cierta importancia.

FACTORES ANTROPICOS

En este grupo destacan las parcelas de la actividad humana que se ocupan de generar recursos naturales y de procurar servicios de transformación y distribución (sectores de minería y de obras civiles). Estas acciones producen generalmente movimientos de magnitud limitada que permiten ser controlados con medidas correctoras, excepto aquellos casos en que se reactivan movimientos anteriores.

En los trabajos de Ayala et al. (1.989) se analizan con cierto detalle estos factores antrópicos. A continuación resumimos los más importantes.

- **Excavaciones:** sobre todo en el pie de los taludes produciendo un efecto de descalce.
- **Saturación accidental del terreno:** ésta se puede producir por la rotura de conducciones, por fugas en depósitos o canalizaciones y por ascenso del nivel freático. Este último caso, que se suele dar de forma natural por efecto de la lluvia, también se puede producir como consecuencia del exceso de riego.
- **Implantación de rellenos o vertederos:** cuando los vertidos se depositan sobre laderas en equilibrio estricto se provocan deslizamientos en cabecera con cierta facilidad.
- **Voladuras:** que producen ondas similares a las de un seísmo. Son capaces de ampliar la red de fracturación creando nuevas superficies potenciales de deslizamiento. Un efecto menor similar al de las voladuras se produce por acción de maquinaria pesada.
- **Alteración de redes de drenaje:** lo cual puede incrementar el socavamiento lateral de los cauces, si no se protegen las márgenes.
- **Deforestación:** esta impide los efectos estabilizadores de las raíces, así como de la evapotranspiración, que reduce el contenido en agua del suelo. Los incendios son causa importante de este fenómeno.
- **Sobrecargas** sobre laderas: pueden ser debidas a edificaciones, puentes, presas, etc.

4.4. ZONACIÓN POR GRADO DE PELIGROSIDAD

El estudio realizado, y descrito hasta aquí, se sintetiza cartográficamente en un mapa práctico que clasifica el territorio provincial de Alicante en seis zonas con un grado de peligrosidad equivalente. Para ello nos basamos en las teorías del Uniformismo, enunciada por James Hutton en 1.788 y del Actualismo, enunciada por Charles Lyell en 1.832. Ellos fundamentan sus ideas en que los fenómenos geológicos han ocurrido de la misma forma que ocurren en la actualidad y por tanto se puede aplicar la experiencia del presente a la reconstrucción del pasado y a la predicción del futuro.

En el caso que nos ocupa, utilizamos la última parte del postulado para inferir que las zonas donde se han producido o se están desarrollando movimientos de ladera con más frecuencia, van a ser aquellas que en el futuro muestren mayor susceptibilidad a que se produzcan nuevos movimientos.

Partiendo de esta premisa, el problema se centra en delimitar exactamente las zonas. En una primera aproximación los mapas de isopleas marcan precisamente las zonas con mayor superficie con movimientos; sin embargo analizando todos los factores que influyen en la estabilidad de una ladera, se ha desarrollado la metodología expuesta en el apartado 2 (dicha metodología está diseñada para mapas a pequeña escala: de 1/100.000 a 1/400.000).

A continuación se exponen las principales características de cada zona incluyendo algunos ejemplos.

4.4.1. Zona con grado de peligrosidad muy bajo

Es la zona más representativa en la provincia ya que ocupa más de la mitad de su superficie. En ella están representados todos los litogrupos: con pendientes muy suaves en litologías de poca consistencia y con pendientes suaves o moderadas en litologías más competentes. Los materiales más representativos (más del 60%) son las gravas, arenas y limos sueltos, correspondientes a aluviales y depósitos litorales, con pendientes inferiores al 7%.

En esta zona la probabilidad de que ocurra un movimiento de ladera es menor del 1%. Aún así en condiciones especiales se pueden originar roturas. Este es el caso del Deslizamiento de Beniata (en la población de Alcoy) del cual se ha realizado un estudio pormenorizado con instrumentación en el Mapa Geotécnico y de Riesgos Geológicos para la Ordenación Urbana de Alcoy (IGME, 1.982).

En general se puede decir que en esta zona existen las condiciones necesarias para que no se produjera jamás un movimiento de ladera, sin embargo condiciones locales (socavamiento fluvial, nivel freático superficial, taludes antrópicos, etc) que escapan a la escala de este mapa, pueden originar problemas puntuales que necesitarían de estudios más detallados.

4.4.2. Zona con grado de peligrosidad bajo

Esta zona, que ocupa casi la cuarta parte de la superficie provincial, se caracteriza por estar constituida, en su mayoría, por calizas y dolomías (litogrupo A) y alternancias (litogrupo E) con pendientes moderadas (entre 15 y 45%). En ella la probabilidad de ocurrencia de movimientos de ladera es del 1 al 3%.

El litogrupo más representativo es el A, constituido por rocas carbonatadas, con las pendientes antes mencionadas, que ocupa casi la mitad de la superficie de la zona.

Los movimientos más frecuentes son los **desprendimientos de roca** considerando como tales a aquellos movimientos de una porción de suelo o roca, en forma de bloques aislados, que en una gran parte de su trayectoria descende por el aire en caída libre, produciéndose saltos y rebotes al contactar con el terreno. Es un movimiento extremadamente rápido (en este grupo quedan incluidos los vuelcos).

Este tipo de fenómeno se puede observar en el borde oriental del Embalse de Elche, al Norte de dicha población. El talud está formado por margas con niveles arenosos y calcáreos a la base y calizas a techo (figura 1).

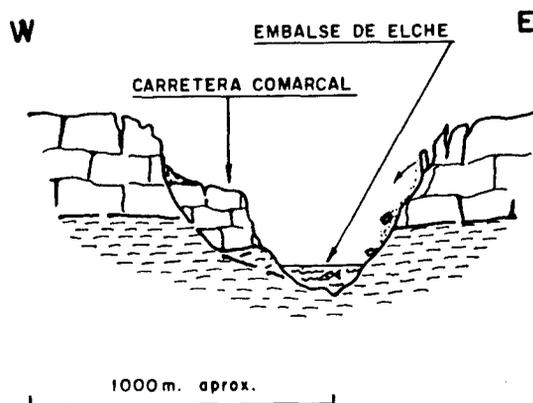


Figura 1. Corte esquemático del desarrollo de movimientos de ladera en los taludes del Embalse de Elche (zona de baja peligrosidad).

Como se puede apreciar en dicha figura, en la ladera oeste se desarrollan deslizamientos rotacionales, en cuya cabecera está situada la carretera comarcal. Estos deslizamientos que son consecuencia del fuerte encajamiento del río Vinalopó, presentan unas características morfológicas bien conservadas, lo que conduce a pensar que han sido activos en tiempos recientes.

Otro ejemplo de deslizamientos dentro de esta zona es el situado al Este de Agost, en la Sierra de Castell. Se desarrolla sobre margocalizas arenosas a la base y calcarenitas a techo (figura 2). El movimiento parece estar estabilizado a excepción de algunas reptaciones superficiales. En conjunto ocupa una superficie aproximada de 4 Hm².

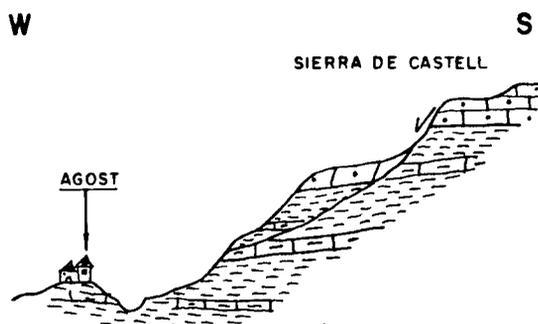


Figura 2. Deslizamiento rotacional antiguo en la Sierra de Castell (corte esquemático sin escala).

En el mapa de peligrosidad se han considerado **deslizamientos a aquellos movimientos de ladera relativamente rápidos, que se producen al superarse la resistencia al corte del material. Se desarrollan a lo largo de una o varias superficies definidas que son visibles o pueden ser deducidas razonablemente. La masa deslizada lo hace rígidamente y aunque puede llegar a fragmentarse, se considera un único bloque. Dentro de este grupo se han considerado indiferenciados los deslizamientos rotacionales y traslacionales.**

4.4.3. Zona con grado de peligrosidad moderado

Representa una pequeña porción de menos de 200 Km² (2,9% de la superficie provincial) y está formada exclusivamente por materiales arcillosos y margosos con pendientes comprendidas entre el 7 y el 15% (litopendiente H2). La probabilidad de ocurrencia de un movimiento de ladera está entre el 3 y el 5,5%.

En esta zona los movimientos más frecuentes pertenecen al grupo de **movimientos lentos**. En éste se incluyen las reptaciones y las solifluxiones (aunque en otras clasificaciones aparecen en el grupo de flujos, para este trabajo se considera más adecuado separarlos).

La reptación es un movimiento continuo, superficial y extremadamente lento. Afecta a las capas de suelo más superficiales que son susceptibles a los cambios de volumen por variaciones de humedad.

Por su parte las solifluxiones son la suma de diversos mecanismos que hacen que el suelo fluya deformándose, a la vez que se crean superficies discretas de rotura. Se desarrollan en formaciones superficiales de pocos metros de potencia, en materiales plásticos en presencia de agua.

La transición entre reptación y solifluxión es gradual aunque la solifluxión es algo más rápida y da lugar a pequeñas cicatrices.

4.4.4. Zona con grado de peligrosidad alto

Constituye aproximadamente un 10% de la superficie provincial y está constituida por materiales blandos con pendientes de moderadas a muy altas (mayores del 15%). La probabilidad de ocurrencia de un movimientos de ladera está comprendida entre el 5,5 y el 11%.

Los terrenos más representativos son las arcillas, margas, margas con yeso o lignito y lutitas del litogrupo H (con pendientes entre el 15 y el 45%) que representan más de la mitad de la superficie de la zona. Le siguen los litogrupos G y E con el 21% y el 17% de la superficie de la zona, respectivamente.

En esta zona predominan los movimientos recientes de tipo **flujo**. *Estos son movimientos continuos en los cuales las partículas de la masa desplazada no suelen tener la misma velocidad, ni sus trayectorias han de ser paralelas. Por esta razón el material movilizado tiende a formar lóbulos.*

En este grupo se engloban: *Coladas de barro, avalanchas y aludes de roca.*

Un ejemplo dentro de la provincia se puede observar en la carretera de la Fuente del Molinar (IGME, 1.982). Este movimiento, situado en el entorno de Alcoy, tiene una longitud aproximada de 950 metros y una anchura media de 200 metros. Se asienta sobre las margas miocenas (Tap) recubiertas por un importante suelo de alteración. La base de rotura es cóncava hacia arriba en su parte alta, haciéndose plana en la parte inferior. De la instrumentación del movimiento se ha deducido la estrecha relación entre el aporte puntual o estacional de agua y la posición de la superficie de rotura (op cit.).

También son frecuentes en esta zona las reptaciones y solifluxiones sobre todo en las áreas con pendiente moderada.

4.4.5. Zona con grado de peligrosidad muy alto

Representa menos del 5% de la superficie total de la provincia y está constituida casi exclusivamente por rocas calizas del litogrupo A con pendientes abruptas (más del 45%). La probabilidad de aparición de movimientos de ladera está comprendida entre el 11 y el 18%.

En esta zona predominan los desprendimientos de roca sobre todos los demás tipos de movimientos. Como ejemplos significativos se pueden citar los siguientes:

Desprendimientos de Callosa del Segura: se desarrollan en las calizas del Trías de la Sierra de Callosa del Segura, en relación con la fracturación del macizo, de orientación preferente E-O y N-S (figura 3).

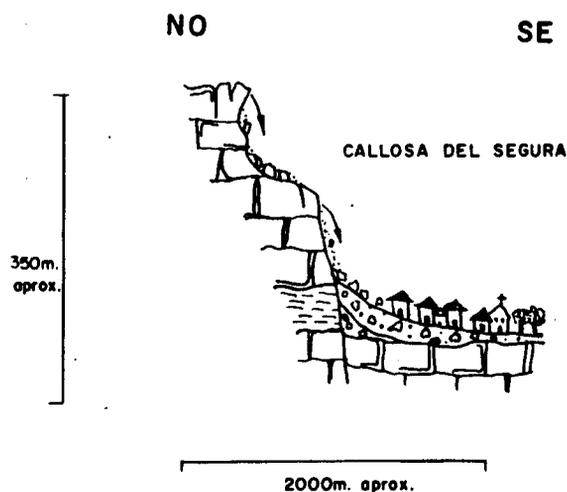


Figura 3. Desprendimientos en Callosa del Segura

Desprendimientos del río Serpis: se trata de bordes de desprendimiento desarrollados en macizos carbonatados del Jurásico, en relación con el rejuvenecimiento de estos relieves. Este hecho queda de manifiesto por el intenso encajamiento de la red fluvial, que supera los 300 metros (figura 4).

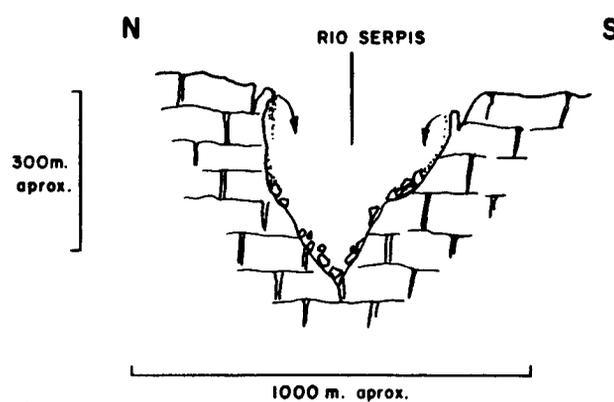


Figura 4. Desprendimientos en el Valle del río Serpis

Desprendimiento de Sierra Helada: situado en calizas del Cretácico, constituye un acantilado de los muchos que existen en la costa alicantina (Norte del Cabo de San Antonio, Sur del Cabo de la Nao, etc). Se trata de una inestabilidad muy activa debido a la intervención marina, por una parte, y por otra a la intensa tectónica a que se ve sometido este borde de bloque levantado.

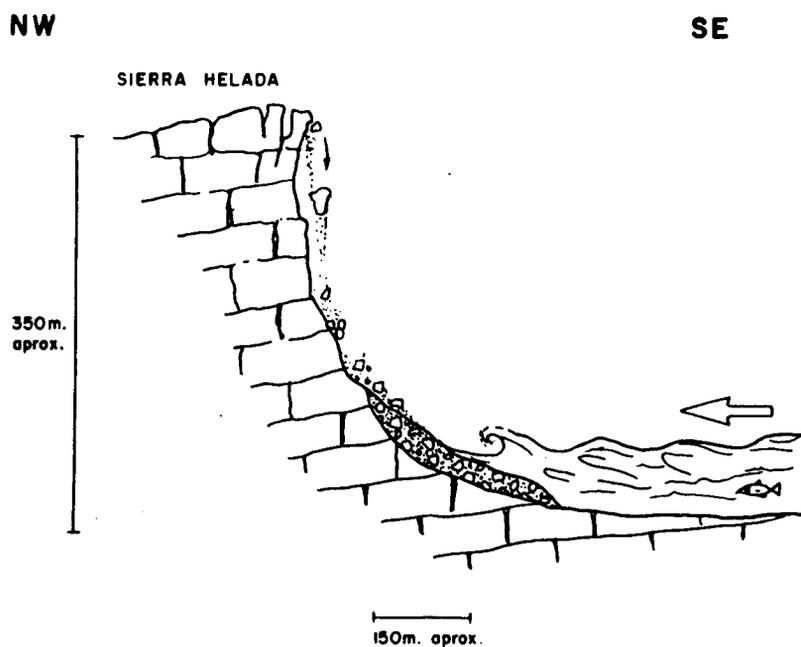


Figura 5. Desprendimientos en los acantilado de Sierra Helada

Otro tipo de movimiento que se puede apreciar en esta zona son los **movimientos complejos** que se suelen dar cuando se movilizan grandes volúmenes de roca. En estos casos es muy difícil que se produzca un sólo tipo de rotura, entonces se desarrolla esta tipología, resultado de la combinación de más de un tipo de movimientos simples.

Un ejemplo de estos movimientos complejos se puede apreciar en la cornisa Norte de la Sierra de Aitana (figura 6). La serie estratigráfica está formada, de base a techo, por: calcarenitas, margas esquistosas, calizas del Cretácico y calizas y dolomías del Terciario.

Se trata de un borde de desprendimiento en el que se han producido deslizamientos rotacionales con flujo del pie (típico movimiento complejo).



Figura 6. Corte esquemático, sin escala, del movimiento de la Sierra de Aitana

4.4.6. Zona con grado de peligrosidad extremadamente alto

Afortunadamente esta zona sólo ocupa un 0,3% de la superficie de la provincia. En este máximo grado de peligrosidad, la probabilidad de ocurrencia de movimientos de ladera es superior al 18%. En Alicante sólo se alcanza este grado en laderas con pendientes superiores al 45% y exclusivamente en los litogrupos B (conglomerados, arenas, limos y brechas cementados, y calcarenitas) y G (sucesión de calcarenitas, margas, arcillas y calizas).

