

1. INTRODUCCIÓN AL SUELO ALMERIENSE

Almería se encuentra ubicada en la zona interna de las Cordilleras Béticas o Zona Bética al sureste de la Península Ibérica. En materia de suelo, las características fundamentales de este terreno, además de las peculiaridades paleogeográficas de las distintas series, estriban en la existencia de un Trías con metamorfismo alpino y por estar el zócalo pretriásico plenamente involucrado en la tectónica de mantos de corrimiento.

Además de los materiales de la zona Bética, están muy bien representados los correspondientes a las Depresiones Interiores (Sorbas, Vera, Pulpí y otras de menores dimensiones). Estos sedimentos de edad Neógena coexisten con un grupo de rocas volcánicas de esta misma edad, que se desarrollan fundamentalmente en el área costera entre el Cabo de Gata, donde alcanza la mayor expresión, y Carboneras.

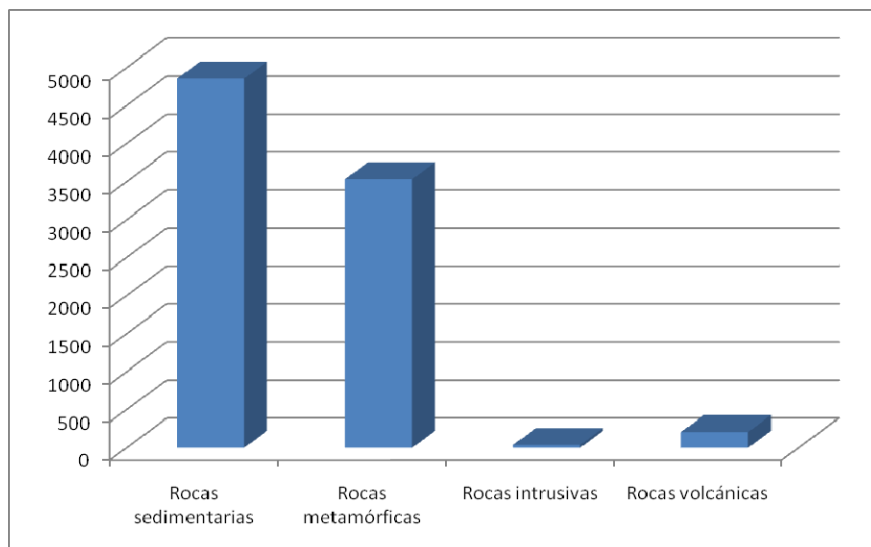


Figura 1. Litología del suelo almeriense. Elaboración propia a partir de datos del SIMA.

2. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLES

A continuación se ofrece el marco legislativo y normativo que rige en la provincia de Almería en cuanto a la gestión de residuos, tanto en los ámbitos internacionales, como en el nacional y autonómico.

Internacional y Europea:

- Directiva 97/11/CEE del Consejo, de 3 de marzo, por la que se modifica la Directiva 85/337/CEE relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el Medio Ambiente.
- Directiva 86/278/CEE, de 12 de junio. Protección del Medio Ambiente y en particular de los suelos en la utilización de los lodos de depuradoras en agricultura.

Nacional

- LEY 8/2007, de 28 de mayo, de suelo
- REAL DECRETO LEGISLATIVO 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley de suelo.
- DECRETO 36/2008, de 5 de febrero, por el que se designan las zonas vulnerables y se establecen medidas contra la contaminación por nitratos. de origen agrario.
- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados
- Resolución de 1 de marzo de 2000, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se dispone la publicación del Convenio marco entre el Ministerio de Medio Ambiente y la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de Andalucía sobre actuaciones derivadas del Plan Nacional de Recuperación de Suelos Contaminados 1995-2005, por el que se definen los compromisos de gasto para 1999.
- Orden de 5 de agosto de 1998, por la que se ordena la iniciación del procedimiento para la elaboración de un Plan de Conservación y Defensa del Suelo Agrícola de la zona que se cita y se adoptan medidas provisionales en relación con las labores agrícolas y ganaderas.
- Orden de 18 de junio de 1998, por la que se establece el procedimiento para la adquisición de tierras prevista en el Decreto 116/1998, de 9 de junio.
- Orden de 10 de agosto de 1998, por la que se concede un nuevo plazo para la presentación de ofertas de venta para la adquisición de tierras prevista en el Decreto 116/1998.
- Orden de 17 de noviembre de 1998, por la que se delegan competencias en materia de adquisición de fincas.
- Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias.
- Real Decreto 2802/1983, de 25 de agosto, por el que se traspan funciones y servicios del Estado a la Comunidad Autónoma de Andalucía en materia de estudios de ordenación del territorio y medio ambiente.
- Decreto 155/1998, de 21 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Vías Pecuarias de la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Real Decreto 4/2001, de 12 de enero. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Establece un régimen de ayudas a la utilización de métodos de producción agraria compatibles con el Medio Ambiente.
- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio. Se modifica el reglamento para la ejecución de la ley 20/86 de 14 de mayo, básica de residuos tóxicos y peligrosos,

aprobado mediante el Real Decreto 833/1988, de 20 de julio.