Los movimientos más frecuentes en esta zona son los desprendimientos en el área ocupada por el litogrupo B y los deslizamientos rotacionales y movimientos complejos (además de desprendimientos) en el área ocupada por el litogrupo G.

4.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La variada orografía que presenta la provincia de Alicante con extensas planicies al Sur y macizos rocosos al Norte, hace que la mayoría de los movimientos de ladera se encuentren concentrados, en unas zonas preferenciales que hemos denominado de alta peligrosidad (incluyendo los tres grados de mayor peligrosidad).

Del estudio de la cartografía elaborada y del tratamiento de datos, aplicado a la provincia de Alicante, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Globalmente la provincia de Alicante presenta un grado de peligrosidad bajo, con más de 120 Km² ocupados por movimientos de laderas (algo más del 2% de la superficie provincial).
- Las zonas de baja peligrosidad (incluyendo las zonas con grado moderado, bajo y muy bajo) representan el 86% de la provincia frente al 14% ocupado por las zonas de alta peligrosidad.
- El tipo de movimientos que están más extendidos, son los desprendimientos, seguidos por los deslizamientos recientes y los movimientos lentos.
- En general la dimensión de los movimientos no supera los 4 Hm².
- Los intervalos porcentuales de superficie deslizada que delimitan el grado de peligrosidad, obtenidos para la provincia de Alicante, muestran una estrecha correlación con los intervalos porcentuales obtenidos para las provincias de Málaga y Granada. Esto implica un resultado muy positivo de la metodología aplicada.
- Las zonas que abarcan más superficie con movimientos son las de grado de peligrosidad alto, con más de 40 Km², y grado de peligrosidad muy alto, con más de 35 Km².
- Las zonas de alta peligrosidad se concentran en cuatro litogrupos:
 - A: con pendiente superior al 45%, 250 Km².
 - E: con pendiente superior al 45%, 89 Km².
 - G: con pendiente superior al 15%, 119 Km².
 - H: con pendiente superior al 45%, 323 Km².

En total, 781 Km², es decir, el 98,8% de la superficie ocupada por las zonas de alta peligrosidad.

- Al contrario que en otras provincias, en Alicante las zonas de alta peligrosidad están densamente pobladas. Este hecho incrementa el riesgo específico debido a movimientos de ladera ya que los bienes y personas se ven más directamente afectados por ellos.

- La principal utilidad de este mapa se centra en la ordenación del territorio como documento básico para planificación a nivel provincial y comarcal (con las limitaciones propias de la escala de trabajo 1/200.000).

A este respecto, se debe tener en cuenta las siguientes indicaciones:

a) Las zonas con grado de peligrosidad extremadamente alto son inadecuadas para cualquier tipo de edificación. Las obras de infraestructura construidas en esta zona, presentarán frecuentes problemas de inestabilidad, por lo cual se deben extremar las medidas preventivas. En los cultivos situados en estas zonas es aconsejable la implantación de zanjas de drenaje. La repoblación forestal es muy adecuada; en cambio los abancalamientos pueden agravar los problemas de inestabilidad.

b) Las zonas con grado de peligrosidad muy alto son inadecuadas para la implantación de núcleos de población o para la expansión de las ya existentes. La edificación de viviendas aisladas o pequeñas urbanizaciones requiere de un estudio geotécnico-geomorfológico detallado de toda la ladera afectada. La construcción de obras viarias que deban pasar por estas zonas ineludiblemente, serán consideradas inestables no sólo a nivel de las características internas del terreno, sino por la posible presencia de superficies de rotura fuera del entorno de la obra, pero que pueden afectar a la misma. En las zonas cultivadas son aconsejables los drenajes superficiales en la zona alta de la ladera. La repoblación forestal es adecuada, en cambio los abancalamientos pueden incrementar el peligro, sobre todo si son de cierta envergadura.

c) Las zonas con grado de peligrosidad alto son poco adecuadas para la edificación sobre todo cuando se trata de bloques de varias plantas y requieren de excavaciones importantes. La construcción de obras de infraestructura que requieran taludes importantes no es aconsejable. La explotación forestal es adecuada sin embargo los abancalamientos incrementan el peligro.

d) Las zonas con grado de peligrosidad moderado requieren estudios de detalle para grandes edificaciones que impliquen la realización de taludes importantes. En la construcción de obras de infraestructura con taludes importantes se deben vigilar las posibles inestabilidades previas. Si se cultivan las laderas, los bancales no deben ser de gran altura.

e) En las zonas con grado de peligrosidad bajo se deben vigilar los taludes excavados en laderas naturales por cualquier causa si tienen cierta envergadura. Además se deben tomar las precauciones en los puntos donde existen movimientos de ladera reconocidos.

f) En zonas con grado de peligrosidad muy bajo se han de tomar las mismas precauciones que en el grado anterior, aunque en general son zonas aptas para la edificación y construcción de cualquier tipo.

Concluyendo, se puede decir que las recomendaciones se basan en los factores antrópicos que inciden en el desarrollo de movimientos de ladera (apartado 3.2) entre los que cabe destacar:

- Excavaciones
- Saturación accidental del terreno
- Sobrecargas

Cualquier actividad que produzca alguna de estas acciones en las zonas de alta peligrosidad requerirá de un detallado estudio geotécnico-geomorfológico.

Además hay que tener en cuenta que si se alteran las condiciones del relieve (pendiente) varía el grado de peligrosidad, por tanto hay que prestar atención incluso en las zonas de baja peligrosidad.

Este último análisis podría conducir a la errónea conclusión de que la zonación de peligrosidad no tiene ninguna utilidad ya que en cualquier caso, si se modifican las condiciones, será necesario un estudio detallado.

A este respecto no hay que olvidar dos aspectos importantes:

Como ya se ha mencionado en las conclusiones, este mapa presenta unas limitaciones inherentes a la escala de trabajo. Este estudio no pretende sustituir a los informes geotécnicos imprescindibles antes de comenzar cualquier obra.

Aún así, el mapa tiene una gran utilidad también para la ubicación de grandes obras, ya que aunque no se especifiquen al detalle las características de cada parcela de terreno, sí se informa a cerca de las zonas que en su estado natural ya presentan problemas de estabilidad. A este respecto, hay que resaltar que los mayores problemas de estabilidad de taludes a los que hoy día se enfrentan los técnicos no son debidos a mal diseño de las obras sino a las condiciones desfavorables del terreno.

4.6. BIBLIOGRAFÍA

- Ayala F.J. y Andreu, F.J. (1.987).- Manual de taludes. IGME. Serie Geotecnia. Madrid. 456 pp.
- Ayala, F.J.; Rodriguez, J.M.; De la Fuente, P.; Prieto, C. y Lamas, J.L. (1.989).- Elaboración de directrices de riesgos geológicos para Protección Civil: Movimientos del terreno. División Ingeniería GeoAmbiental. ITGE. Madrid.
- Bonnard, Ch. (1.984).- Inestability risk maps: from the detection to the administration of landslides prone area. Int. Cong. Landslides. Toronto Vol.I. pp. 511-516.
- Brabb, Pampeyan, G. H. Bonilla, M.G. (1.972).- Landslide susceptibility in San Mateo Caunty. California. USGS. Map MF-360.
- Carrara, A. (1.983).- Geomathematical assessment of regional landslide hazard. IV Int. Conf. Appl. Statistica and Prob. in Soil Struct. Eng. Florence pp. 3-27.
- Corominas, J. (1.987).- Criterios para la confección de mapas de peligrosidad de movimientos de ladera. Riesgos Geológicos. Serie: Geología Ambiental. pp. 193-201. IGME. Madrid.
- Corominas, J. (1.986 b).- Memoria de la cartografía de riscos geológicos de les comarques de muntanya de Catalunya. Conselleria de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.
- Durán, J.J. Soria, F.J. y Romero, E. (1.990).- Metodología de elaboración de cartografías de peligrosidad de movimientos de ladera: Aplicación a la Provincia de Granada. Actas IV Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Asturias, 1.990. pp. 115-129.
- IGME (1.982).- Mapa geotécnico y de riesgos geológicos para la ordenación urbana de Alcoy. Dirección de Aguas Subterráneas y Geotecnia. IGME. Madrid.
- IGME (1.987).- Impacto económico y social de los riesgos geológicos en España. Serie: Geología Ambiental. División de Geología Aplicada a la Ingeniería. Madrid. 130 pp.
- ITGE-Diputación Provincial de Granada (En prensa).- Atlas de riesgos geológicos de la provincia de Granada. (Escala 1/200.000).
- Kojan, E; Foggen, G.T. y Rice, R.M. (1.972).- Prediction an analysis of debris slide incidence by photogrammetry. Santa Inez-San Rafael Mountains. California. Proc. 24 th, Inst. Geol. Congress Section 13; pp. 124-131.

- Mahr, T y Malgot, J. (1.987).- Zoning maps for regional and urban development based on slope stability. Proc. the III Int. Cong. IAEG. Secc. I; Vol. I. pp. 124-137.
- Nilsen Wriqth, R. H; Vlastic, T. C. y Spangle, V. E. (1.979).- Relative slope stability and land-use planning in the San Francisco Bay Región, California. USGS. Prof. Paper 944, 96.
- Rapp, A.- (1.960).- Recent developments of mountains slopes in Karkeragg and surrounding. Geog. Ann. pp. 1-158.
- Rodríguez Ortíz, J.M. (1.987).- Auscultación y corrección de movimientos del terreno. En riesgos Geológicos. Serie: Geología Ambiental pp. 203-213. IGME. Madrid.
- Sharpe, C.I.S. (1.938).- Landslides and related phenomena. Columbia. Univ. Press, New York. 137 p.

ANEXO I

Nº	Localización	Tipo de Movimiento	Zona Afectada	Fecha o periodicidad	Influencia Antrópica	Longitud de vía afecta	Manifestaciones
1	Alcoy	Flujo. Deslizamiento Solifluxión	Población	Epocas de lluvias intensas			Agrietamientos en edificios
2	Castalla	Desprendimientos	Población				
3	Elda	Desprendimientos	Población				
4	Jijona	Deslizamientos Desprendimientos	Población				Grietas en naves
5	Monovar	Desprendimientos	Población	2-11-1987			Grietas en edificios
6	Penáguila	Deslizamientos	Población				Grietas en edificios
7	Sax	Desprendimientos	Población				
8	Guadalest (C3313, km 4)	Deslizamientos	Carretera (C3313)	Después de las lluvias		200 metros	Grietas en el terreno. Desplaza la carretera
9	Guadalest (C3313, km 14)	Deslizamientos	Carretera (C3313)	Después de las lluvias		20-25 metros	Grietas en el terreno. Desplaza la carretera
10	Cocentaina AIII (km 4)	Deslizamientos	AIII (km 4)	Frecuente			Grietas en el terreno. Desplaza la carretera

Nº	Localización	Tipo de Movimiento	Zona Afectada	Fecha o Periodicidad	Influencia Antrópica	Longitud de vía afecta	Manifestaciones
11	A120 (entre Balones, Benimasot y Facheca)	Asentamientos diferenciales en la carretera	A120				Ondulaciones del firme de la carretera
12	Muro de Alcoy A100 (km 2 al 3)	Deslizamientos	A100 (entre los kms. 2 y 3)	Epocas de riego	Infiltración de acequias		Grietas en el terreno
13	Planes (C3311)	Deslizamientos	C3311 (entre los kms. 23 y 25)	Después de lluvias		200-300 metros	Grietas en terreno
14	Planes (C3311)	Deslizamientos	C3311 y un muro de hormigón a la entrada del pueblo, junto a la carretera	Después lluvias (Sept. 1989)			Grietas en carretera y muro inclinado al ser descalzado
15	Altea (N332)	Deslizamientos	N332 en la zona de Mascarat	Más de 10 años			
16	Límite entre los T.M. de Tibi y Jijona	Deslizamientos	Carretera Ap 2122 antes del túnel	Después de lluvias	Infiltración de acequias	200 metros	Grietas
17	Entre el T.M. de Guadalest y el de Benimantel	Deslizamientos (varias lenguas)	Ap 1704	Después de lluvias	Infiltración acequias	100 metros (50-60 m)	Grietas
18	Próximo al Embalse de Beniarrás, en la C-Ap1007	Deslizamientos	Ap1007 (km. 2)	Después de lluvias		100 metros	

Nº	Localización	Tipo de Movimiento	Zona Afectada	Fecha o Periodicidad	Influencia Antrópica	Longitud de vía afecta	Manifestaciones
19	A 352 T.M. Orihuela (cerca embalse de la Pedreza)	Desprendimientos	Carretera A352				

5. RIESGOS LIGADOS A LA DINAMICA LITORAL

INDICE

	Pág.
5.1. INTRODUCCION	1
5.2. METODOLOGIA DE ESTUDIO	2
A) Medio Terrestre	2
B) Medio de Transición o Costero	4
C) Medio Marino	7
5.3. ZONIFICACION DEL RIESGO	9
5.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	11
5.5. BIBLIOGRAFIA	12

5.1. INTRODUCCION

La franja litoral tiene una gran importancia económica y social en la provincia de Alicante. La magnitud de los recursos turísticos, comerciales y ecológicos, entre otros, hace que deban tenerse en cuenta los procesos y actuaciones que puedan alterar de manera significativa la dinámica natural en esta zona.

El litoral es una franja de amplitud variable que se sitúa entre la tierra firme y la zona dominada por la acción marina. Desde el punto de vista de los riesgos geológicos es un área de gran interés pues se ve afectada tanto por los procesos que tienen lugar en la tierra firme colindante como los que ocurren en las zonas marinas próximas (Dabrio y Zazo, 1988).

Varios son los procesos más importantes que están afectando a la dinámica de la franja litoral mediterránea. La regulación actual de los ríos y ramblas, mediante la construcción de presas, está sustrayendo gran cantidad del material sedimentario aportado a la costa para su posterior redistribución por las corrientes litorales. Este material, que queda atrapado en los embalses, representa un volumen lo suficientemente significativo como para que su carencia se refleje en la línea de la costa. El segundo de los procesos tiene su origen en la construcción de malecones y diques, que inducen una variación de la dinámica en la costa produciendo una alteración en las zonas tradicionales de sedimentación y erosión. Otro aspecto a tener en cuenta es la urbanización y alteración de restingas y medios dunares. De esta forma se pierde su característica de tradicional reserva natural de arena a las playas y de suministrador de la misma en caso de grandes temporales, lo que es uno de los principales factores para el mantenimiento de su estabilidad.

La importancia socioeconómica de los riesgos geológicos asociados a la dinámica litoral en todas las costas españolas y, particularmente, en las alicantinas (González de Vallejo, 1988) hace que sea un factor que tenga que ser considerado en los planes de ordenación y gestión del medio litoral.

5.2. METODOLOGIA DE ESTUDIO

Como ya se ha indicado anteriormente en la franja litoral tienen influencia los fenómenos que ocurren en la misma costa así como los que tienen lugar tanto en la zona terrestre y en la marina. Es por esto que en el estudio de riesgos asociados a la dinámica litoral es necesario tener una visión de conjunto de los tres ambientes morfodinámicos señalados: terrestre, de transición y marino.

A) Medio Terrestre

Para comprender la evolución de la franja litoral se ha efectuado un estudio del medio terrestre colindante. Aquí se han analizado los rasgos geomorfológicos más importantes y se ha evaluado, de forma cualitativa, el aporte de carga sólida actual de los principales ríos a la costa para su posterior redistribución con las corrientes litorales.

A la hora de analizar los rasgos geomorfológicos principales se ha considerado de gran importancia individualizar aquellas zonas donde los depósitos cuaternarios recientes son dominantes, de tal forma que nos indican los procesos y dinámica que han tenido lugar en estas áreas en épocas recientes geológicamente. Las zonas principales de depósitos cuaternarios son, de norte a sur, la plana de Pego-Denia, influenciada por el río Girona; las desembocaduras de los ríos Gorgos, Algar, Monegre, y, por último, toda la zona del Bajo Segura a la que se superponen el abanico aluvial del Vinalopó, las salinas de Torrevieja y la Mata y el extremo norte de la depresión del mar Menor.

Los depósitos más extendidos son los de glaciés, depósitos de ladera o abanicos aluviales. En realidad, la desembocadura de todos los ríos mencionados, salvo el Segura, pueden asimilarse a abanicos aluviales activos en los que, en algunos casos, son reconocibles y cartografiables a la escala de representación los canales activos de los ríos. Destacan, por ejemplo, los abanicos de los ríos Gorgos, Monegre y, especialmente, el abanico del río Vinalopó. Depósitos fluviales claramente desarrollados sólo existen en la amplia llanura de inundación del Segura, activa actualmente como lo demuestran las periódicas inundaciones que la afectan. Alguno de los otros ríos muestran una estrecha franja de canal activo donde predominan los procesos fluviales, aunque la escasa anchura de los depósitos dan idea de que estos procesos no son dominantes.

Un tipo de ambiente característico del litoral valenciano, en general, y alicantino, en particular, son los marjales o albuferas costeros, típicos de costas en levantamiento. Se pueden señalar, por ejemplo, el marjal de Pego, las salinas del Bras del Port, en Santa Pola, la laguna del Hondo, en la parte baja del río Vinalopó y las salinas de la Mata y Torrevieja, al sur de la desembocadura del río Segura. Asociados a los marjales existen, especialmente en el extremo

sur provincial, depósitos de borde de albufera, formados por limos generalmente encostrados con algunos cantos dispersos y que corresponden a antiguas superficies encharcadas ya desecadas.

En la línea de costa son frecuentes las formas asociadas a la dinámica eólica (dunas) y a la marina (playas). Las primeras aparecen bien representadas en el extremo norte de la provincia, en la plana de Pego-Gandía, al sur de la ciudad de Alicante, en la zona del Altet y Arenales del Sol, y en los alrededores de la desembocadura del río Segura. En la actualidad estos depósitos, de gran interés geológico y ecológico, están siendo altamente degradados por la acción humana lo que supone un grave riesgo para la evolución de las playas. Estas están más extendidas en la mitad meridional de la provincia ya que en la parte norte es frecuente que los escarpados relieves de las sierras prebéticas lleguen hasta la misma línea de costa. Aquí es normal la formación de pequeñas calas, y las playas se desarrollan coincidiendo con las zonas desembocadura de los ríos. A partir de la desembocadura del río Monegre, hacia el sur, son muy frecuentes las playas y costas bajas a las que no llegan las sierras. Los cabos de La Huerta y Santa Pola se pueden considerar como excepciones dentro de la norma general. Normalmente son playas de arena, aunque orientaciones determinadas favorecen la presencia de cantos. Las arenas muestran una mineralogía en la que predomina, entre los minerales densos, la turmalina a lo largo de casi todo el litoral alicantino. En segundo lugar en cuanto a su importancia están, dependiendo de la zona geográfica considerada, las epidotas al norte, los piroxenos en el sector central y los granates en el sector meridional del litoral alicantino, (Sanjaume, 1986).

En lo referente al tramo litoral ocupado por depósitos no cuaternarios se han individualizado dos unidades, en función de su resistencia mecánica a la erosión. Por un lado, aquellas formaciones rocosas duras, principalmente calizas y areniscas, y que dan lugar a la formación de costas acantiladas. Son más frecuentes en la parte norte provincial y se podrían destacar, por ejemplo, las sierras del Montgó y Helada. La disposición de los materiales y los altos acantilados que se desarrollan dan lugar, a veces, a la generación de desprendimientos. Los otros materiales individualizados son aquellos que presentan una menor resistencia a la erosión mecánica y que están constituidas por margas, arenas y arcillas. Raramente dan lugar a costas acantiladas y son muy escasos los grandes desprendimientos originados en ellos.

Un aspecto importante analizado en el medio terrestre es el aporte de carga sólida de los principales ríos a la zona litoral. Al igual que en el apartado de inundaciones, se han estudiado, de norte a sur, los ríos Girona, Gorgos, Algar o Guadalest, Amadorio, Monegre, rambla de las Ovejas, los ríos Vinalopó, Segura y las ramblas del Nacimiento y Seco. De estos ríos y ramblas principales se ha realizado una estimación cualitativa de la carga sólida aportada

por cada uno de ellos. Para ello se han analizado en cada cuenca factores tales como superficie, pendiente de las mismas grado de forestación de las laderas, erosionabilidad de los materiales, torrencialidad de las tormentas en las diferentes cuencas, régimen de los ríos y ramblas, y grado de regulación de los cursos fluviales considerados. Este último aspecto es de gran importancia, al actuar los embalses como trampas de sedimentos que detraen parte de la carga sólida que posteriormente sería vertida al litoral. Esta es una de las razones por las que en los últimos años se está produciendo un retroceso generalizado en muchas de las playas del litoral alicantino.

A la hora de determinar la carga sólida aportada por los diferentes cursos fluviales a la costa se ha analizado el tipo de desembocadura. No aporta la misma carga sedimentaria al mar una desembocadura neta y bien definida, la del río Monegre, por ejemplo, que la del Vinalopó, en la que el gran abanico aluvial formado retiene gran cantidad de la carga sólida y líquida transportada. Otro tipo de desembocadura es la del río Segura que al tener una amplia llanura de inundación construida en ambas márgenes detrae gran cantidad de sedimentos al aporte litoral. Al desbordar el cauce en su llanura de inundación se sedimenta gran cantidad del material transportado por el río en ella.

Según todos estos condicionantes y dando un peso relativo a cada uno de los factores analizados se ha clasificado de manera cualitativa el aporte sólido de cada río en:

Alto:	Segura
Medio:	Gorgos
	Guadalest
	Amadorio
	Monegre
Bajo:	Girona
Muy Bajo:	Rambla de las Ovejas
	Vinalopó
	Nacimiento
	Seco

B) Medio de Transición o Costero

Es en esta zona en donde se reflejan los efectos de los riesgos geológicos asociados a la dinámica litoral. Aquí se han analizado principalmente las obras antrópicas que puedan alterar la dinámica natural del área, las actuaciones correctoras que ya se han llevado a cabo y que sirven para confirmar las tendencias actuales en el medio natural, y las principales playas

en donde se han detectado fenómenos de erosión. Además, se ha llevado a cabo un inventario de los puntos de interés ecológico en el litoral alicantino y se ha analizado, a escala geológica, la tendencia de las costas mediante el estudio de la línea de costa antigua, a partir de la posición actual de los restos de materiales tirrenienses.

En primer lugar se han señalado las principales obras humanas efectuadas en el litoral y que puedan suponer una alteración de las condiciones dinámicas naturales de la costa. Se trata, en la mayoría de los casos, de puertos, ya sean deportivos o comerciales, y espigones u obras de protección. Estos suelen producir una sedimentación anormal en el lado expuesto a la corriente y favorecen los procesos erosivos en los protegidos de la corriente. Destaca, por su importancia y tamaño, el puerto de la ciudad de Alicante. Otros de menor envergadura son los de Denia, Calpe, Altea, Santa Pola y Torrevieja.

El segundo aspecto considerado son las obras que ya se han llevado a cabo por parte de la Dirección General de Puertos y Costas para corregir las alteraciones existentes. Aquí han sido de gran utilidad los informes del MOPU (1985 y 1987), donde se recogen tanto las que ya se han efectuado como las que lo van a ser en un futuro próximo. La existencia de estas actuaciones, en su mayoría obras de regeneración de playas, ponen de manifiesto la tendencia de retroceso actual de muchas de las playas alicantinas y sirven como diagnóstico en la identificación de las zonas más problemáticas.

Las actuaciones más significativas llevada a cabo, principalmente de regeneración y estabilización, han sido efectuadas en las playas Lissa (Santa Pola), Albufereta (Alicante), de Campello, de Altea, del Portet de Moraira (Punta Moraira) y Nova-Denia (Denia). En cualquier caso la necesidad de las obras de regeneración está muy extendida a lo largo de todo el litoral alicantino. En el informe del MOPU (1976) sobre el Plan Indicativo de Usos del Dominio Público Litoral de la provincia de Alicante ya se señala un número abundante de playas en las cuales son necesarias actuaciones de regeneración y/o estabilización estableciendo unas prioridades en función de criterios tanto técnicos como sociales. Algunas de estas obras ya han sido llevadas a cabo. En cualquier caso, la abundancia de las obras que han de ser realizadas pone de manifiesto la tendencia de retroceso actual de muchas de las playas alicantinas.

Otro aspecto importante a considerar dentro de la franja costera son los espacios o puntos de interés ecológico y que puedan verse afectados por una variación de la dinámica litoral. Al igual que en el resto del País Valenciano, en la provincia de Alicante son frecuentes los marjales o albuferas, las dunas, los acantilados y otros espacios naturales que son importantes reservas desde el punto de vista ecológico. Para ello se ha contado con el inventario de Garay et al. (1987) sobre la catalogación de los espacios de interés ecológico del litoral valenciano y que

supone una puesta al día de la verdadera importancia de las costas alicantinas. En el litoral de Alicante hay señalados un total de 15 puntos de interés siendo todos ellos de un gran valor ambiental. Estos son:

- Plana de Pego y dunas de Oliva
- Montgó
- Cabo de San Martín - Punta de Moraira
- Salinas de Calpe - Peñón de Ifach
- Morro de Toix
- Sierra Helada
- Islote de Benidorm
- Salinas de Altet
- Carbasí - Balsares
- Cabo de Santa Pola
- Arenales del Sol
- Salinas y dunas de Santa Pola
- Dunas de Guardamar y Torrevieja
- Lagunas de Torrevieja y La Mata
- Isla de Tabarca

Por último, y para comprender la tendencia regional de las costas alicantinas en época geológica reciente se ha considerado de utilidad analizar la posición de los depósitos tirrenienses respecto a la situación actual del mar. En Zazo et al. (1987) aparecen recogidos un amplio número de ejemplos a lo largo de todo el litoral peninsular español. Según esto la posición del Tirreniense III en el litoral alicantino ha oscilado entre + 0,5 m de Punta Prima y + 6,30 m de la playa de la Albufereta. Los valores medios oscilan entre + 1,5 y + 2,5 m. Por lo tanto, desde el Tirreniense III (hace aproximadamente 80.000-90.000 años) hasta la actualidad la tendencia general de la costa alicantina respecto del mar ha sido la de un débil pero significativo levantamiento, más acentuado en la parte meridional del litoral provincial. Este hecho queda reflejado, así mismo, por otra serie de características geomorfológicas, como la existencia de algunos escarpes o resaltes en los depósitos cuaternarios recientes que indican un cierto encajamiento de la red de drenaje, o por la abundancia de albuferas o salinas que apuntan a un levantamiento de la costa.

C) Medio Marino

Para ver la influencia del medio marino en la franja litoral se han analizado tanto aspectos dinámicos (direcciones principales de corriente, vientos dominantes, direcciones y altura de las olas y zonas protegidas a la acción del oleaje) como los rasgos físicos principales de la zona sumergida hasta la isobata de 200 metros.

La corriente litoral general en las costas alicantinas lleva una dirección predominante hacia el sur, paralela a la costa y amoldándose a las irregularidades de ésta. Por consiguiente, el transporte litoral tiene, salvo variaciones a escala local, una componente norte-sur. Esto queda demostrado por la acumulación de material en el lado septentrional de los puertos y obras de protección, playa de El Postiguat en el puerto de Alicante por ejemplo, o por la erosión inducida en el lado meridional de dichas obras.

Las direcciones principales en las que sopla el viento en el litoral alicantino presenta algunas variaciones (MOPU, 1976). En la parte central y sur de la provincia es claramente dominante el viento de componente noroeste (viento terrestre), con más del 22% de los días soplando de dicha dirección. Le sigue en frecuencia el viento de componente este (viento marino), con casi el 20% de los días. Más al norte, en la zona de los cabos de La Nao y San Antonio el viento muestra unas direcciones menos definidas, estando los de componente norte y sur casi igualados (20,7% y 19,4% respectivamente). Los vientos del noroeste y suroeste presentan también una alta frecuencia con algo más del 16% de los días en ambos casos. Las irregularidades del viento en esta zona pueden venir ocasionadas por la ubicación de este observatorio que, a unos 160 metros de altura, se sitúa en el borde mismo del acantilado del cabo de San Antonio (Sanjaume, 1986).

El oleaje, en cambio, muestra una homogeneidad significativa a lo largo del litoral alicantino (MOPU, 1976). Casi siempre proviene del primer cuadrante (norte-este) destacando la componente noreste con casi el 20%. Conviene señalar el alto porcentaje de días de calma existente en el litoral alicantino, casi el 60%. Por ejemplo, en el observatorio del cabo de San Antonio casi el 80% de los días del año la mar tiene un estado menor o igual a la marejadilla (olas de hasta 0,5 metros de altura) y en el de Alicante este porcentaje se eleva hasta el 95%. En el período de observaciones comprendido entre los años 1941 y 1965 sólo se han registrado en el cabo de San Antonio 3 días (2 en 1948 y 1 en 1943) con un estado de la mar enorme (olas de más de 14 metros). En el observatorio de Alicante sólo se ha registrado, en el mismo período, un día de mar gruesa como máximo estado de la mar (olas de hasta 4 metros). Por meses, es en invierno cuando el oleaje tiene una altura mayor (febrero y diciembre) y los de verano (julio y agosto) cuando éste es más flojo (Sanjaume, 1986).

Al existir numerosos promontorios y salientes rocosos se ha considerado de utilidad señalar aquellas zonas del litoral alicantino protegidas de la acción de los oleajes dominantes. Estas zonas de sombra corresponden a áreas de relativa estabilidad al estar a salvo de los temporales principales. Las porciones del litoral no incluidas aquí se pueden considerar como zonas preferentes de ataque de los trenes de oleaje. De la comparación de las zonas situadas en sombra respecto a los oleajes dominantes con la presencia de los principales depósitos de playa se observa una apreciable coincidencia entre ambas. Esta coincidencia es más notable aún si la zona litoral está constituida por materiales rocosos blandos (margas, arenas o arcillas) o por depósitos cuaternarios (abanicos aluviales, albuferas, etc.).

Por último, se ha creído interesante incluir la topografía del fondo marino en la zona de plataforma hasta la isobata de 200 m con el fin de obtener una idea aproximada de los rasgos físicos principales en este área. Esta batimetría ha sido facilitada por el Servicio de Geología Marina del ITGE y completada con la utilización de las cartas náuticas del Instituto Hidrográfico de la Marina.

5.3. ZONIFICACION DEL RIESGO

Con los datos procedentes se han establecido los procesos actuales que actúan sobre la costa alicantina y los principales riesgos a que está sometida. Estos serán función de las condiciones geológicas existentes, de los aspectos dinámicos reinantes y de las acciones antrópicas realizadas.

El principal riesgo a que está sometida la costa alicantina es la regresión generalizada de las playas. Como ya se ha comentado con anterioridad, la construcción de importantes obras de regulación en los cauces suponen una trampa a los sedimentos transportados por los ríos. La carga sedimentaria que queda aquí atrapada es sustraída al aporte litoral lo cual está provocando un acusado retroceso en algunas zonas de la costa. Este proceso se ve agravado por la urbanización de los cordones dunares. Aunque este proceso está extendido de manera general a lo largo de la costa, las zonas señaladas en el mapa constituyen las áreas donde el proceso de regresión de las playas se está produciendo de manera más acusada. Es aquí donde el riesgo de erosión es más alto y en donde deberán ser tomadas las medidas correctoras con más urgencia.

En conexión con este aspecto se ha creído conveniente indicar aquellas zonas costeras que se ven afectadas por los oleajes de manera intensa, ya que es aquí donde primeramente se podrían acusar los fenómenos de erosión y retroceso litoral. Estas zonas son las que no están protegidas de ninguna de las direcciones principales de los trenes de oleaje. Así mismo se han individualizado aquellos tramos costeros que, debido a la presencia de algún promontorio o saliente, se ven algo protegidas de la acción de los oleajes dominantes. Aquí, los fenómenos erosivos serán algo menores que en el caso anterior. Por último, cuando no se ha señalado nada se ha considerado que existe una protección eficaz al ataque de los trenes de oleaje. Esto no quiere decir que no puedan producirse fenómenos erosivos ya que las corrientes litorales encargadas de la redistribución de la carga sólida pueden provocar estos procesos.

Un aspecto relacionado con los fenómenos erosivo-sedimentarios presentes en el litoral alicantino y asociado a la actividad humana es la alteración de la dinámica natural por la construcción de obras portuarias. Aunque sus efectos no son cartografiables a la escala de trabajo, es conveniente señalar que estas obras inducen una sedimentación anómala en el lado expuesto a la corriente y una erosión en el protegido a ella. La formación de nuevas playas en zonas donde tradicionalmente no han existido y la erosión de las ya existentes es un fenómeno común a la construcción de estas obras. El caso del puerto de la ciudad de Alicante es un claro ejemplo de la alteración de la dinámica natural con la inducción de fenómenos de erosión y sedimentación.

Por último, desde el punto de vista del riesgo a la erosión, se han diferenciado aquellos tramos de costa que en principio parecen más estables a la erosión. Se trata, normalmente, de zonas de litoral constituidas por materiales rocosos duros (calizas y areniscas principalmente) de los relieves béticos en su intersección con la línea de costa. Están más extendidos en el tercio septentrional del litoral alicantino (Sierra del Montgó, Cabo de San Martín-Punta de Moraira, Sierra Helada, etc.) y no aparecen al sur del Cabo de Huertas. Las corrientes de deriva litoral prácticamente no afectan a la estabilidad en estos tramos de costa. Sin embargo, debido al ataque de los trenes de oleaje y de las tormentas es frecuente que se produzcan, en las costas acantiladas, desprendimientos y caídas de bloques por acción de zapa y descalzado de los taludes.