- Real Decreto 1310/1990, del 29 octubre. Utilización de los lodos de las depuradoras en agricultura.
- Real Decreto 1302/1986, de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Acuerdo de 27 de marzo de 2001, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Plan para la Recuperación y Ordenación de la Red de Vías Pecuarias de la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Resolución de 1 de marzo de 2000, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se dispone la publicación del Convenio Marco entre el Ministerio de Medio Ambiente y la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de Andalucía sobre actuaciones derivadas del Plan Nacional de Recuperación de Suelos Contaminados 1995-2005, por el que se definen los compromisos de gasto para 1999.
- Resolución de 28 abril 1995. Plan Nacional de recuperación de suelos contaminados (1995-2005), aprobado por el Consejo de Ministros el 17 de febrero de 1995.
- Decreto 208/1997, de 9 de septiembre, por el que se aprueba el reglamento Forestal de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. BOJA 117/1997 7/10/97
- Orden de 2 de junio de 1997, por la que se regula la recolección de ciertas especies vegetales en los terrenos forestales propiedad privada en la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Consejería de Medio Ambiente. BOJA 71/1997 21/07/97 Ley 2/1992, de 15 de junio, Forestal de Andalucía. Parlamento de Andalucía. BOJA 57/1992 23/06/92. BOE 163/92 8/07/92
- Aplicación provisional mediante Canje de Notas complementario de 3 de julio y 6 de septiembre de 1995 de Acuerdo entre el Reino de España y el Estado de Israel sobre Cooperación en el campo de la Desertificación, firmado "ad referéndum" en Jerusalén el 9 de noviembre de 1993, y modificado por Canje de Notas el 28 de diciembre de 1993 y 28 de enero de 1994, por el que se suprime el párrafo segundo de su artículo XIII. Ministerio de Asuntos Exteriores. BOE 244/1995 12/10/95
- Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación, en Particular en África, hecha en París el 17 de junio de 1994. Jefatura de Estado. BOE 36/1997 11/02/97

Autonómica

- Ley 7/1994, de 18 mayo, de Protección Ambiental. Normas reguladoras.
- Decretos
- Decreto 153/1996, de 30 abril. Reglamento de Informe Ambiental.
- Decreto 292/1995, de 12 diciembre, aprueba el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Orden de 9 de agosto 2002. Agricultura y Protección del Medio Ambiente. Establece normas de aplicación del régimen de ayudas a la utilización de métodos de producción agraria compatibles con el Medio Ambiente.
- Orden de 5 de agosto de 1998, por la que se ordena la iniciación del procedimiento para la elaboración de un Plan de Conservación y Defensa del Suelo Agrícola

- Orden de 5 de agosto 1998, desarrolla el Decreto 16 junio, de ayudas para forestación de superficies agrarias

3. SUELO DE LA PROVINCIA DE ALMERÍA

3.1. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

3.1.1. GEOLOGÍA

3.1.1.1. EDAFOLOGÍA

En la provincia de Almería existe una gran variedad de suelos. En esta memoria analizaremos a estos suelos a nivel de unidades taxonómicas existentes.

a) Leptosoles.

Son suelos limitados en profundidad por un contacto lítico dentro de los primeros 25 cm, o con menos del 10% de tierra fina hasta una profundidad de 75 cm. Por tanto, se trata de suelos asociados a las zonas más erosionadas, por lo que, en una provincia tan erosionada como la de Almería, suelen ser los suelos más abundantes y se reparten por toda su superficie. Se desarrollan sobre todos los tipos de materiales, a excepción de los blandos con texturas finas (margas, arcillas, etc.), y en pendientes muy abruptas (>25%). La vegetación suele ser un pastizal-matorral de escasa cobertura (15-20%).



En ellos se pueden diferenciar los *Leptosoles líticos*, cuando la roca continua y dura está dentro de los primeros 10 cm; cuando la roca se presenta entre 10 y 25 cm, se clasificarían como *Leptosoles éútricos*, si no presentan carbonatos y el grado de saturación es superior al 50%, como *Leptosoles calcáricos* si están carbonatados, como *Leptosoles réndzicos* si se desarrollan sobre materiales altamente carbonatados y presentan en superficie un horizonte de 10 cm o más que cumpla las características del móllico, como *Leptosoles úmbricos* si no están carbonatados y el horizonte superficial (>10 cm) cumple las características del úmbrico, como *Leptosoles dístricos* si sólo tienen un epipedón ócrico con un grado de saturación menor del 50%, y *Leptosoles éútricos* si sólo tienen un ácrico con un grado de saturación menor del 50%.

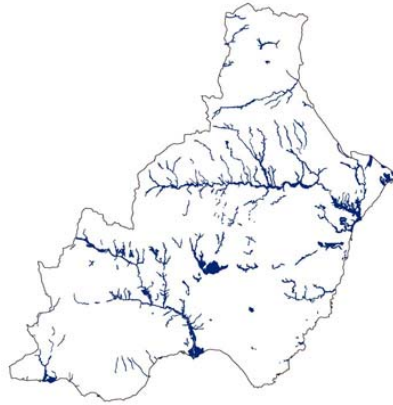
b) Vertisoles

Se caracterizan por presentar un elevado contenido en arcilla (mayor del 30%) capaz de variar considerablemente su espaciado basal con la humedad (esmeclitas), lo que origina importantes cambios de volumen y la aparición, cuando se secan, de anchas grietas que penetran profundamente en el suelo. Están muy escasamente representados en la provincia, siendo los *Vertisoles cálcicos* los únicos descritos.