Un fenómeno ligado a la dinámica litoral y que afecta también al riesgo de inundaciones es la posibilidad de que, debido a la coincidencia de una avenida con un oleaje fuerte, el río vea limitada su capacidad de desagüe al mar y se puedan agravar los daños producidos por el desbordamiento. Es frecuente que las situaciones atmosféricas que desembocan en inundaciones en el litoral mediterráneo originen fuertes vientos del levante. Estos pueden producir un acusado oleaje de esta dirección sobre la costa que tapone la desembocadura de los ríos. Si se tiene en cuenta la muy baja pendiente del tramo final de alguno de los ríos del litoral alicantino (por ejemplo, el Segura) fácilmente se comprenderá que una importante elevación del nivel de las aguas del mar provocado por un oleaje anormal y unas mareas acusadas inducirán un represamiento en la desembocadura del río que afectará a una extensa superficie del terreno. Esta situación se ha reproducido en numerosas ocasiones y ha agravado de forma considerable los daños en inundaciones recientes. Se ha considerado útil señalar aquellas desembocaduras de los ríos más expuestas a la acción del oleaje y, en concreto, aquel que venga del levante. Estos ríos son, de norte a sur, el Gorgos, Guadalest, Monegre, Segura y Seco. De todos ellos, en el que este fenómeno tendrá una mayor repercusión será en el cauce bajo del Segura debido a la baja pendiente topográfica de este tramo.

Por último, se han indicado aquellas zonas del litoral alicantino a las que se debe prestar una atención preferente por sus altos valores ecológicos y paisajísticos. Se debe intentar que ninguna acción antrópica influya directa o indirectamente sobre estos espacios y protegerlos de una dinámica litoral que, en muchos casos, está trastocada por la influencia del hombre. La desecación de albuferas y marjales con el fin de aumentar la superficie cultivable, la urbanización de los campos de dunas y restingas, con la influencia negativa ya comentada sobre el medio litoral, la construcción de obras costeras que alteran el régimen erosivo-sedimentario en la costa, la ocupación incontrolada por parte del hombre de zonas de interés, etc., son algunos de los ataques más significativos que pueden sufrir estas áreas.

5.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La franja litoral es una zona de gran importancia socio-económica en la provincia de Alicante. El difícil equilibrio existente en la interfase tierra-aire-mar hace que cualquier alteración del medio natural pueda tener unas consecuencias imprevisibles.

El principal riesgo a que está sometida la costa alicantina es la erosión y retroceso de las playas. Este fenómeno viene provocado por la construcción de importantes obras de regulación en los cauces fluviales que detraen parte de la carga sólida que debía ser vertida al mar. Esta erosión se ve favorecida por la acción del oleaje de tal forma que es más importante en aquellas zonas de la costa que están desprotegidas al ataque de los trenes de oleaje dominantes. Así mismo, debido a la dirección principal de transporte litoral, norte-sur, al sur de las desembocaduras de los ríos más importantes se ven agudizados los fenómenos de erosión.

A pequeña escala, adquieren cierta significación las obras portuarias construidas en el litoral ya que alteran considerablemente la dinámica erosivo-sedimentaria natural de la zona.

Es importante señalar que debido al elevado número de puntos de interés ecológico distribuidos a lo largo del litoral alicantino, hay que tener muy en cuenta las posibles actuaciones antrópicas que puedan desembocar en una alteración del medio. Estos puntos, (albuferas, salinas, dunas, arenales, etc.) son de una gran fragilidad por lo que han de ser tenidos muy en cuenta en las obras de planificación.

A gran escala son pocas las recomendaciones que se pueden hacer para intentar paliar los problemas que está sufriendo el litoral alicantino en la actualidad. En estudios de detalle, sí es conveniente realizar una adecuada planificación territorial que respete, en lo posible, el estado natural del medio, ya que cualquier acción, por pequeña que sea, tiende a la alteración del sistema. La urbanización descontrolada de las zonas costeras, la construcción de obras portuarias sin el estudio de sus posibles consecuencias, la desecación de albuferas y marjales con el fin de aumentar las zonas cultivables, el bombeo desmesurado de aguas subterráneas con el consiguiente peligro de intrusión marina, etc., son alguna de las formas más comunes de alteración del medio y que deberían ser correctamente controladas en previsión de una agudización de los problemas existentes en la actualidad.

5.5. BIBLIOGRAFIA

- Dabrio, C.J. y Zazo, C. (1988) "Riesgos geológicos en zonas litorales" En: Riesgos Geológicos. IGME. pp. 227-250. Madrid
- Garay, P.; Jiménez, J.; López-Sancho, J. (1987) " Catalogación de los espacios de interés ecológico del litoral valenciano" III Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. pp. 601-624. Valencia
- González de Vallejo, L. (1988) "La importancia socio-económica de los riesgos geológicos en España" En: Riesgos Geológicos. IGME. pp. 21-34 Madrid
- IGME (1987) Mapa Geocientífico del Medio Natural. Provincia de Alicante. Escala 1:100.000.100 pp. Madrid
- MOPU (1976) Plan Indicativo de Usos del Dominio Público Litoral. Provincias de Valencia, Castellón y Alicante. Dirección General de Puertos y Costas. Madrid.
- MOPU (1985) Política de Costas. Plan de Actuaciones 1983-1990. MOPU. 209 pp. Madrid
- MOPU (1987) Costas y Señales Marítimas. Actuaciones 1986. Dirección General de Puertos y Costas. 241 pp. Madrid
- Sanjaume, E. (1986) "Las Costas Valencianas. Sedimentología y Morfología" Tesis Doctoral de la Universidad de Valencia, Sección de Geografía. 505 pp. Valencia
- Zazo, C.; Goy, J.L.; Somoza, L.; Bardají, T.; Dabrio, C.J. (1987) "Recent Quaternary Marine Levels in Peninsular Spain. State of knowledge and discussion". En: Late Quaternary Sea-Level Changes in Spain. C.S.I.C. Zazo ed. pp. 7-31. Madrid.

6. PELIGROSIDAD DEL TERRENO POR EXPANSIVIDAD DE ARCILLAS

INDICE

	Pág.
6.1. INTRODUCCIÓN	1
6.2. METODOLOGÍA	2
6.2.1. Criterios utilizados	2
6.2.1.1. Criterios mineralógicos, texturales, estructurales y cronológicos	2
6.2.1.2. Criteriosa climáticos	3
6.2.1.3. Otros índices	4
6.2.2. Unidades cronolitológicas	5
6.2.3. Potencial expansivo de las unidades diferenciadas	7
6.3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	9
6.4. BIBLIOGRAFÍA	11

6.1. INTRODUCCIÓN

Con el término expansividad se define la capacidad del suelo para experimentar cambios de volumen al modificarse las condiciones de humedad, o para generar presiones, si este cambio le es impedido.

Esta capacidad está condicionada por múltiples variables. La naturaleza mineralógica del suelo es fundamental, deberá ser arcillosa en proporción significativa; no obstante, no todas las formaciones expansivas son arcillosas, ejemplo de ello son las rocas evaporíticas con anhidrita.

Las características climatológicas y la posición del nivel freático determinan los cambios de humedad necesarios para que el suelo pueda manifestar sus propiedades expansivas. A esto hay que añadir otros factores como la vegetación, profundidad y estructura del suelo y, muy en especial, las actuaciones humanas, que modifican el equilibrio natural del entorno, en particular las condiciones de admisión y eliminación de agua.

El Mapa Previsor de Riesgos por Expansividad de Arcillas en la Provincia de Alicante, delimita cuatro grupos de riesgo potencial para las formaciones arcillosas aflorantes en el territorio provincial.

6.2. METODOLOGÍA

6.2.1. Criterios utilizados

La metodología seguida en la realización del mapa, se basa, fundamentalmente, en la utilizada en el Mapa Previsor de Riesgos por Expansividad de Arcillas en España a escala 1:1.000.000 (I.G.M.E., 1986).

Los criterios considerados para la clasificación del potencial expansivo de las arcillas expansivas en la provincia de Alicante compenden varias líneas concurrentes de actuación:

- Definición de unidades cronolitológicas, referidas únicamente a formaciones arcillosas.
- Definición, mediante el índice de Thornthwaite, de las condiciones climáticas de la provincia, utilizando para ello estudios previamente realizados. (IGME, 1979).
- Recopilación de información sobre zonas con problemas concretos, mediante una encuesta realizada en todos y cada uno de los ayuntamientos de la provincia.
- Recopilación de información sobre ensayos de laboratorio de formaciones arcillosas.

6.2.1.1. Criterios mineralógicos, texturales, estructurales y cronológicos

El potencial expansivo de las arcillas depende de su naturaleza mineralógica. Las arcillas esmectíticas, cuya especie más generalizada es la montmorillonita, y la vermiculita son las que ofrecen mayor riesgo, aunque otros minerales tienen también propiedades expansivas. Se ha tratado de identificar estas especies en las formaciones arcillosas alicantinas.

El criterio mineralógico se ha complementado diferenciando la naturaleza general de la matriz no arcillosa y, a veces, su carácter detrítico o autógeno. En este sentido se ha encontrado que la presencia de carbonatos disminuye la capacidad expansiva del suelo. Esta propiedad es muy conocida, y de hecho en ella se basa la estabilización de suelos mediante la adición de cal.

Las características texturales del suelo (distribución de las partículas de arcilla, porosidad, orientación mineralógica, cementaciones, etc.) se han tenido en cuenta, atendiendo si era más probable que la arcilla se encontrara diseminada en su matriz (caso de sedimentos detríticos) o concentrada en dominios especialmente continuos.

En cuanto a los criterios estructurales (perfil estratigráfico, espesor, discontinuidades, etc.) y cronológicos, se consideró que los suelos consolidados presentan un empaquetamiento

denso que conlleva enlaces y microestructuras en sentido amplio, comparables para formaciones con una misma historia geológica. En este sentido, el porcentaje de arcillas en las rocas decrece, global y estadísticamente, con su antigüedad, así como el porcentaje de minerales esmectíticos, muy sensibles a transformaciones diagenéticas.

Estos criterios se han tenido en cuenta para la equiparación de unidades litológicas, aunque sean generales y existan excepciones, como pueden ser las facies triásicas del Keuper que conservan arcillas montmorilloníticas a veces en proporciones muy importantes.

6.2.1.2. Criterios climáticos

Para que un suelo pueda manifestar su potencial expansivo, es necesario que se den condiciones de humedad muy extremas. El tipo de clima es, por lo tanto, decisivo para ello.

Las alternativas estacionales de humedad pueden ser valoradas mediante diferentes índices climáticos. La mayoría de ellos requieren para su determinación un número elevado de datos, que con frecuencia no resultan disponibles. Por ello se ha elegido el índice climático de Thornthwaite (I) que utiliza como base la evapotranspiración potencial (Ep) y la precipitación (P). Con estos datos se definen una serie de índices cuyos valores sirven para establecer los tipos climáticos.

El índice hídrico anual (I) viene dado por la expresión:

$$I = (S - 0,60D) / Ep \cdot 100$$

en donde, S es la suma de los superávits hídricos mensuales (equivalente al exceso de precipitación no eliminado por evapotranspiración ni retenido por el terreno); D es la suma de los déficits hídricos mensuales (déficit de agua cuando no se produce drenaje); y Ep es la evapotranspiración potencial anual.

Cuando este índice es negativo, el terreno puede estar sometido en algún periodo del año a una evaporación que supere los índices de precipitación, desequilibrio que tiende a ser compensado a partir de la humedad retenida por el suelo. Cuanto menor es el índice, mayor, en general, es el periodo de sequía. Sin embargo, en caso de sequedad extrema las alternativas estacionales son poco contrastadas. Por ello, el máximo desequilibrio de humedad suele producirse para índices no excesivamente negativos.

De acuerdo con el valor del índice de Thornthwaite, se establecen los siguientes tipos climáticos:

I	Clima	Notación
mayor de 100	Perhúmedo	A
de 100 a 80	Húmedo	B4
de 80 a 60	Húmedo	B3
de 60 a 40	Húmedo	B2
de 40 a 20	Húmedo	B1
de 20 a 0	Subhúmedo húmedo	C2
de 0 a -20	Subhúmedo seco	C1
de -20 a -40	Semiárido	D
de -40 a -60	Arido	E1
inferior a -60	Hiperárido	E2

En la provincia sólo están representados los tipos climáticos conotación de Thornthwaite C2, C1, D, E1. Cabe señalar que las condiciones de aridez se incrementan de Norte a Sur. Las zonas de riesgo expansivo coinciden con áreas climáticas deficitarias de humedad, pero en especial con las climatologías secas y semiáridas. En los climas áridos las alternativas de humedad significativas tienden a registrarse en periodos hiperanuales, por lo que sus consecuencias pueden demorarse incluso varios años.

6.2.1.3. Otros índices

Existen numerosos parámetros geotécnicos para la determinación de la expansividad de los suelos arcillosos. El cuadro 1 recoge los índices más comunes para evaluar la capacidad de hinchamiento de una formación arcillosa.

Grado de expansividad	Límite Líquido (promedio)	Límite Líquido (extremo)	P.V.C. (Ensayo de Lambe)	Expansión lineal probable %	Presión de hinchamiento (KN/m ²)
Nulo a bajo	<35	<20/<50	<2	<1	<25
Bajo a moderado	35-50	20-30/50-70	2-4	1-4	25-125
Moderado a alto	50-65	30-40/70-90	4-6	4-10	125-300
Alto a muy alto	>65	>40/>90	>6	>10	>300

Cuadro 1

No se dispone de datos referentes a ensayos de este tipo en la provincia, por lo que los criterios seguidos, finalmente, para evaluar la capacidad expansiva de los suelos han sido, la definición de unidades cronolíticas (formaciones con facies e historia geológica equivalentes), matizadas según índices climáticos de Thornthwaite.

6.2.2. Unidades cronolíticas

Como ya se ha comentado la capacidad expansiva depende muy estrechamente de las características del suelo (composición, textura y estructura), pudiéndose globalizar el grado expansivo para formaciones litológicas de característica similares. Estas formaciones se han agrupado en función de su edad geológica y de su litología, obteniéndose las siguientes unidades cronolíticas:

Edad geológica:

- I Cuaternario
- II Neógeno
- III Paleógeno
- IV Mesozoico

Litología:

- a. Arcillas masivas
- b. Arcillas y limos con arenas.
- c. Arcillas con carbonatos.
- d. Arcillas con sulfatos.
- e. Arcillas con arenas y carbonatos y/o sulfatos.
- f. Arenas, arcillas, limos y gravas (depósitos aluviales en general).
- g. Arcillas y areniscas con carbonatos.

Se han distinguido las siguientes unidades:

- **Formaciones arcillosas de tipo IV (mesozoicas).** Están representadas mayoritariamente por las facies del Trías Keuper, señaladas como unidades IVd. Se trata de arcillas bastante montmorilloníticas con yesos y otras sales.

La otra formación mesozoica que se señala corresponde a margas cretácicas notadas como IVc.

El resto de materiales mesozoicos no se consideran con potencial expansivo en este trabajo, ya que, su contenido en arcillas no es representativo; se trata, sobre todo, de calizas y margocalizas, incluidas en el mapa dentro de las formaciones no arcillosas.

- **Formaciones arcillosas tipo III (paleógenas).** Aparecen representados los litotipos c, e y g. Son margas (c), margas con intercalaciones detríticas arenosas (e) y margas con niveles duros de areniscas y calizas (g).

- **Formaciones arcillosas tipo II (neógenas).** Corresponden en su mayoría, a las típicas facies Tap y a los miocenos de las depresiones neógenas del sur de la provincia. La litología es de margas arcillosas y arcillas margosas que en algunos casos pueden, pueden presentar contenidos en detríticos, por lo que unas formaciones son clasificadas como litotipo c y otros como e.

- **Formaciones arcillosas de tipo I (cuaternarias).** Forman los denominados "recubrimientos", en sentido amplio. Presentan una gran variabilidad litológica y textural, difícil de evaluar.

Debido a la ambigüedad a la que se presta la información disponible, no se ha podido precisar lo necesario en la inclusión a una unidad litológica concreta. Por ello se ha optado por clasificarlos en su mayoría como litotipo f. Excepción hecha en algunas unidades de lagunas y marismas, asignadas al litotipo b.

Cabe distinguir una unidad más en el Cuaternario. Son las arcillas de descalcificación, de dimensiones cartografiables a la escala de trabajo, localizadas unas sobre calizas cretácicas en las sierras al noroeste de Pego, y otras próximas al cabo de la Nao, desarrolladas sobre calizas cretácicas y oligocenas.

Desde el punto de vista cronológico la capacidad expansiva de las litologías arcillosas se incrementa, globalmente, de más antiguo a más moderno, es decir de los tipos IV a los I. Se exceptúan de este caso, las formaciones arcillosas correspondientes a las facies Keuper de edad triásica, con elevado potencial expansivo.

A igualdad de otras condiciones, la menor potencialidad expansiva corresponde a facies sedimentarias muy detríticas y, en parte, a las mixtas (unidades litológicas g, f y e). Las arcillas masivas (a) confieren, si se trata de formaciones montmorilloníticas, una capacidad expansiva muy alta; pero en nuestro caso, las únicas litologías de este tipo se refieren a arcillas de descalcificación, cuya composición mineralógica es poco montmorillonítica, por lo que no presentan alto riesgo de expansividad.