Se localizan al norte y al este del Río de las Aguas y están dedicados fundamentalmente al cultivo de cereales. Se forman sobre arcillas y limos cuaternarios y margas miocénicas. La textura es arcillo-limosa y la estructura en bloques angulares con superficies de presión muy bien desarrolladas. En profundidad presentan acumulación de CaCO_3 .

c) Fluvisoles

Agrupar a todos los suelos formados sobre sedimentos aluviales (fluviales, marinos y lacustres) y que reciben material fresco a intervalos regulares, o lo han recibido en un pasado reciente. El material suele estar estratificado y el contenido en materia orgánica varía irregularmente con la profundidad, al igual que el porcentaje de los diferentes tamaños de partícula, incluida la grava. Suelen ser profundos y muestran un epipedón ócrico como único horizonte de diagnóstico. Dentro de ellos se pueden diferenciar los *Fluvisoles calcáricos*, que presentan CaCO_3 entre 25 y 50 cm de profundidad, y los *Fluvisoles eútricos*, sin carbonatos pero con una saturación del complejo de cambio superior al 50% con el calcio es el catión dominante.



d) Solonchaks

Se trata de suelos con elevada salinidad (conductividad del extracto de saturación a 25 °C >4 dS/m) que, por lo general, aumenta en profundidad, aunque es frecuente que la evaporación tienda a concentrar las sales en superficie, formando incluso costras salobres. Dado que es frecuente encontrarlos en zonas endorreicas próximas al mar, pueden presentar o no una capa freática dentro de los primeros 100 centímetros. Cuando se presentan características hidromórficas el suelo se clasifica como *Solonchak gléyico*, con salinidad muy elevada ($\text{CE}_{\text{es}} >90$ dS/m), costras salinas en superficie y manchas ocre de óxido-reducción sobre una matriz gris a partir de los primeros 50 cm. Aparecen representados en los alrededores de las Salinas de Acosta hasta la laguna próxima al Cortijo de Pujaire, y también en pequeñas zonas a lo largo de la costa (desde Aguadulce a Guardias Viejas). La vegetación está caracterizada por *Arthrocnemum futicosum* y otras especies halófilas (géneros *Suaeda*, *Salsola*, *Atriplex*, *Frankenia*, *Limonium*, etc.). Dado que se desarrollan en un clima fundamentalmente árido, cuando no existe hidromorfía el suelo tendería a clasificarse como *Solonchak árido*, excepto en aquellos casos en que el sodio de cambio supera el 15% o el Na + Mg superan el 50% dentro de los primeros 50 cm (*Solonchak sódico*). Cuando no se dan propiedades áridas ni hidromorfía, el suelo se clasificaría como *Solonchak háplico*.



e) **Gleysoles**

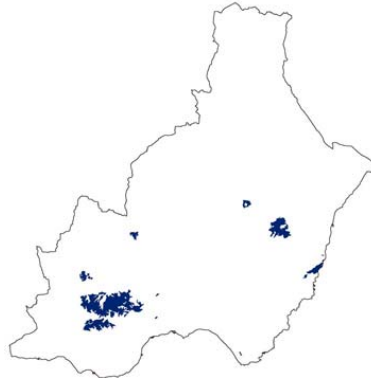
Estos suelos se caracterizan por la presencia de propiedades hidromórficas dentro de los primeros 50 cm. Se localizan en el piso oromediterráneo, donde el deshielo asegura surgencias de agua casi permanentes, que a su vez tienden a encharcar las depresiones endorreicas que salpican las partes altas de las áreas montañosas. Presentan un epipedón ócrico en superficie y condiciones reductoras que se ponen de manifiesto por los colores grises con manchas amarillo-rojizas del suelo. Son ácidos ($\text{pH} \approx 5$) y desaturados ($V \approx 30\%$), por lo que se clasifican como *Gleysoles dísticos*. La abundancia de agua en estos suelos hace que se colonicen por densos prados que, en las zonas de pendiente, fijan el suelo e impiden su erosión (borreguiles).

f) **Kastanozems**

Se trata de una unidad con escasa representación en la provincia, quedando ligada a coluvios calizos localizados en zonas de umbría con una cubierta vegetal relativamente densa. En superficie desarrollan un epipedón móllico con un croma en húmedo mayor de 2, el cual se sitúa por encima de un horizonte cálcico y, en ocasiones, entre ambos aparece un horizonte árgico. Estas características hacen que estos suelos se diferencien en *Kastanozems cálcicos*, cuando únicamente presentan un móllico sobre un cálcico, y *Kastanozems lúvicos* cuando entre los horizontes anteriores aparece un árgico.

g) **Phaeozems**

Ocupan los pisos meso y supramediterráneo y se caracterizan por la presencia de un epipedón móllico sin horizonte cálcico. Dada la fuerte deforestación y erosión que ha afectado a la provincia de Almería, estos suelos se presentan repartidos en pequeñas manchas en las que se conservan chaparrales mas o menos abiertos y también espartales con denso y profundo enraizamiento.