En cuanto a las unidades litológicas con carbonatos y/o sulfatos (c y d), ya se ha comentado en este trabajo, que la presencia de sales cálcicas limita de forma puntual la capacidad expansiva del suelo, pero esto no incide en muchas ocasiones en la de su conjunto. Esta circunstancia se explica porque las condiciones sedimentológicas más habituales en la formación de este tipo de suelos presentan alternativas que determinan frecuentemente la

aparición de niveles muy arcillosos interestratificados con las facies calcáreas y yesíferas, y estos niveles pueden ser, además, muy montmorilloníticos. Por ello, estas litologías, condicionadas por supuesto por la climatología, son las de mayor riesgo de expansividad de la provincia.

6.2.3. Potencial expansivo de las unidades diferenciadas

La definición de las diferentes unidades cronolitológicas, permite una primera aproximación del grado de expansividad, si bien, hay que considerar que los materiales geológicos no suelen ser ni espacial ni temporalmente continuos. Una unidad clasificada como de máximo riesgo, puede presentar niveles de baja expansividad.

Para la adscripción definitiva a un grupo de riesgo se ha tenido en cuenta el factor clima. Una unidad cronolitológica puede presentar un riesgo muy alto de expansividad, si está situada en una zona con déficit anual de humedad, pero esa misma unidad si está situada sin déficit, difícilmente podrá expresar sus propiedades potenciales expansivas, por lo que el riesgo asignado en este caso será menor.

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

1. Potencialidad expansiva de los suelos nula a baja. Característica litológicas y/o climáticas desvinculadas de problemas de expansividad. Los parámetros que la definen son:

- Mineralogía poco o nada montmorillonítica.
- Arcillas texturalmente diseminadas (litologías f, g y parcialmente e).
- Edad geológica antigua a reciente.
- Climatología subhúmeda húmeda (C2)

2. Potencialidad expansiva de los suelos baja a moderada. Características litológicas y/o climáticas en las que normalmente no deben producirse problemas de expansividad.

Parámetros definidores:

- Mineralogía algo montmorillonítica.
- Arcillas mayoritariamente diseminadas (litologías e y parcialmente b).
- Edad geológica antigua a reciente (IV y III)
- Climatología subhúmeda húmeda (C2).

3. Potencialidad expansiva de los suelos moderada a alta. Características litológicas y climáticas que pueden producir problemas de expansividad, sin que se hayan tenido referencias de ellos. Los parámetros definidores son:

- Mineralogía frecuentemente montmorillonítica.
- Arcillas en tramos continuos (litologías a, c, d).
- Climatología subhúmeda seca - semiárida (C1 y D).

4. Potencialidad expansiva de los suelos alta a muy alta. Características litológicas y climáticas que determinan problemas de expansividad o zonas donde se han presentado problemas de expansividad. los parámetros definidores son:

- Mineralogía globalmente montmorillonítica.
- Arcillas en tramos continuos.
- Edad geológica reciente.
- Climatología subhúmeda seca y semiárida.

El resultado finalmente obtenido se ha plasmado en el mapa adjunto, a escala 1:200.000 donde se señala el riesgo de expansividad (dado por el potencial expansivo presumible) y, en cada caso, se señala a que unidad cronolitológica pertenece la formación arcillosa cartografiada.

6.3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El grupo de mayor riesgo, corresponde a la unidad cronolitológica IVd emplazada en las zonas climáticas D y C1: se trata, por tanto, de los afloramientos triásicos en facies keuper (arcillas abigarradas con yeso) en zonas climáticamente clasificadas como semiáridas y subhúmedas secas. Cuando esta unidad se halla en la zona climática C2 (subhúmeda a húmeda) su potencial expansivo se reduce.
- Un grado menor de riesgo presenta la unidad IIc (arcillas con carbonatos neógenos) cuando está emplazada en las zonas climáticas D y C1.
- Las unidades del paleógeno no presentan excesivo riesgo.
- Hay que señalar que las formaciones cuaternarias, debido a su gran heterogeneidad y a la presencia, más o menos constante, de elementos detríticos groseros, se las ha incluido en el grupo de bajo o nulo riesgo. Pero debe tenerse en cuenta que, muy localmente, podrían presentar un potencial expansivo mayor al asignado.
- Cabe, por último, señalar que el mapa es solo orientativo del potencial expansivo; los resultados obtenidos pudieran ser modificables con la adición de nuevos datos (datos de ensayos de laboratorio, problemas en la construcción concretos de un tipo de suelo), en cuyo caso habría que caracterizar a la unidad en cuestión a la luz de esa nueva información.

En relación a este último punto, caben destacar las siguientes recomendaciones:

- a) En las zonas cartografiadas con peligrosidad alta o muy alta se considera imprescindible la realización de ensayos geotécnicos de laboratorio y, comprobada la existencia de arcillas expansivas, adoptar las oportunas medidas correctoras de daños para obras y construcciones, si éstas son ineludibles.

Con independencia de las soluciones estructurales que se dispongan son recomendable las siguientes actuaciones:

- En obras constructivas, transferir la cimentación a un sustrato no expansivo bajo la capa activa (mediante pilotes o pozos).
- En carretera, evitar desmontes profundos y prestar especial atención al paso de drenantes.
- En excavaciones, limitar en lo posible la desecación o humidación excesiva del terreno.
- En zonas urbanas, utilizar pavimentos de tipo asfáltico, dado su carácter flexible e impermeabilizante.

- Extremar, en general, las precauciones con la red de saneamiento, drenajes y todo lo que pueda hacer variar la humedad en torno a un edificio, por rotura o mal funcionamiento.

- Por último, determinados tipos de vegetación pueden acelerar los procesos de desecación del terreno. En líneas generales son más convenientes las especies perennes que las caducas. Es también conveniente la eliminación de setos en torno a los edificios y su pavimentación, etc.

b) En las zonas con peligrosidad moderada o baja, es igualmente necesaria la caracterización geotécnica de las arcillas mediante ensayos de laboratorio, dada la variabilidad puntual, en cuanto a la presencia de arcillas potencialmente expansivas, en las zonas cartografiadas.

El cualquier caso se debe de prestar especial atención a las obras de infraestructura, carreteras y conducciones.

6.4. BIBLIOGRAFÍA

- Box Amoros, M. (1.985).- "Las zonas húmedas de la provincia de Alicante y los procesos de intervención antrópica". Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante.
- Generalidad Valenciana. Agencia de Medio Ambiente. (1.990).- "Cartografía Geocientífica de la Provincia de Alicante a escala 1/200.000".
- CEOTMA (1984).- "Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología ". Serie Manuales 3.
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME). (1986).- Mapa Previsor de Riesgos por Expansividad de Arcillas en España. Escala 1:1.000.000
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME). 1979.- Plan Nacional de Gestión y Conservación de Acuíferos.
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME).- Mapa Geocientífico del Medio Natural de la Provincia de Alicante. Escala 1:100.000.
- Oteo, C.; Salinas, J.L. y Ferrer, M. (1.987).- "Metodología del Mapa Previsor de Riesgos por Expansividad de Arcillas de España a escala 1/100.000". CEDEX, Ingeniería Civil, nº 61, pp. 37-54. Madrid.
- Salinas, J.L. y Oteo, C. (1.989).- "Investigación de parámetros geotécnicos en relación con la expansividad de los suelos arcillosos españoles. CEDEX, Ingeniería Civil, nº 72. Madrid.

7. RIESGOS LIGADOS AL KARST

INDICE

	Pág.
7.1. INTRODUCCION	1
7.2. DIVISION LITOESTRATIGRAFICA DE LOS MATERIALES KARSTICOS	2
7.3. METODOLOGIA DE ESTUDIO	4
A) Formaciones carbonatadas	4
B) Formaciones evaporíticas	8
7.4. ZONIFICACION DE LOS RIESGOS LIGADOS AL KARST	9
7.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	14
7.6. BIBLIOGRAFIA	16

7.1. INTRODUCCION

La génesis y evolución de los karsts conllevan situaciones que pueden desembocar en la aparición de determinados riesgos con cierta incidencia en el hombre y su actividad (Durán y Burillo, 1989). Estos riesgos, generados por la disolución en materiales solubles (carbonatados y yesíferos principalmente), se concretan fundamentalmente en (Durán, 1988): riesgos geomecánicos (subsistencia, colapsos, restricciones constructivas, etc.) y, en menor medida, riesgos hidrológicos (inundaciones en depresiones, reactivación de valles secos, etc.). Otros aspectos aplicados, relacionados con la karstificación, como la intrusión marina, contaminación de acuíferos o problemas geotécnicos en presas escapan del ámbito y objetivos del presente Atlas.

En este capítulo se hace hincapié en los riesgos geomecánicos asociados al Karst y se presta una menor atención a los hidrológicos. Esto es debido a dos razones principales: por un lado éstos últimos tienen una escasa incidencia en la provincia de Alicante, al no existir morfologías kársticas de gran desarrollo, y por otro porque son recogidos, parcialmente, en el capítulo de inundaciones, especialmente en lo referente a depresiones cerradas (poljés, dolinas) y con drenaje deficiente.

7.2. DIVISION LITOESTRATIGRAFICA DE LOS MATERIALES KARSTICOS

En la provincia de Alicante tienen gran extensión superficial las formaciones geológicas susceptibles de karstificación (IGME, 1982; Rodríguez y Gómez de las Heras, 1986), pertenecientes casi en su totalidad a la unidad hidrogeológica denominada Prebético de Alicante, aunque también están representadas, en menor medida, las unidades del Prebético y Subbético de Murcia (Rodríguez y Gómez de las Heras, 1986). Las principales formaciones litoestratigráficas karstificables existentes en la provincia, de más antigua a más moderna, son:

1. Yesos del Triásico
2. Dolomías del Muschelkalk
3. Calizas y dolomías del Jurásico
4. Dolomías y calizas del Cretácico superior
5. Calizas del Eoceno-Oligoceno
6. Calizas del Mioceno

1. Yesos del Triás. Se trata, generalmente, de yesos y arcillas yesíferas de colores variados, con carácter típico de la facies Keuper. Han sufrido, normalmente, procesos halocinéticos, causa de la irregularidad de los afloramientos. Casi siempre aparecen asociados a accidentes y discontinuidades importantes.

Las estructuras en diapiro son muy frecuentes, destacando la de Pinoso y el del Vinalopó, en Villena. En los alrededores de Altea existe, así mismo, otro importante afloramiento yesífero. No hay ninguna cavidad de importancia descrita en los afloramientos evaporíticos de la provincia, aunque por la extensión de los diairos del Vinalopó y Pinoso debe existir una cierta red de karstificación. Por otro lado, la reciente inyección profunda de agua en el diapiro de Pinoso con el fin de explotar económicamente estas sales, acelera de forma considerable los procesos de disolución.

2. Dolomías del Muschelkalk. Tienen muy poca extensión de afloramiento en la provincia. Aparecen, exclusivamente, en las sierras de Orihuela y de Callosa de Segura, al sur. No hay descritas formas endokársticas, ni existen morfologías exokársticas claramente desarrolladas. Se trata, en general, de materiales dolomíticos bien estratificados y con algunas intercalaciones de naturaleza detrítica.

3. Calizas y dolomías del Jurásico. Las formaciones carbonatadas jurásicas susceptibles de presentar karstificación en la provincia de Alicante muestran unos afloramientos de poca extensión. Se centran, principalmente, en algunos núcleos y sierras al noroeste de Crevillente, en la sierra de Fontcalet y en las sierras del Puig Campana y del Cabezón de

Oro. Suelen corresponder al Jurásico superior (Malm), presentando una potencia considerable, con unos 250 metros aproximadamente en el Cabezón de Oro y Puig Campana (IGME, 1981), y los tramos superiores se muestran bien estratificados.

4. Dolomías y calizas del Cretácico Superior. Es, quizá, la unidad litoestratigráfica karstificable más extendida de toda la provincia. Destacan las sierras de Alfaro-Mediodfa-Segaria, Solana-Benicadell-Almirante, Mariola, Montgó, Orcheta, Cid, Salinas, etc. y otras de menor entidad. Se trata de dolomías, calizas y calizas margosas, con potencias que oscilan entre los 200 y 350 metros. (Rodríguez y Gómez de las Heras, 1986). Sus características litológicas y sedimentológicas son muy variables debido a la potencia de las series y a la amplia extensión de los afloramientos. Se trata, en general, de buenas formaciones acuíferas que son explotadas prácticamente en todos los afloramientos.

5. Calizas del Eoceno-Oligoceno. Es la segunda formación en cuanto a extensión dentro de la provincia de Alicante. El principal afloramiento se sitúa en la Sierra de Aitana. Otros de menor importancia son los de Tárbeno-Benisa, las sierras del Reclot y Las Pedrizas, al oeste de Novelda, y algunos núcleos dispersos en los alrededores de la Hoya de Castalla. Se trata de calizas recifales y pararecifales con algunos lentejones de areniscas intercalados y con una potencia que oscila entre los 250 y 350 metros (IGME, 1981).

6. Calizas del Mioceno. Los materiales calcáreos y calcareníticos del Mioceno constituyen la última formación karstificable dentro de la provincia de Alicante. Comprende algunos afloramientos dispersos en la parte sur de la provincia: Cabo de Santa Pola, y alrededores de Benejúzar y San Miguel de Salinas, así como un pequeño núcleo existente al oeste de Monóvar. Son formaciones acuíferas de escaso interés debido a su limitada extensión de afloramiento y su escasa potencia.

7.3. METODOLOGIA DE ESTUDIO

Con el fin de determinar la magnitud de los riesgos de índole geomecánica en cada una de las formaciones litoestratigráficas anteriormente mencionadas, se han subdividido en unidades afines tanto desde el punto de vista geológico como geográfico. En cada una de estas unidades han sido estudiados, de forma individualizada, aspectos influyentes en el riesgo de colapso o subsidencia, tales como grado de fracturación y direcciones principales de la red de fracturas, tasa de erosión kárstica, grado de explotación de los sistemas acuíferos, desarrollo de las formas endokársticas y exokársticas. Conviene señalar, sin embargo, que a las formaciones yesíferas se les ha asignado un tratamiento específico debido a sus peculiaridades.

A) Formaciones Carbonatadas

De esta forma, las distintas unidades individualizadas, dentro de las formaciones carbonatadas, son:

1. Mioceno del sector sur
2. Muschelkalk de Orihuela
3. Núcleos jurásicos del noroeste de Crevillente
4. Eoceno-Oligoceno de las Sierras del Reclot y Las Pedrizas
5. Cretácico Superior de Sierra Salinas
6. Jurásico de la Sierra de Fontcalent
7. Cretácico Superior de la Sierra del Cid
8. Cretácico Superior del Maigmó
9. Cretácico Superior y Eoceno-Oligoceno de la Hoya de Castalla
10. Cretácico Superior del este de Villena
11. Cretácico Superior de Sierra Mariola
12. Cretácico Superior de las Sierras de Solana-Benicadell-Almirante
13. Jurásico de la Sierra del Cabezón de Oro
14. Cretácico Superior de los anticlinales de Orcheta
15. Jurásico del Puig Campana
16. Eoceno-Oligoceno de Sierra Aitana
17. Cretácico Superior de las Sierras de Serrella-Aixorta
18. Cretácico Superior de las Sierras de Alfaro-Mediodía-Segaria
19. Eoceno-Oligoceno de Tárben-Benisa
20. Cretácico Superior de Orba-Gata de Gorgos

21. Cretácico Superior de la Sierra del Montgó
22. Mioceno del oeste de Monóvar
23. Cretácico Superior y Eoceno-Oligoceno del Cabo de la Nao-Punta de Moraira

Con la ayuda de la información existente (hojas geológicas de la provincia a escala 1:50.000, junto con las imágenes de satélite LANDSAT a escala 1:200.000 y las fotografías aéreas a escala aproximada 1:33.000 del vuelo de 1957) se ha realizado una estimación del grado de fracturación de los diferentes macizos kársticos y las orientaciones principales de la red de fracturación en cada una de las unidades.

De manera cualitativa, el grado de fracturación se ha subdividido, dependiendo del número de fracturas y sus longitudes, en:

1. Muy bajo
2. Bajo
3. Medio
4. Alto

Las zonas menos fracturadas corresponden a las formaciones más recientes. De esta forma, las subunidades 1 y 22, Mioceno del sector sur y Mioceno del oeste de Monóvar respectivamente, son las que muestran un grado de fracturación más bajo, que se ha denominado de tipo 1. El grado bajo de fracturación, tipo 2, se ha asignado a materiales del Muschelkalk (Orihuela), del Jurásico (Puig Campana y Crevillente) del Cretácico Superior (Orcheta) o del Eoceno-Oligoceno (Sierras del Reclot y Las Pedrizas). El grado medio, tipo 3, es el más generalizado. El alto grado de fracturación, tipo 4, se da, fundamentalmente, sobre las calizas y dolomías del Cretácico Superior (Sierras del Cid, Mariola, Solana-Benicadell-Almirante y Serrella-Aixorta). También la sierra de Fontcalent (Jurásico) muestra un alto grado de fracturación pero su escasa superficie de afloramiento hace que no sea representativo.

Otro de los aspectos importantes a la hora de determinar el riesgo de colapso y/o subsidencia en una zona kárstica es el grado de explotación de las formaciones acuíferas. En el único caso conocido de hundimiento histórico en formaciones carbonatadas en la provincia de Alicante, el 7 de agosto de 1982, en el término municipal de Pedreguer, tuvo una gran influencia la sobreexplotación a la que estaba sometida la formación en la que se produjo el colapso (Garay, 1986). En la madrugada de este día, y precedida por un fuerte estruendo, se abrió una sima en el terreno de 8 metros de diámetro y de unos 70 metros de profundidad.

Con la información hidrogeológica de carácter regional recogida en IGME (1982), y más recientemente, en IGME (1988), se ha podido realizar una estimación del grado actual de explotación de los acuíferos y si éstos están o no sobreexplotados (el volumen de salidas del acuífero supera al de entradas).

Algunas formaciones, como el Mioceno del sector sur o del oeste de Monóvar, o el Muschelkalk de Orihuela, prácticamente no se explotan debido a sus escasos recursos acuíferos o a la dificultad para efectuar las extracciones. El resto de las formaciones son explotadas en mayor o menor medida, dependiendo de la demanda existente en la zona.

Aquellas subunidades en que las extracciones artificiales están produciendo una sobreexplotación de los acuíferos son:

- Cretácico Superior de Orba-Gata de Gorgos
- Jurásico de la Sierra del Cabezón de Oro
- Cretácico Superior del este de Villena
- Cretácico Superior y Eoceno-Oligoceno de la Hoya de Castalla
- Cretácico Superior de la Sierra del Cid
- Cretácico Superior de la Sierra Salinas
- Eoceno-Oligoceno de las Sierras del Reclot y Las Pedrizas
- Núcleos Jurásicos del noroeste de Crevillente

Otro condicionante directo del riesgo de colapso en zonas carbonatadas es la tasa de erosión kárstica, o erosión debida fundamentalmente a los procesos de disolución en litologías solubles y que es parcialmente asimilable al término "karstificación" (Durán, en prensa). Este índice puede estimarse para cada macizo kárstico mediante la fórmula de Corbel:

$$X = \frac{4 n E T}{100}$$

siendo

- X* : velocidad de erosión en m³/año/km² o, lo que es lo mismo, mm/1.000 años
- E* : precipitación neta o efectiva, en decímetros
- T* : contenido en mg/l (ppm) de carbonato cálcico del agua en la zona de descarga del acuífero
- n* : coeficiente, entre 0 y 1, de la superficie que realmente ocupan las rocas carbonatadas dentro del área kárstica considerada

De algunas de las unidades diferenciadas no se posee información, debido a que no existen aliviaderos naturales en el acuífero o no hay análisis químicos en las zonas apropiadas. Garay (1985), presenta unos valores medios para el conjunto de la comunidad de $32 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{año}$, con unos valores extremos de $42 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{año}$ y $24 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{año}$ dependiendo, principalmente, de las características pluviométricas locales. Los valores que se han calculado para la provincia de Alicante oscilan entre los $35 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{año}$ del Cretácico Superior de Orba-Gata de Gorgos y los $19 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{año}$ de la Sierra del Cid, estando el valor medio situado cerca de $29 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{año}$. Los valores más bajos aparecen en la parte oeste y suroeste de la provincia, donde el volumen de agua infiltrada es sensiblemente más pequeño que en otras regiones, y son más altos en el noreste, donde las precipitaciones y, por lo tanto, la lluvia neta o efectiva es también mayor. Las distintas unidades litoestratigráficas diferenciadas no parecen condicionar una mayor o menor tasa de erosión kárstica, siendo los factores climáticos los que controlan en mayor medida este índice.

El grado de desarrollo de las formas endokársticas y exokársticas proporciona información adicional sobre la importancia de los procesos de disolución actuales y pasados en los distintos macizos carbonatados.

En la provincia de Alicante no existen demasiadas zonas con un exokarst muy desarrollado. Se pueden destacar, como formas más notables, los poljés del Plá de La Llacuna, en la Sierra del Almirante, el del Cabo de San Antonio, en la Sierra del Montgó, y el de la Laguna, al NE de Castell de Castells, en la Sierra del Peñón. En lo relativo a formas fluviokársticas y, en particular a los cañones, se pueden destacar los del Serpis, Gallinera, el del Infierno, en el río Girona, y el del Jalón, como los más importantes en la provincia, aunque existen otros de menor entidad. Las dolinas son abundantes en algunos macizos kársticos pero por razones de escala de trabajo son difíciles de representar y sólo se han señalado las más importantes.

Según Fernández (1978), las cavidades subterráneas naturales más profundas en la provincia de Alicante son: la Sima del Caballo, en el término municipal de Hondón de las Nieves, con 132 metros; el Avençó, en Vall de Ebo, con 120 metros; el Avenc del Montgó, en Denia, con 115 metros; la sima Simarro, en Alcoy, con 110 metros; y las simas del Mortet y Castellar, ambas en Alcoy y con 100 metros de profundidad. Entre las cavidades subterráneas de mayor recorrido destacan: la cueva Juliana, en Alcoy, con 800 metros; la cueva de les Calaveres, en Benidoleig, con 450 metros; y el Avençó, en Vall de Ebo, con 450 metros.

También se pueden señalar las cuevas de Canalobre, en el macizo jurásico de la sierra del Cabezón del Oro, o la Sierra de Puig Campana en su conjunto. Esta sierra representa un "caso extremo de karstificación en la que no se observan variaciones en el nivel piezométrico,

ni estacional ni de forma anual, ni tan siquiera después de fuertes precipitaciones. La razón de este fenómeno parece encontrarse en las altas transmisividades, que corresponden a zonas muy karstificadas en las que la velocidad del agua subterránea es comparable a la del agua superficial" (Rodríguez y Gómez de las Heras, 1989)

En general parece estar más desarrollado el endokarst del sector norte y noreste de la provincia debido, probablemente, a razones climáticas y estructurales.

B) Formaciones Evaporíticas

En las formaciones evaporíticas, debido a sus especiales condiciones de plasticidad, y permeabilidad es difícil ponderar los mismos parámetros que se han utilizado en las rocas carbonatadas.

Los problemas que más frecuentemente presentan las formaciones evaporíticas están relacionados con la Ingeniería Civil y sus aspectos geotécnicos y presentan normalmente difícil solución (Durán y del Val, 1984). En la provincia de Alicante, aunque existen numerosos afloramientos de yesos éstos no tienen, en general, un desarrollo kárstico muy acentuado. (Calaforra y Pulido, 1989). Las estructuras diapíricas son frecuentes (las ya citadas de Villena, Pinoso, etc.) aunque en ellas no existen cavidades de envergadura.

En cualquier caso, las condiciones de gran solubilidad de los materiales yesíferos hace que la posibilidad de colapsos o subsidencia esté siempre presente. Así mismo, las características geomecánicas de los yesos, les confiere unas elevadas limitaciones constructivas. Estos problemas geomecánicos son extensivos a todos los afloramientos de yesos de la provincia pero son más graves en el diapiro del Cerro de la Sal, en Pinoso, donde la inyección profunda de agua con fines extractivos está acelerando de forma muy notable los procesos de karstificación.

Según Garay (1990 a y b), en la provincia de Alicante se han producido dos colapsos históricos en formaciones evaporíticas, uno de ellos en los yesos de los alrededores de Castalla, en 1990, con una profundidad de 4 metros y un diámetro de 1 metro, y otro en el domo salino de Pinoso, con posterioridad a 1970 y en el que han coincidido más de un fenómeno de colapso.

7.4. ZONIFICACION DE LOS RIESGOS LIGADOS AL KARST

Con los datos expuestos anteriormente se puede establecer una jerarquización del riesgo de colapso y subsidencia y de las limitaciones constructivas en los distintos macizos karstificables analizados.

Las formaciones yesíferas son las que presentan un mayor índice de riesgo debido a sus características peculiares. Se puede considerar que todos los afloramientos muestran unas condiciones similares: diapiro del Vinalopó, afloramientos de Altea y de Finestrat y otros núcleos dispersos, y únicamente el diapiro de Pinoso, por la karstificación inducida por acción antrópica, adquiere un grado de riesgo más alto.

Las formaciones carbonatadas tienen, en todos los casos, unas condiciones menos restrictivas que las yesíferas y prueba de ello es el único hundimiento histórico conocido en la provincia.

Con los datos de grado de fracturación, sobreexplotación y tasa de erosión, ya comentados anteriormente, junto con una estimación del grado de desarrollo de las formas endo y exokársticas, se puede establecer una valoración cualitativa del riesgo geomecánico en las diferentes unidades.

UNIDADES CARBONATADAS	Grado de fracturación (de 1 a 4)	Sobreexplotación (sí/no)	Tasa de erosión (m³/año/km²)	Desarrollo de morfologías kársticas (Bajo/Medio/Alto)
1. Mioceno del Sector Sur	1	No		Bajo
2. Muschelkalk de Orihuela	2	No	25	Bajo
3. Núcleos jurásicos del NO. de Crevillente	2	Sí	22	Bajo
4. Eoceno-Oligoceno de la Sierras del Reclot y Las Pedrizas	2	Sí		Bajo
5. Cretácico Superior de Sierra Salinas	3	Sí	29	Medio
6. Jurásico de la Sierra de Fontcalent	4			Bajo
7. Cretácico Superior de la Sierra del Cid	4	Sí	19	Bajo
8. Cretácico Superior del Maigmó	3	No		Bajo
9. Cretácico Superior y Eoceno-Oligoceno de la Hoya de Castalla	3	Sí	34	Medio
10. Cretácico Superior del este de Villena	3	Sí		Bajo
11. Cretácico Superior de la Sierra Mariola	4	No		Medio
12. Cretácico superior de las Sierras de Solana-Benicadell-Almirante	4	No	29	Alto
13. Jurásico del Cabezón de Oro	3	Sí	24	Alto
14. Cretácico Superior de los Anticlinales de Orçeta	2	No		Medio
15. Jurásico del Puig Campana	2	No	24	Alto
16. Eoceno-Oligoceno de la Sierra Aitana	3	No	23	Medio

UNIDADES CARBONATADAS	Grado de fracturación (de 1 a 4)	Sobreexplotación (sí/no)	Tasa de erosión (m³/año/km²)	Desarrollo de morfologías kársticas (Bajo/Medio/Alto)
17. Cretácico Superior de las Sierras de Serrella-Aixorta	4	No		Medio
18. Cretácico Superior de la Sierras de Alfaro-Mediolla-Segaria	3	No	30	Alto
19. Eoceno-Oligoceno de Tárbeno-Benissa	3	No	34	Medio
20. Cretácico Superior de Orba-Gata de Gorgos	3	Sí	35	Alto
21. Cretácico Superior de la Sierra de Montgó	3	No	34	Alto
22. Mioceno del oeste de Monóvar	1	No		Bajo
23. Cretácico Superior y Eoceno-Oligoceno del Cabo La Nao-Punta Moraira	3	No		Alto

Según estas características, se puede subdividir el riesgo geomecánico (hundimiento o colapso, subsidencia y limitaciones constructivas) en dos grados: medio y bajo, considerando que cada unidad diferenciada es homogénea en cuanto a su grado. En estudios de mayor detalle convendría matizar esto último ya que dentro de cada unidad se pueden encontrar zonas con diferente grado de riesgo en función de condicionantes locales.

A la hora de subdividir el grado de riesgo se han tenido en cuenta en primer lugar el grado de fracturación y la sobreexplotación de la formación carbonatada. Si la fracturación es alta o media (grados 3 ó 4) y existe una sobreexplotación se ha asignado un riesgo geomecánico de tipo medio. Si el grado de fracturación es 3 ó 4, pero no existe sobreexplotación, se han analizado los condicionantes secundarios, como la tasa de erosión y el desarrollo de la morfología kárstica. Si ambas son altas se ha vuelto a asignar un grado medio al riesgo de hundimiento o subsidencia. En el resto de las posibilidades se ha considerado que es bajo dicho riesgo.

Conviene indicar que en los alrededores del hundimiento histórico de Pedreguer dicho riesgo puede presentar un grado alto en función de los condicionantes locales. Esta situación

se repite en aquellas zonas en las que las formaciones carbonatadas karstificables aparecen recubiertas por un depósito no muy potente de los materiales cuaternarios de las Planas, por lo que su riesgo debe ser también considerado alto.

Por lo tanto, el riesgo asignado a cada una de las unidades carbonatadas diferenciadas es:

UNIDADES CARBONATADAS	Grado
1. Mioceno del Sector Sur	Bajo
2. Muschelkalk de Orihuela	Bajo
3. Núcleos jurásicos del NO. de Crevillente	Bajo
4. Eoceno-Oligoceno de la Sierras del Reclot y Las Pedrizas	Bajo
5. Cretácico Superior de Sierra Salinas	Medio
6. Jurásico de la Sierra de Fontcalent	Bajo
7. Cretácico Superior de la Sierra del Cid	Medio
8. Cretácico Superior del Maigmó	Bajo
9. Cretácico Superior y Eoceno-Oligoceno de la Hoya de Castalla	Medio
10. Cretácico Superior del este de Villena	Medio
11. Cretácico Superior de la Sierra Mariola	Bajo
12. Cretácico Superior de las Sierras de Solana-Benicadell-Almirante	Bajo
13. Jurásico del Cabezón de Oro	Medio
14. Cretácico Superior de los Anticlinales de Orcheta	Bajo
15. Jurásico del Puig Campana	Bajo
16. Eoceno-Oligoceno de la Sierra Aitana	Bajo
17. Cretácico Superior de las Sierras de Serrella-Aixorta	Bajo
18. Cretácico Superior de la Sierras de Alfaro-Mediodía-Segaria	Bajo
19. Eoceno-Oligoceno de Tárben-Benissa	Bajo

UNIDADES CARBONATADAS	Grado
20. Cretácico Superior de Orba-Gata de Gorgos *	Medio
21. Cretácico Superior de la Sierra de Montgó	Medio
22. Mioceno del oeste de Monóvar	Bajo
23. Cretácico Superior y Eoceno-Oligoceno del Cabo La Nao-Punta Moraira	Bajo

* Hundimiento histórico,localmente riesgo alto.

7.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La provincia de Alicante tiene una porción considerable de su superficie constituida por materiales solubles capaces de presentar procesos de karstificación. Entre estos materiales son las formaciones evapauríticas las que muestran un mayor riesgo de que se produzcan problemas geotécnicos, hundimientos o colapsos asociados a los fenómenos de disolución. Pero es en la zona del Cerro de la Sal, en Pinoso, donde este riesgo es mayor debido a la alteración antrópica del medio natural mediante la inyección profunda de agua con el fin de realizar la explotación de las sales. Prueba de ello es la ocurrencia de algún hundimiento histórico en este lugar.

En las formaciones carbonatadas el riesgo de que se produzcan colapsos o hundimientos es menor que en los materiales anteriores, a pesar de la existencia de un hundimiento histórico en las cercanías de Pedreguer en el año 1982. La existencia de macizos kársticos recubiertos por una delgada capa de materiales cuaternarios, como ocurre en los rebordes de las planas costeras alicantinas, es un factor agravante del riesgo. Además de éste, se han considerado el grado de fracturación y la sobreexplotación de los acuíferos como los factores principales en la determinación del riesgo geomecánico kárstico, y la tasa de erosión y el desarrollo de la morfología kárstica como factores secundarios.

En general, el riesgo detectado en los materiales carbonatados es bajo, salvo en algunas zonas concretas (Montgó, alrededores de Orba-Gata de Gorgos, Cabezón de Oro, este de Villena, alrededores de la Hoya de Castalla, Sierra del Cid y la Sierra de Salinas) en que se ha considerado que es de tipo medio.

Las recomendaciones de índole general que se pueden hacer para tratar de minimizar el riesgo kárstico de tipo geomecánico son: delimitación cartográfica de los afloramientos o subafloramientos de materiales kárstificables, el control de las extracciones de agua para evitar una sobreexplotación que deje en vacío grandes cavidades y se desestabilicen las bóvedas de naturaleza kárstica, y el control de la existencia de fuertes e intensas vibraciones, como las originadas por el paso de ferrocarriles, voladuras, etc. A escala de detalle, son muy útiles la exploración espeleológica, con el fin de poder tener una aproximación al grado de karstificación de los diferentes macizos; los reconocimientos geotécnicos y las campañas de sondeos, para evaluar el estado real de los macizos susceptibles de presentar colapsos; los métodos geofísicos de exploración, ya sean eléctricos o gravimétricos, para la localización de cavidades subterráneas someras; la cartografía geomorfológica de detalle, haciendo hincapié

en la tipología de dolinas, actividad actual, etc. Con este grupo de medidas, se puede realizar una adecuada evaluación del riesgo geomecánico ligado al karst y establecer las soluciones más adecuadas.