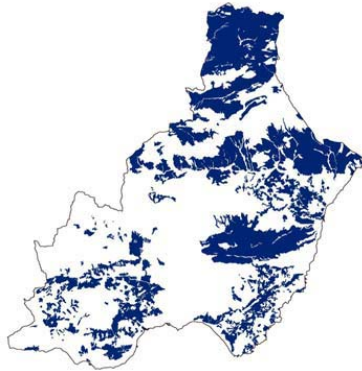
Dentro de ellos caben destacar los *Phaeozems lépticos*, asociados a las zonas más altas (siempre por debajo de los 2000 metros) y erosionadas en las que la roca se presenta en los primeros 25-50 cm. Suelen ser pedregosos, con un grado de saturación mayor del 80% y $\text{pH} > 6$. Los *Phaeozems lúvicos* se desarrollan sobre calizas, anfibolitas, etc., y por debajo del móllico presentan un horizonte lúvico. La textura suele ser franca en superficie y franco-arcillo-limosa en el Bt, indicando procesos de erosión laminar en superficie. Cuando el suelo se desarrolla sobre calizas y calcoesquistos, el perfil se presenta enteramente carbonatado y se clasificaría como *Phaeozem calcárico*.

h) Gipsisoles

Su principal característica es la presencia de un horizonte *yésico* (gípsico), por lo que se desarrollan sobre margas con yesos y se asocian al *karst* de yesos de Sorbas y a otros enclaves más secos. En ocasiones, junto al gípsico se suele presentar también un cámbico o un cálcico. En su vegetación destaca la presencia de gipsofitas: *Oninos tridentata*, *Gipsofila struthium*, etc. Dentro de ellos destacan los *Gipsisoles arídicos*, caracterizados por el clima extremadamente seco (desierto de Tabernas), color claro, bajo contenido en materia orgánica (< 1%), textura gruesa y estructura laminar en superficie donde se llegan a desarrollar pequeñas costras. En los ambientes semiáridos se suelen formar *Gipsisoles hipergípsicos* en los que el contenido en yeso supera el 60%, y a veces presentan indicios de salinidad ($\text{CE}_{\text{es}} > 3$ dS/m). También se ha detectado la presencia de *Gipsisoles cálcicos*, en los que el horizonte gípsico se asocia a un cálcico.

i) Calcisoles

Es una de las unidades taxonómicas más abundantes en la provincia de Almería debido a su clima árido o semiárido, siendo su carácter fundamental la presencia de un horizonte cálcico o petro-cálcico y la ausencia de un árgico bien conservado. En las condiciones climáticas actuales es difícil pensar que exista el lavado suficiente como para formar el horizonte cálcico, por lo que suelen ser suelos muy antiguos. Los fuertes procesos de deshidratación actuales sí que pueden haber contribuido a la cristalización del carbonato y cementación del horizonte hasta el desarrollo de un petro-cálcico.

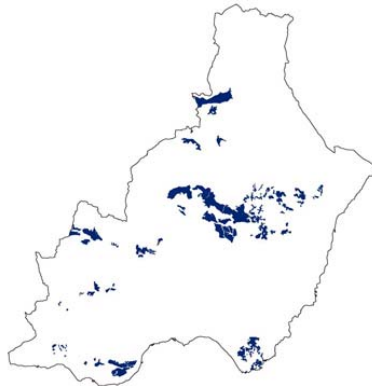


El carácter relicto de estos suelos se pone claramente de manifiesto cuando se conservan restos de un horizonte árgico mezclados con el cálcico. En general han sufrido intensos procesos de erosión, por lo que en ocasiones el cálcico o petrocálcico se presenta en superficie. En muchos casos, estos horizontes no se han formado exclusivamente por lavado vertical, sino que parte de los carbonatos proceden del lavado lateral de los relieves circundantes. En función de todas estas características, los tipos más comunes son: *Calcisoles endopétricos*, en los que el horizonte cálcico está por debajo de los primeros 50 cm con estructura generalmente laminar, de colores blanco-rosáceos y cementado. Por encima pueden presentar o no un cámbico que suele estar carbonatado. La textura más común es franca, el pH básico, la capacidad de cambio baja, saturados en calcio y con baja capacidad de retención de agua. Cuando la erosión ha sido más intensa y el horizonte cálcico se sitúa en los primeros 50 cm, el suelo se clasifica como *Calcisol epipétrico*. Ambos tipos de suelos presentan propiedades agronómicas deficientes y, si bien han estado cultivados, en la actualidad están siendo abandonados por su escasa productividad. *Calcisoles lúvicos*, asociados a glaciares y a los materiales volcánicos del Cabo de Gata. La presencia en ellos de restos de un horizonte lúvico indica menores procesos de erosión que en los tipos anteriores, al tiempo que revela su carácter relicto. *Calcisoles arídicos* que están ligados a las áreas más secas de la provincia y presentan una secuencia de horizontes ócrico-cálcico. Suelen ser poco pedregosos, de textura franca, pobres en materia orgánica y nutrientes, pH en torno a 8, y a veces tienen una conductividad relativamente elevada (alrededor de 4 dS/m), por lo que se pueden ver asociados a *Solonchaks*. *Calcisoles háplicos* que pueden presentar morfologías muy variadas en las que es frecuente la presencia de un horizonte cámbico. Se desarrollan en clima semiárido y sobre materiales muy variados. Suelen ser profundos y con textura que varía de gruesa en areniscas y dolomías, a fina en margas miocénicas.

j) Luvisoles

Su carácter fundamental es el de presentar un horizonte árgico, de color rojo y recubrimientos iluviales de arcilla en los poros. Se suelen asociar a las superficies antiguas de tipo glaciar, siendo muy frecuente el desarrollo de un horizonte cálcico o petrocálcico por debajo del árgico. En general están erosionados y es el horizonte Bt el que se presenta en superficie, aunque emparedado por la incorporación de materia orgánica. En ocasiones, la erosión ha eliminado casi completamente el horizonte árgico del que sólo

quedan restos mezclados con el calcio o incluso ha desaparecido totalmente, pasando el suelo a clasificarse como *Calcisol*. Cuando la secuencia de horizontes es ócrico-árgico-cálcico, el suelo se encuadra en la categoría de *Luvisoles cálcicos* en los que, por lo general, los horizontes superficiales están descarbonatados, aunque suelen presentarse ligeras recarbonataciones superficiales. Cuando la secuencia de horizontes es solamente ócrico-árgico, el suelo se clasifica como *Luvisol crómico*, ya que el color del horizonte Bt es más rojo que 7,5YR. Los relieves sobre los que se forman ambos tipos de *Luvisoles* son relativamente suaves, por lo que suelen estar cultivados de almendros, vides y olivos. Suelen ser pedregosos, muy pobres en materia orgánica (sobre todo el horizonte Bt), de pH neutro o ligeramente alcalino, con el complejo de cambio saturado en calcio y capacidad de retención de agua relativamente elevada.



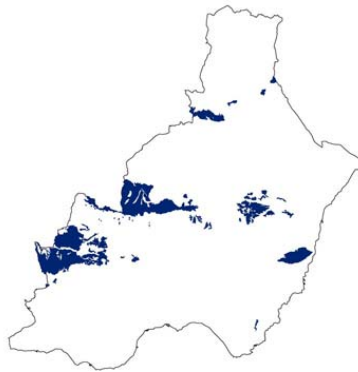
k) Umbrisoles

Se caracterizan por la presencia de un epipedón úmbrico, lo que los relega a las zonas más húmedas y lavadas por encima de los 2000 m de altitud. En general son poco potentes y el contacto lítico se suele presentar dentro de los primeros 50 cm, por lo que el tipo dominante es el *Umbrisol léptico*. Son pedregosos, con secuencia de horizontes ACR que, en ocasiones, pasa a ABwCR. Si bien están desaturados, el calcio sigue siendo el catión de cambio dominante. Suelen asociarse a *Regosoles dístricos* y *Leptosoles úmbricos*.

l) Cambisoles

Se caracterizan por presentar un horizonte cámbico que se diferencia del horizonte subyacente por estar más o menos descarbonatado, presentar un cromax más elevado, textura más fina (mayor contenido en arcilla) o un mayor desarrollo de estructura. Dentro de ellos, los tipos más representativos son: *Cambisoles vérticos*, localizados en el valle del Almanzora sobre margas y margocalizas ricas en arcillas esmectíticas, pero en los que las propiedades vérticas (grietas) no se extienden a todo el *solum*. Son suelos plásticos, adherentes y muy duros cuando están secos, lo que condiciona su uso agrícola. Es frecuente que en profundidad se presente una cierta salinidad, aunque sin sobrepasar los 4 dS/m de conductividad. Cartográficamente se suelen alternar con *Regosoles calcáricos*. *Cambisoles gléicos*, asociados a una cuenca endorreica al NO de la Sierra de Gádor que se ha rellenado de los materiales finos erosionados de los relieves circundantes. Han estado cultivados, pero en la actualidad están casi todos abandonados y siendo colonizados por un pastizal con algunas especies de juncos. La hidromorfía se presenta por debajo de los primeros 50 cm y se pone de relieve por la presencia de manchas rojizas y grises, junto a nódulos de hierro y, sobre todo, de manganeso. El perfil está carbonatado y el pH oscila entre 7 y 8. *Cambisoles calcáricos* que se desarrollan principalmente sobre coluvios calizo-dolomíticos, margas y conglomerados. Cuando se desarrollan en laderas de cierta pendiente, se asocian a *Regosoles* y *Leptosoles calcáricos*, mientras que en menores pendientes se suelen asociar a *Calcisoles* e incluso *Gipsisoles* y *Solonchaks*. Están repartidos por casi toda la provincia y se suelen dedicar al cultivo de

almendros, viñas y olivos, mientras que las áreas sin cultivar suelen estar repobladas o cubiertas de un matorral heliófilo. En general son suelos profundos, de textura franca, bien drenados, con capacidad de cambio en torno a $15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, complejo de cambio saturado en calcio y pH en torno a 8. *Cambisoles crómicos* que presentan un hue más rojo que 7,5YR y se suelen desarrollar sobre calizas, mármoles y peridotitas. El horizonte Bw suele presentar textura franca y estructura en fuertes bloques, generalmente angulares. Los contenidos en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio son relativamente bajos, mientras que el calcio es el catión dominante, aunque el magnesio es muy elevado en las peridotitas, y el pH está en torno a 7,5. *Cambisoles dístricos* que se desarrollan sobre los materiales metamórficos del Complejo Nevado-Filábride, por encima de los 2000 m. Son pedregosos y se asocian a los *Cambisoles lépticos* en los que el contacto lítico se presenta en los 25-100 cm superficiales. Presentan una textura gruesa (generalmente franco arenosa) y la estructura en bloques subangulares está poco desarrollada. Son ácidos ($\text{pH} < 6$) y la vegetación está constituida por los típicos piornales. *Cambisoles eútricos* que, al igual que en la tipología anterior, se desarrollan fundamentalmente sobre los materiales del Complejo Nevado-Filábride, pero a cotas inferiores a los 2000 metros.