7.6. BIBLIOGRAFIA

- Calaforra, J.M. y Pulido, A. (1989) "Principales sistemas kársticos en yesos de España". En: El Karst en España. Durán y López, eds. Sociedad Española de Geomorfología, Monografía nº 4, pp. 277-294. Madrid.
- Durán, J.J. (1988) "Riesgos asociados al Karst". En: Riesgos Geológicos, IGME. pp. 261-283. Madrid.
- Durán, J.J. (en prensa) "La erosión kárstica en España". En: Los Problemas de Erosión-Sedimentación en España, una perspectiva geológica. Del Val, coord. ITGE, pp. 133-150. Madrid.
- Durán, J.J. y Burillo, J. (1989) "Riesgos geológicos ligados al Karst en España". En: El Karst en España. Durán y López, eds. Sociedad Española de Geomorfología. Monografía nº 4, pp. 347-359. Madrid.
- Durán, J.J. y del Val, J. (1984) "El Karst yesífero en España. Condicionantes geológicos y problemática territorial, ambiental y geotécnica" I Congreso Español de Geología. Tomo I. pp. 623-634. Segovia.
- Fernández, J. (1978) "Cavidades subterráneas de mayor desarrollo del País Valenciano" Lapiaz, nº 2, pp. 69-76. Valencia.
- Garay, P. (1985) "Tasas de disolución kárstica actual en el País Valenciano" I Congreso Español de Geoquímica. pp. 151-152. Soria.
- Garay, P. (1986) "Informe geológico sobre la sima de hundimiento de Pedreguer (provincia de Alicante)" Jornadas sobre el karst en Euskadi. pp. 323-332. San Sebastián.
- Garay, P. (1990 a) "Riesgo de colapso kárstico y su incidencia en la Comunidad Valenciana" Comunicación presentada en la IV Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. 14 Páginas mecanografiadas. Gijón

- Garay, P.(1990 b) "Simas de hundimiento reciente en el país Valenciano" Comunicación presentada en el V Congreso Especial de Espeleología. Camargo,Santander
- IGME (1981). Hoja geológica escala 1:50.000 nº 847 (Villajoyosa). Segunda Serie, Primera Edición. IGME, Madrid.
- IGME (1982). Las Aguas Subterráneas de la Provincia de Alicante. 754 pp.
- IGME (1988). Las Aguas Subterráneas en la Comunidad Valenciana. Uso, Calidad y Perspectivas de Utilización. IGME, Madrid. 298 pp. Madrid.
- Rodríguez, T. y Gómez de las Heras, J. (1986) "Principales características sobre los acuíferos kársticos en la provincia de Alicante". Jornadas sobre el karst en Euskadi. pp. 205-220. San Sebastián.

**8. EVALUACION POR MUNICIPIOS DEL IMPACTO SOCIAL DE LOS
RIESGOS NATURALES ANALIZADOS**

INDICÉ

	Pág.
8.1. INTRODUCCION	1
8.2. METODOLOGIA	2
8.3. CONCLUSIONES	5
8.4. RECOMENDACIONES	13

8.1. INTRODUCCION

Con el fin de poder realizar un análisis comparativo del posible impacto de los riesgos geológicos en los distintos municipios de la provincia y, también, con los de otras provincias, se ha efectuado una ponderación de la incidencia socioeconómica de los diferentes riesgos geológicos estudiados (inundaciones, neosismotectónica, movimientos de ladera, dinámica litoral, expansividad de arcillas y colapso y subsidencia kárstica) en cada uno de los municipios de la provincia de Alicante. De esta forma se ha establecido una clasificación en función de la importancia de dichos riesgos desde el punto de vista de su impacto socioeconómico y, por lo tanto, proporcionar unas directrices de prioridades a los organismos competentes a la hora de intentar mitigar o reducir los efectos de los mencionados riesgos.

Para ello, se ha tomado como base de trabajo la división en términos municipales de la provincia de Alicante recogida en el Censo de Población del año 1982, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística.

8.1. INTRODUCCION

Con el fin de poder realizar un análisis comparativo del posible impacto de los riesgos geológicos en los distintos municipios de la provincia y, también, con los de otras provincias, se ha efectuado una ponderación de la incidencia socioeconómica de los diferentes riesgos geológicos estudiados (inundaciones, neosismotectónica, movimientos de ladera, dinámica litoral, expansividad de arcillas y colapso y subsidencia kárstica) en cada uno de los municipios de la provincia de Alicante. De esta forma se ha establecido una clasificación en función de la importancia de dichos riesgos desde el punto de vista de su impacto socioeconómico y, por lo tanto, proporcionar unas directrices de prioridades a los organismos competentes a la hora de intentar mitigar o reducir los efectos de los mencionados riesgos.

Para ello, se ha tomado como base de trabajo la división en términos municipales de la provincia de Alicante recogida en el Censo de Población del año 1982, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística.

8.2. METODOLOGIA

Con objeto de poder evaluar la incidencia socioeconómica global que los distintos riesgos geológicos analizados, en su conjunto, ejercen sobre cada uno de los municipios se ha usado un procedimiento de integración y ponderación de cada uno de los mismos en función del máximo riesgo potencial presente.

Básicamente, el esquema metodológico seguido ha sido el siguiente:

1. Identificación de riesgos por municipios

Para todos los municipios de la provincia, y mediante un procedimiento de superposición cartográfica, se ha analizado cada uno de los riesgos y jerarquizado en cinco clases: riesgo nulo, bajo, medio, alto y muy alto.

Esta misma clasificación, según grados de peligrosidad, había sido usado en alguna de las cartografías previas, tales como las derivadas de los fenómenos de inundación, procesos kársticos y expansividad de arcillas. En otros casos, como ocurre con los movimientos de ladera, la clasificación previa no se corresponde con la citada, por lo que ha sido necesario ajustarla (en este caso se ha agrupado el riesgo extremadamente alto y muy alto en una sola clase y se ha considerado el riesgo muy bajo como nulo o inexistente).

Existían, sin embargo, problemas al intentar clasificar la peligrosidad de los riesgos derivados de los procesos de dinámica litoral y sismicidad, al no haberse establecido una zonificación por peligrosidad en las cartografías previas. Ello se ha solucionado de la siguiente manera:

En el caso de la dinámica litoral, se han conjugado los siguientes criterios: grado de retroceso actual de las playas, grado de protección de la costa a los oleajes dominantes y naturaleza geológica de los materiales en la zona litoral (litologías duras o litologías blandas).

En el caso de la actividad sísmica, el criterio utilizado ha sido la delimitación de áreas en función de las isomáximas de intensidad sísmica (según los datos de Rey Pastor, 1951, y Martín Martín, 1983, para un registro comprendido entre los años 1396 y 1976). Se ha asignado, así, el valor de peligrosidad medio a las zonas comprendidas entre las isomáximas de intensidad 5 y 6, alto para las comprendidas entre 6 y 7 y muy alto, por encima de la isomáxima de intensidad 7. El hecho de

no aparecer el valor de peligrosidad bajo o nulo se corresponde con una realidad territorial ya que la provincia de Alicante es una de las más activas sísmicamente de todo el territorio nacional.

2. Ponderación del riesgo en función de su nivel de peligrosidad

Se ha utilizado el siguiente criterio de ponderación:

Riesgo nulo	Valor 0
Riesgo bajo	Valor 1
Riesgo medio	Valor 2
Riesgo alto	Valor 3
Riesgo muy alto	Valor 4

3. Asignación de pesos específicos a los distintos riesgos

Dado que no todos los riesgos presentan la misma incidencia socioeconómica ha sido necesario proceder a la asignación de pesos específicos a cada uno de ellos.

El peso asignado ha sido calculado en función de los datos obtenidos en el estudio sobre "Impacto económico y social de los riesgos geológicos en España (IGME, 1987)", referentes a la evaluación de las pérdidas por riesgos para la Comunidad Autónoma Valenciana en la hipótesis de Riesgo Máximo, que referidos en tanto por ciento son como siguen:

Inundaciones:	68%
Sismotectónica:	22%
Movimientos de ladera:	4%
Arcillas expansivas:	4%
Dinámica litoral:	4%
Procesos kársticos:	2%

TOTAL 100%

4. Cálculo del coeficiente teórico de incidencia socioeconómica de los riesgos integrados

Para cada municipio se ha obtenido un coeficiente teórico de máximo riesgo potencial utilizando la siguiente ecuación:

$$C = \sum R_n \times P_{Rn}$$

R_n es el valor ponderado de cada uno de los riesgos y P_{R_n} es el peso específico asignado a cada uno de los mismos.

Se obtiene así para C una distribución de valores cuyo límite inferior sería cero (peligrosidad inexistente, valor cero de cada uno de los riesgos sobre un municipio) y cuyo límite superior sería cuatrocientos (peligrosidad muy alta, valor 4, de cada riesgo sobre un municipio).

5. Cálculo del factor de Incidencia socioeconómica de los riesgos Integrados

Por último, a cada municipio se le ha asignado un valor cuyo significado es la importancia socioeconómica del conjunto de riesgos geológicos potencialmente presentes en el municipio.

Factor de Incidencia socioeconómica	Clase	Coficiente teórico de Incidencia socioeconómica
1	Bajo	0 - 100
2	Medio	101 - 200
3	Alto	201 - 300
4	Muy Alto	301 - 400

8.3. CONCLUSIONES

Como se desprende del mapa "Incidencia Socioeconómica de Riesgos Geológicos Integrados" y de la tabla adjunta, un total de 50 términos municipales (el 36% de la provincia) se encuentran situados en el rango BAJO. Geográficamente se distribuyen, principalmente en el sector occidental de la provincia y en núcleos urbanos dispersos en las zonas montañosas del interior provincial. El rango MEDIO supone un total de 22 municipios, equivalente al 16% de la provincia. Debido a la asignación de importancia de cada uno de los riesgos considerados comentada en el capítulo anterior, este grado se obtiene en aquellos municipios donde la incidencia de las inundaciones es escasa aunque exista una notable repercusión de los otros riesgos considerados.

El rango ALTO se obtiene en 44 de los municipios (32% del total) y aparece en aquellos lugares donde tanto las inundaciones como el riesgo sísmico son relevantes, casi independientemente de la importancia de los otros fenómenos considerados.

Por último, el rango de incidencia socioeconómica MUY ALTO aparece en 22 de los municipios, equivalente a un 16% del total de la provincia. Geográficamente se distribuyen tanto en la zona sur, Vega Baja del Segura, como en algunos núcleos dispersos del resto (Alcoy, Denia, Jávea, etc.). Para que se obtenga este grado es necesario que tanto las inundaciones como el riesgo sísmico tengan una importancia muy considerable en el municipio.

Conviene señalar que la Vega Baja del Segura supone una de las zonas con más incidencia socioeconómica de los riesgos geológicos en el ámbito nacional. La coincidencia de un elevado riesgo de inundaciones, como queda demostrado por la periódica ocurrencia de avenidas catastróficas, y una peligrosidad sísmica muy notable, como lo atestiguan los terremotos históricos destructivos del triángulo Orihuela-Torreveja-Guardamar del Segura, deben hacer de este área una de las zonas prioritarias de actuación.

Como resumen de todo lo anterior se presenta la siguiente tabla de clasificación de los riesgos geológicos en los diferentes municipios de la provincia de Alicante.

Nº	Término Municipal	Inundaciones	Sismotectónica	Movimientos de ladera	Dinámica Litoral	Expansividad de arcillas	Karst	Factor de incidencia socioeconómica
1	Adsubia	–	Alto	Muy alto	–	Medio	Medio	1
2	Agost	–	Alto	Bajo	–	Bajo	Medio	1
3	Agrés	–	Muy alto	Medio	–	Alto	Bajo	2
4	Aguas de Busot	–	Alto	Alto	–	–	Medio	1
5	Albatera	Alto	Muy alto	Bajo	–	Bajo	Bajo	4
6	Alcalalí	Alto	Alto	Bajo	–	Medio	Medio	3
7	Alcoer de Planes	Muy alto	Alto	Medio	–	Alto	–	4
8	Alcolecha	–	Alto	Medio	–	Bajo	Bajo	1
9	Alcoy	Muy alto	Muy alto	Muy alto	–	Alto	Medio	4
10	Alfafara	–	Muy alto	Bajo	–	Alto	Bajo	2
11	Alfaz del Pi	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Muy Alto	Medio	2
12	Algorfa	Alto	Muy alto	–	–	Medio	Bajo	4
13	Algueña	–	Alto	Alto	–	Bajo	Bajo	1
14	Alicante	Medio	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	3
15	Almoradí	Muy alto	Muy alto	–	–	Bajo	–	4
16	Almudaina	–	Alto	Muy alto	–	Alto	Bajo	1
17	Alquería de Aznar	Muy alto	Muy alto	–	–	Alto	–	4
18	Altea	Alto	Alto	Alto	Alto	Muy alto	Alto	4
19	Aspe	Bajo	Alto	Bajo	–	Medio	Medio	2
20	Balones	–	Alto	Alto	–	Alto	Bajo	1
21	Bañeres	Bajo	Medio	Bajo	–	Bajo	Bajo	2
22	Benasau	–	Alto	Alto	–	Alto	Bajo	1
23	Benejama	Bajo	Medio	Bajo	–	Bajo	Bajo	2

Nº	Término Municipal	Inundaciones	Sismotectónica	Movimientos de ladera	Dinámica Litoral	Expansividad de arcillas	Karst	Factor de incidencia socioeconómica
24	Benejúzar	Muy alto	Muy alto	-	-	Bajo	Bajo	4
25	Benferri	Alto	Muy alto	-	-	Bajo	-	3
26	Beniarbeig	Alto	Alto	-	-	Bajo	Medio	3
27	Beniarda	-	Alto	Muy alto	-	Medio	Bajo	1
28	Beniarrés	Medio	Alto	Medio	-	Alto	Bajo	3
29	Benichembla	-	Alto	Muy alto	-	Bajo	Medio	1
30	Benidoleig	Bajo	Alto	Bajo	-	Bajo	Medio	2
31	Benidorm	Medio	Alto	Bajo	Alto	Bajo	-	3
32	Benifallim	-	Alto	Alto	-	Alto	-	1
33	Benifato	-	Alto	Alto	-	Bajo	Bajo	1
34	Benijofar	Muy alto	Muy alto	-	-	Bajo	-	4
35	Benilloba	Medio	Alto	Alto	-	Alto	-	3
36	Benillup	-	Alto	Medio	-	Alto	-	1
37	Benimantell	-	Alto	Muy alto	-	-	Bajo	1
38	Benimarfull	-	Alto	Alto	-	Alto	-	1
39	Benimasot	-	Alto	Alto	-	Medio	Bajo	1
40	Benimeli	Bajo	Alto	Muy alto	-	Bajo	Bajo	2
41	Benisa	-	Alto	Alto	Medio	Medio	Bajo	1
42	Benitachell	-	Alto	Muy alto	Bajo	Medio	Bajo	1
43	Biar	Medio	Medio	Bajo	-	Bajo	Bajo	2
44	Bigastro	Alto	Alto	-	-	Bajo	-	3
45	Bolulla	-	Alto	Muy alto	-	Alto	Medio	1
46	Busot	-	Alto	Alto	-	-	Medio	1

Nº	Término Municipal	Inundaciones	Sismotectónica	Movimientos de ladera	Dinámica Litoral	Expansividad de arcillas	Karst	Factor de incidencia socioeconómica
47	Calpe	Medio	Alto	Muy alto	Bajo	Medio	Bajo	3
48	Callosa de Ensarriá	Alto	Alto	Muy alto	-	Muy alto	Alto	4
49	Callosa de Segura	Alto	Muy alto	Alto	-	Bajo	Bajo	4
50	Campello	Alto	Alto	Alto	Alto	-	-	3
51	Campo de Mirra	Bajo	Medio	Bajo	-	Bajo	Bajo	2
52	Cañada	Bajo	Medio	Bajo	-	Bajo	Medio	2
53	Castalla	Bajo	Medio	Bajo	-	Alto	Alto	2
54	Gastell de Castels	-	Alto	Muy Alto	-	Medio	Medio	1
55	Catral	Alto	Muy alto	-	-	Bajo	-	3
56	Cocentaina	Muy alto	Muy alto	Muy alto	-	Alto	Bajo	4
57	Confrides	-	Alto	Muy alto	-	Medio	Bajo	1
58	Cox	Medio	Muy alto	Alto	-	Bajo	Bajo	3
59	Crevillente	Alto	Muy alto	Bajo	-	Medio	Bajo	4
60	Cuatretondeta	-	Alto	Muy alto	-	Medio	Bajo	1
61	Daya Nueva	Alto	Muy alto	-	-	Bajo	-	3
62	Daya Vieja	Alto	Muy alto	-	-	Bajo	-	3
63	Denia	Muy alto	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Medio	4
64	Dolores	Alto	Muy alto	-	-	Bajo	-	3
65	Elche	Alto	Muy alto	-	Medio	Bajo	-	3
66	Elda	Alto	Medio	Bajo	-	Muy alto	Alto	3
67	Facheca	-	Alto	Muy alto	-	Medio	Bajo	1
68	Famorca	-	Alto	Muy alto	-	Medio	Bajo	1
69	Finestrat	-	Alto	Muy alto	-	Alto	Alto	1