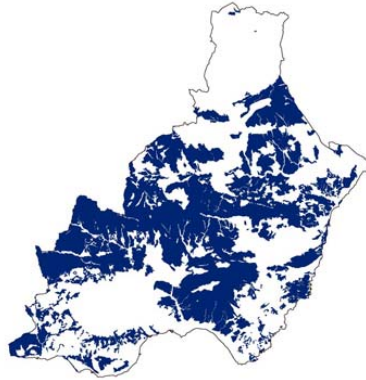
Son también pedregosos, aunque la textura es algo más rica en arcilla que los dístricos. El pH está comprendido entre 6,0 y 7,5, el calcio es el catión dominante y la vegetación está constituida por encinar-adenocarpal-piornal. En muchos casos estos suelos están aterrizados y repoblados de pinos, lo que ha destruido el suelo original y lo ha transformado en un *Regosol eútrico*.

m) Arenosoles

Son suelos de textura arenoso franca o más gruesa, profundos en la mayoría de los casos (más de 100 cm) y con estructura poco o nada desarrollada (grano suelto). Se suelen asociar a dunas y el contenido en CaCO_3 es inferior al 10%. Su capacidad de cambio es muy baja y están saturados en calcio, aunque con contenidos relativamente elevados en magnesio y sodio. El pH suele oscilar entre 8,0 y 8,5. Dentro de ellos, y en función del color, se pueden diferenciar los *Arenosoles arídicos* y los *álbicos*; estos últimos son blancos, con valor de 7 o más y croma menor de 3. En ocasiones, por debajo del material arenoso se presentan materiales más finos y ricos en sales, con conductividad en torno a 4 dS/m. En otros casos el depósito arenoso se sitúa sobre un contacto lítico.

n) Regosoles

Son suelos formados a partir de materiales no consolidados que únicamente presentan un epipedón ócrico. Se presentan en casi todos los materiales, ácidos y básicos, que se pueden encontrar en la provincia de Almería.



Dentro de ellos existe gran variedad en función del tipo de roca, del relieve y de la actuación antrópica. Así, los *Regosoles líticos* se presentan en pendientes relativamente fuertes, lo que condiciona una erosión relativamente intensa y escaso desarrollo del suelo. Presentan un contacto lítico dentro de los primeros 50 cm, pedregosidad elevada y de bajo a medio contenido en materia orgánica, aunque suele aumentar con la altitud. En rocas carbonatadas y con fuertes pendientes se suelen asociar a *Regosoles calcáricos* y *Leptosoles calcáricos, móllicos o réndzicos*, en función del tipo de epipedón, mientras que en zonas de menor pendiente se asocian a *Calcisoles* y *Cambisoles calcáricos*. En materiales ácidos por encima de los 2000 m se suelen asociar a *Leptosoles*, *Regosoles dístricos* e incluso *Umbrisoles*. Los *Regosoles antrópicos* se asocian a vertederos de basuras (*R. antrópico-reductivos*), a residuos de minas que son relativamente abundantes en Almería (*R. antrópico-espólicos*), a arados profundos (*R. antrópico-áricos*), y a residuos de las numerosas urbanizaciones que se están realizando en la provincia (*R. antrópico-úrbicos*). Los *Regosoles gipsíricos* desarrollados sobre margas con yesos son suelos potentes, calcáricos, de pH básico y conductividad eléctrica del extracto de saturación en torno a 2,5 dS/m. Se suelen asociar a *Regosoles calcáricos* y a otros suelos con horizonte cálcico (*Calcisoles arídicos*). Los *Regosoles calcáricos* son uno de los tipos de suelos más extendidos en la provincia y se asocian a materiales calcáreos no consolidados (margas, margocalizas, derrubios, etc.) en superficies que han sufrido intensos procesos de erosión. El contenido en materia orgánica es relativamente bajo, pero la capacidad de cambio puede ser elevada debido a la fina textura de muchos de ellos, y el complejo de cambio está saturado en calcio. El pH se sitúa entre 7,0 y 8,5. Se suelen asociar a *Calcisoles*, *Cambisoles* e incluso *Gipsisoles*. Suelen estar cultivados, bien de olivos en las áreas de textura más fina, o de almendros en las zonas de textura más gruesa y elevada pedregosidad. También son frecuentes áreas de matorral que, al aumentar la altitud, se sustituyen por encinares aclarados y repoblaciones. Los *Regosoles dístricos* se desarrollan sobre materiales ácidos en cotas superiores a 2000 m, son muy pedregosos y suelen asociarse a *Regosoles lépticos* y *Leptosoles dístricos* en las áreas más erosionadas. Suelen estar repoblados de pinos y la vegetación natural es un piornal típico de la alta montaña del sureste peninsular. Por último, los *Regosoles eútricos* se suelen asociar igualmente a materiales ácidos, pero a cotas inferiores a 2000 metros. También se pueden encontrar en los sectores erosionados de rocas volcánicas y ultrabásicas. Suelen ser pedregosos y con muy escasa diferenciación del perfil.

3.1.1.2. Estratigrafía

Los materiales que afloran en Almería corresponden a una de las tres grandes unidades que Fallot distingue en las Cordilleras Béticas, existiendo además extensos afloramientos de materiales postorogénicos, en diversas cuencas neógenas y cuaternarias, así como grandes masas de rocas volcánicas que encajan en los materiales neógenos y, en algún caso, en otros más antiguos.