Nº	Término Municipal	Inundaciones	Sismotectónica	Movimientos de ladera	Dinámica Litoral	Expansividad de arcillas	Karst	Factor de incidencia socioeconómica
70	Formentera del Segura	Muy alto	Muy alto	--	--	Bajo	--	4
71	Gata de Gorgos	Alto	Alto	Bajo	--	--	Alto	3
72	Gayanes	--	Alto	Medio	--	Alto	Bajo	1
73	Gorga	Medio	Alto	Medio	--	Alto	Bajo	3
74	Granja de Rocamora	Medio	Muy alto	--	--	Bajo	--	3
75	Guadalest	--	Alto	Muy alto	--	Alto	Bajo	1
76	Guardamar del Segura	Muy alto	Muy alto	--	Alto	Bajo	--	4
77	Hondón de las Nieves	--	Alto	Bajo	--	Bajo	Bajo	1
78	Hondón de los Frailes	--	Alto	Bajo	--	Bajo	Bajo	1
79	Ibi	Bajo	Alto	Medio	--	Alto	Medio	2
80	Jacarilla	Muy alto	Muy alto	--	--	Bajo	Bajo	4
81	Jalón	Alto	Alto	Muy alto	--	Bajo	Medio	3
82	Jávea	Muy alto	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Alto	4
83	Jijona	--	Alto	Medio	--	Medio	Alto	1
84	Lorcha	Medio	Alto	Muy alto	--	--	Medio	3
85	Llibert	Medio	Alto	Muy alto	--	Bajo	Medio	3
86	Millena	--	Alto	Muy alto	--	Alto	Bajo	1
88	Monforte del Cid	Medio	Alto	Bajo	--	Bajo	Medio	3
89	Monóvar	Bajo	Medio	Bajo	--	Alto	Alto	2
90	Muchamiel	Alto	Alto	--	--	Bajo	--	3
91	Muría	Bajo	Alto	Bajo	--	Medio	Bajo	2
92	Muro de Alcoy	Medio	Muy alto	Muy alto	--	Alto	Bajo	3
93	Novelda	Alto	Alto	Bajo	--	Muy alto	Alto	3

Nº	Término Municipal	Inundaciones	Sismotectónica	Movimientos de ladera	Dinámica Litoral	Expansividad de arcillas	Karst	Factor de incidencia socioeconómica
94	La Nucia	Bajo	Alto	Alto	-	Muy alto	Alto	2
95	Ondara	Muy alto	Alto	-	-	Bajo	-	4
96	Onil	-	Medio	Medio	-	Alto	Medio	1
97	Orba	Alto	Alto	Bajo	-	Medio	Alto	3
98	Orcheta	-	Alto	Alto	-	Alto	Alto	1
99	Orihuela	Muy alto	Muy alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo	4
100	Parcent	Muy alto	Alto	Alto	-	Medio	Bajo	4
101	Pedreguer	Medio	Alto	Muy alto	-	Bajo	Alto	3
102	Pego	Medio	Alto	Muy alto	-	Medio	Medio	3
103	Penáguila	-	Alto	Alto	-	Alto	Bajo	1
104	Petrel	Medio	Medio	Medio	-	Muy alto	Medio	3
105	Pinoso	Medio	Medio	Medio	-	Alto	Muy alto	3
106	Planes	-	Alto	Muy alto	-	Alto	Bajo	1
107	Polop	Bajo	Alto	Muy alto	-	-	Alto	2
109	Rafal	Alto	Muy alto	-	-	Bajo	-	3
110	Rafol de Almunia	Bajo	Alto	Bajo	-	Bajo	Medio	2
111	Redován	Medio	Muy alto	Alto	-	Bajo	Bajo	3
112	Relleu	-	Alto	Bajo	-	-	Bajo	1
113	Rojales	Muy alto	Muy alto	-	-	Bajo	-	4
114	La Romana	-	Alto	Bajo	-	Bajo	Bajo	1
115	Sagra	Bajo	Alto	Muy alto	-	-	Medio	2
116	Salinas	Medio	Medio	Bajo	-	Alto	Medio	2
118	San Fulgencio	Alto	Muy alto	-	-	Bajo	-	3

Nº	Término Municipal	Inundaciones	Sismotectónica	Movimientos de ladera	Dinámica Litoral	Expansividad de arcillas	Karst	Factor de incidencia socioeconómica
119	San Juan de Alicante	Alto	Alto	-	-	Bajo	-	3
120	San Miguel de Salinas	Bajo	Muy alto	-	-	Alto	Bajo	2
122	San Vicente del Raspeig	-	Alto	Bajo	-	Bajo	-	1
117	Sanet y Negrals	Alto	Alto	-	-	Bajo	Medio	3
121	Santa Pola	Medio	Muy alto	-	Alto	Bajo	Bajo	3
123	Sax	Medio	Medio	Bajo	-	Muy alto	Alto	3
124	Sella	-	Alto	Muy alto	-	-	Medio	1
125	Senija	-	Alto	Bajo	-	-	Medio	1
901	Setla-Mirarrosa-Miraflor	Alto	Alto	-	Alto	Bajo	-	3
127	Tárbena	-	Alto	Alto	-	Medio	Medio	1
128	Teulada	-	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	1
129	Tibi	-	Medio	Medio	-	Muy alto	Alto	1
130	Tollos	-	Alto	Medio	-	Medio	Medio	1
131	Tormos	Medio	Alto	Muy alto	-	-	Medio	3
132	Torremanzanas	-	Alto	Bajo	-	-	-	1
133	Torrevieja	Medio	Muy alto	-	Medio	Bajo	-	3
134	Vall de Alcalá	-	Alto	Alto	-	Medio	Medio	1
135	Vall de Ebo	-	Alto	Muy alto	-	Medio	Medio	1
136	Vall de Gallinera	-	Alto	Muy alto	-	Medio	Medio	1

Nº	Término Municipal	Inunda.	Sismotectónica	Movimientos del terreno	Litoral	Expansividad de arcillas	Karst	Factor de incidencia socio-económico
137	Vall de La Guart	–	Alto	Muy alto	–	Bajo	Bajo	1
138	Vergel	Medio	Alto	Muy alto	–	Medio	Medio	3
139	Villajoyosa	Medio	Alto	Alto	Medio	–	Bajo	3
140	Villena	Bajo	Medio	Bajo	–	Muy alto	Alto	2

Factor de incidencia socioeconómica

1. Baja
2. Media
3. Alta
4. Muy alta

8.4. RECOMENDACIONES

Con todos los datos anteriores, se ha creído conveniente hacer una serie de recomendaciones por cada riesgo considerado y por el grado que presenta cada uno de ellos. De esta forma, en cada término municipal se pueden saber las actuaciones que se deberían realizar prioritariamente para mitigar los posibles daños que se puedan producir.

Inundaciones

El problema de las inundaciones escapa, normalmente, del ámbito municipal, y se traslada a la escala de la cuenca hidrográfica. Es por esto que se pueden hacer una serie de recomendaciones que abarquen a la totalidad de la cuenca y que escapan generalmente de las competencias municipales. Las tareas de reforestación, la construcción de obras de protección e infraestructura, la ordenación de la cuenca y, en definitiva, la planificación territorial, han de hacerse teniendo en cuenta la problemática de la totalidad de la cuenca hidrográfica para que estas tareas sean efectivas y den los resultados esperados.

Una vez dicho esto, se pueden establecer una serie de actuaciones en aquellos términos municipales que muestren algún tipo de riesgo de inundación. En aquellos que éste sea bajo o medio, es conveniente mantener lo más intacta posible la capacidad de desagüe de los cursos fluviales. Para esto se considera imprescindible una adecuada limpieza de los cauces, el evitar actuaciones que limiten el libre flujo de las aguas y el estudio de la posible acción de represa de distintas obras antrópicas (puentes, carreteras, ferrocarriles, etc.). Además, debe mantenerse una cierta zona de servidumbre al río para que los desbordamientos periódicos causen los menores daños posibles.

Para los términos municipales sujetos a un riesgo alto o muy alto, a las recomendaciones anteriores se pueden añadir la necesidad de la elaboración de una cartografía detallada de las distintas zonas de riesgos en función de los períodos de retorno, el cálculo minucioso de caudales y alturas de la lámina de agua en los puntos conflictivos y para distintos períodos de retorno, y el estudio de obras puntuales de protección, de acuerdo con un plan general de la cuenca.

Sismicidad

Como ya se ha podido ver, en la mitad meridional de la provincia de Alicante, y muy especialmente en el triángulo de Torrevieja-Guardamar del Segura-Orihuela, así como en algunos sectores de la zona norte, sector de Alcoy, se han producido históricamente sismos

verdaderamente catastróficos. El hecho de que los períodos de secuencia superen al tiempo normal de vida de las personas hace que, con frecuencia, la sociedad pierda la memoria histórica y olvide las consecuencias de este tipo de acontecimientos.

Normas o recomendaciones para la construcción en zonas sísmicas existen desde finales del siglo XIX. Los estudios realizados sobre los sismos más importantes acaecidos en el presente siglo, en todo el mundo, han fundamentado la confección de la denominada Norma Sismorresistente, en la que se establece, para un área concreta, una zonificación del riesgo y unas recomendaciones de uso, obligado o no, según zonas y construcciones. Sin embargo, la experiencia indica que la Norma no es aplicada con carácter general y mucho menos en construcciones de mediana a pequeña importancia, entre otras cosas debido a la falta de formación del usuario.

Por tanto, hoy por hoy, en cuanto a prevención de catástrofes producidas por terremotos, no cabe hacer más recomendaciones que la aplicación literal de las Normas existentes. No obstante, ello exige actitudes complementarias por parte de la sociedad y de vigilancia por parte de las Administraciones:

- La mayor defensa antisísmica es un edificio bien construido, un fallo de proyecto o de obra provocará la destrucción del edificio.
- Las construcciones, en áreas de riesgo, no deben sufrir modificaciones internas sin tener en cuenta sus posibles consecuencias.
- Debe comunicarse a la población, a través de información adecuada, de las características de este fenómeno y de las medidas de prevención.
- Después de terremotos de intensidad media debe analizarse el estado de las construcciones. Pueden haber daños no detectados a simple vista en la estructura que sean los causantes de su destrucción en un nuevo terremoto.

Movimientos del Terreno

En los términos municipales con un riesgo de tipo muy alto, las obras de infraestructura construidas pueden presentar frecuentes problemas de inestabilidad, por lo cual se deben extremar las medidas preventivas. En los cultivos situados en estas zonas es aconsejable la implantación de zanjas de drenaje. La repoblación forestal es muy adecuada; en cambio los abancalamientos pueden agravar los problemas de inestabilidad. La edificación de viviendas aisladas o pequeñas urbanizaciones requiere de un estudio geotécnico-geomorfológico detallado de toda la ladera afectada. La obras viarias que deban pasar por estos municipios

serán consideradas potencialmente inestables, no sólo a nivel de las características internas del terreno, sino por la posible presencia de superficies de rotura fuera del entorno de la obra, pero que pueden afectar a la misma.

Los términos municipales con un grado alto son poco adecuados para la edificación sobre todo cuando se trata de bloques de varias plantas y requieren de excavaciones importantes. La construcción de obras de infraestructura que requieran taludes importantes no es aconsejable. La repoblación forestal es adecuada, sin embargo los abancalamientos incrementan el peligro.

Los términos municipales con un riesgo medio requieren estudios de detalle para grandes edificaciones que impliquen la realización de taludes importantes. En la construcción de obras de infraestructura con taludes importantes se deben vigilar las posibles inestabilidades previas. Si se cultivan las laderas, los bancales no deben ser de gran altura.

Por último, en los términos municipales con un grado bajo se deben vigilar los taludes excavados en laderas naturales por cualquier causa si tienen cierta envergadura. Además se deben tomar las precauciones en los puntos donde existen movimientos de ladera reconocidos.

Concluyendo, se puede decir que las recomendaciones se basan en los factores antrópicos que inciden en el desarrollo de movimientos de ladera entre los que cabe destacar:

- Excavaciones
- Saturación accidental del terreno
- Sobrecargas

Cualquier actividad que produzca alguna de estas acciones en las zonas de alta peligrosidad requerirá de un detallado estudio geotécnico-geomorfológico.

Además hay que tener en cuenta que si alteran las condiciones del relieve (pendiente) varía el grado de peligrosidad, por tanto hay que prestar atención incluso en las zonas de baja peligrosidad.

Dinámica litoral

El principal riesgo a que está sometida la costa alicantina es la erosión y retroceso de las playas. Este fenómeno viene provocado por la construcción de importantes obras de regulación en los cauces fluviales que detraen parte de la carga sólida que debía ser vertida de manera natural al mar. Esta erosión se ve favorecida por la acción del oleaje, de tal forma que es más importante en aquellas zonas de la costa que están desprotegidas al ataque de

los trenes de oleaje dominantes. Así mismo, debido a la dirección principal de transporte litoral, norte-sur, al sur de las desembocaduras de los ríos más importantes se ven agudizados los fenómenos de erosión.

A pequeña escala, adquieren cierta significación las obras portuarias construidas en el litoral ya que alteran considerablemente la dinámica erosivo-sedimentaria natural de la zona.

Es importante señalar que debido al elevado número de puntos de interés ecológico distribuidos a lo largo del litoral alicantino, hay que tener muy en cuenta las posibles actuaciones antrópicas que puedan desembocar en una alteración del medio. Estos puntos, (albuferas, salinas, dunas, arenales, etc.) son de una gran fragilidad por lo que han de ser tenidos muy en cuenta en las obras de planificación.

A gran escala son pocas las recomendaciones que se pueden hacer para intentar paliar los problemas que está sufriendo el litoral alicantino en la actualidad. En estudios de detalle, sí es conveniente realizar una adecuada planificación territorial que respete, en lo posible, el estado natural del medio, ya que cualquier acción, por pequeña que sea, tiende a la alteración del sistema. La urbanización descontrolada de las zonas costeras, la construcción de obras portuarias sin el estudio de sus posibles consecuencias, la desecación de albuferas y marjales con el fin de aumentar las zonas cultivables, el bombeo desmesurado de aguas subterráneas con el consiguiente peligro de intrusión marina, etc., son alguna de las formas más comunes de alteración del medio y que deberían ser correctamente controladas en previsión de una agudización de los problemas existentes en la actualidad.

Expansividad de arcillas

En los términos municipales con un riesgo alto o muy alto se considera imprescindible la realización de ensayos geotécnicos de laboratorio y, comprobada la existencia de arcillas expansivas, adoptar las oportunas medidas previsoras correspondientes para evitar daños en obras y construcciones, si éstas son ineludibles.

Con independencia de las soluciones estructurales que se dispongan, son recomendables las siguientes actuaciones:

- En obras constructivas, transferir la cimentación a un sustrato no expansivo bajo la capa activa (mediante pilotes o pozos).
- En carreteras, evitar desmontes profundos y prestar especial atención al paso de drenantes.
- En excavaciones, limitar en lo posible la desecación o humectación excesiva del terreno.

- En zonas urbanas, utilizar pavimentos de tipo asfáltico, dado su carácter flexible e impermeabilizante.
- Extremar, en general, las precauciones con la red de saneamiento, drenajes y todo lo que pueda hacer variar la humedad en torno a un edificio, por rotura o mal funcionamiento.
- Por último, determinados tipos de vegetación pueden acelerar los procesos de desecación del terreno. En líneas generales son más convenientes las especies perennes que las caducas. Es también conveniente la eliminación de setos en torno a edificios y su pavimentación.

En los términos municipales con riesgo medio o bajo, es igualmente necesaria la caracterización geotécnica de las arcillas mediante ensayos de laboratorio, dada la variabilidad puntual, en cuanto a la presencia de arcillas potencialmente expansivas en las zonas cartografiadas. En cualquier caso se debe prestar especial atención a las obras de infraestructura, carreteras y conducciones.

Karst

En aquellos términos municipales con un riesgo geomecánico asociado al karst de tipo medio o bajo, se hace necesario el control de las extracciones de agua para evitar una sobreexplotación que deje en vacío grandes cavidades y se desestabilicen las bóvedas de naturaleza kárstica, y la ejecución de ensayos geotécnicos y campañas de sondeos para evaluar el estado real de los macizos susceptibles de presentar colapsos.

En los que el riesgo sea de tipo alto o muy alto además de las recomendaciones anteriores, es conveniente la delimitación cartográfica detallada de los afloramientos o subafloramientos de materiales karstificables y el control de la existencia de fuertes e intensas vibraciones, como las originadas por el paso de ferrocarriles, voladuras. A escala de detalle, son muy útiles la exploración espeleológica, con el fin de poder tener una aproximación al grado de karstificación de los diferentes macizos; los métodos geofísicos de exploración, ya sean eléctricos o gravimétricos, para la localización de cavidades subterráneas someras, y la cartografía geomorfológica de detalle, haciendo hincapié en la tipología de dolinas, actividad actual, etc.