Los materiales béticos corresponden a tres Unidades o Complejos de la misma: Complejo Nevado-Filábride, Complejo Alpujárride y Complejo Maláguide. Los dos primeros se encuentran mejor representados que el Maláguide, del que sólo aparecen pequeños retazos. Los materiales

pertenecientes a los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride tienen edades paleozoica y triásica y están afectados en mayor o menor grado por el metamorfismo regional alpino.

Los materiales maláguides van desde el Devónico al Eoceno inferior y no han sido afectados por el citado metamorfismo. Los materiales neógenos y cuaternarios, ampliamente extendidos, son todos ellos posteriores a las principales etapas tectónicas compresivas. Por último, la emisión de los materiales volcánicos parece venir condicionada por el sistema de fracturación NE-SW que atraviesa la zona. Su litología resulta ser fundamentalmente andesítico-dacítica y se encuentran emplazados en general entre el Budigaliense y el Tortoniense.

- **Unidades Béticas**

El litoral almeriense se encuentra dentro de la unidad estructural conocida como zona Bética *sensu stricto*, que es la que forma las cadenas montañosas del sur de la Península Ibérica y que junto con las rocas volcánicas forma el sustrato de las cuencas terciarias, tanto en tierra como en el mar. La Cadena Bética, que, como se sabe, va desde Cádiz a las islas Baleares, está constituida por tres grandes franjas o bandas más o menos irregulares que forman tres unidades estructurales de dirección E-O a OSO-ENE aproximadamente. Estos tres dominios se conocen como Zonas Bética, Subbética y Prebética. Las dos últimas constituyen la parte externa de la cadena y la primera corresponde a la zona interna.

Según lo indicado anteriormente, la zona presenta una estructura muy compleja con basamento alóctono aflorante, sobre el que se superponen una serie de grandes mantos de corrimiento con traslaciones muy considerables.

El Dominio Bético Interno o «Zona Bética» se compone de tres grandes unidades superpuestas, claramente diferenciadas, y que de abajo a arriba son las siguientes:

- Complejo Nevado-Filábride.
- Complejo Alpujárride.
- Complejo Maláguide.

- *Nevado-Filábride*

Se trata del dominio en posición estructural más inferior de la Zona Bética y constituye los núcleos montañosos de las Sierras Nevada y de los Filabres. Este dominio aparece representado al oeste de Polopos y en la Sierra de Bédar y en otro asomo más pequeño al este de Pulpí. Está constituido por un potente conjunto de formaciones caracterizadas por la presencia de un metamorfismo de alto grado.

Esta unidad se orienta de Oeste a Este prolongándose así sobre la plataforma continental, en la cual queda tapada al parecer por el potente espesor de sedimentos neógeno-cuaternarios.

- *Alpujárride*

Se encuentra cabalgante sobre el Nevado-Filábride y ocupa una posición estructural intermedia dentro de la Zona Bética. Se trata, en conjunto, de una serie de unidades tectónicas alóctonas estratigráficamente superiores al Complejo Nevado-Filábride. El número de estas unidades varía según la zona considerada, incluso en algunos puntos aparecen unidades con características singulares que algunos autores, consideran un complejo diferente. Este dominio aparece representado por un afloramiento de dirección aproximadamente E-O siguiendo la línea entre Vado y Polopos. También aparece un retazo al oeste de Carboneras y en algunos puntos de la Serrata de Níjar.

Está ampliamente representado al suroeste de Mojácar y en las Sierras de Almagrera, de Castillerico, de los Pinos y del Aguilón. El Complejo Alpujárride cuando aparece completo presenta las siguientes unidades:

- Formación inferior de micaesquistos y cuarcitas que consiste en un conjunto mesometamórfico, bastante homogéneo, de micaesquistos, a veces grafitosos, que alternan con capas y bancos de cuarcitas, cuya potencia es de unos 2.500 m. La edad de esta formación parece corresponder al Paleozoico inferior.

- Formación superior de micaesquistos y cuarcitas discordante sobre la anterior, que consiste igualmente en un monótono y potente conjunto de micaesquistos y cuarcitas (o areniscas cuarcíticas). Se atribuye esta formación al Paleozoico superior infrapérmico.

- Formación de filitas y cuarcitas que yace en aparente discordancia sobre la anteriormente descrita y consiste esencialmente en un conjunto de filitas y cuarcitas alternantes, presentándose también intercalaciones de calizas, generalmente detríticas, calcoesquistos, yesos y arcillas de intensa coloración, rojizas y verdosas. Su potencia es muy variable, alcanzando varios centenares de metros en algunos puntos y encontrándose laminada en otros. El contacto de esta formación con la anterior es más bien gradual y la discordancia es un tanto convencional. Se atribuye esta formación al Permo-Werfeniense.

- Formación de calizas y dolomías que aparece constituida por calizas, calizas dolomíticas y dolomías, generalmente masivas y a veces con estratificación en bancos gruesos, que han experimentado un cierto grado de recristalización como consecuencia del metamorfismo alpídico. Existen, por otra parte, manifestaciones volcánicas. El tránsito de la formación anterior a ésta tiene lugar a través de niveles de calcoesquistos, por lo que están generalizados los fenómenos de despegue. La edad es Trías medio superior, sin que exista hasta ahora evidencia de que pudiera extenderse al Jurásico.

- *Maláguide*

Tiene una marcada significación geológica debido fundamentalmente a la amplitud de su estratigrafía y al hecho de no encontrarse afectado por fenómenos metamórficos al contrario que los dos anteriores. Aparece representado en pequeños afloramientos en la Sierra del Cabo de Gata y pueden encontrarse estos materiales en los alrededores de Palomares.

Este Complejo constituye el conjunto de formaciones más elevadas desde el punto de vista estratigráfico de las unidades béticas y es también de carácter alóctono.

El término inferior presenta *facies flysch* y está compuesto por areniscas y grauwacas con intercalaciones calizas a veces algo arenosas o limolíticas y pizarras (Devónico-Carbonífero). Sobre estos materiales se sitúa discordante una secuencia de formaciones de naturaleza fundamentalmente detrítica, de un color rojo característico. Está constituida por areniscas, limolitas, pizarras silíceas y conglomerados poligénicos normalmente en la base (Permotriásico).

El término superior es de naturaleza en su mayor parte calcárea, con edades que varían desde el Jurásico al Eoceno.

- **Unidad volcánica**

Las manifestaciones volcánicas están constituidas por dos complejos fundamentales: el volcanismo de la Sierra de Cabo de Gata y el de las inmediaciones de Vera, que constituye el conjunto volcánico más complejo de los existentes en la península, tanto por la diversidad de los tipos litológicos como por las duraciones en el tiempo de los procesos volcánicos.

En el volcanismo calcoalcalino desarrollado especialmente en el sector de Cabo de Gata se distinguen (Fuster y otros, 1965), cuatro ciclos (de abajo a arriba): aglomerados viejos o andesitas piroxénico-anfibólicas, andesitas anfibólicas, andesitas piroxénicas y dacitas. Los ciclos comienzan con fases más o menos explosivas de ignimbritas, tobas y aglomerados y finalizan menos violentamente con intrusiones subvolcánicas, a menudo en forma de domos.

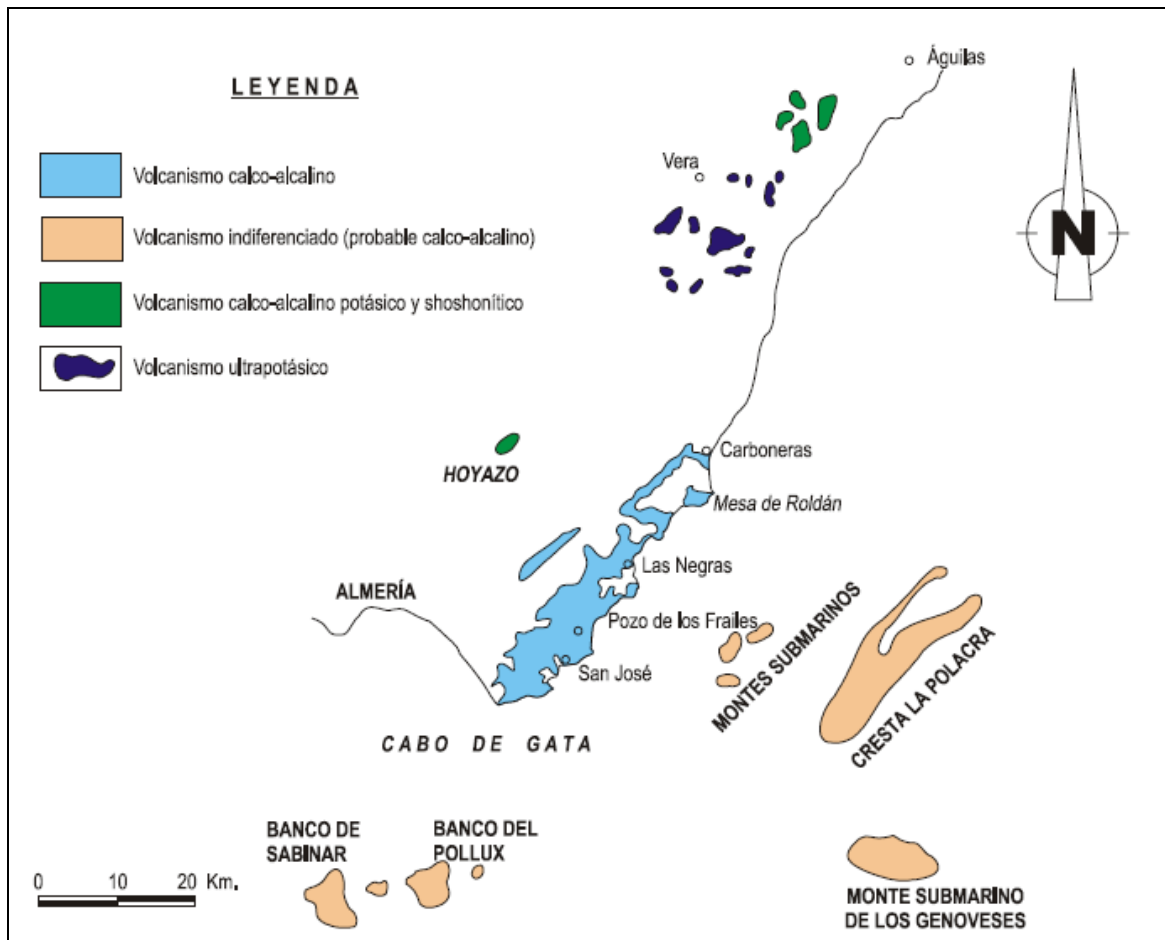


Figura 2. Distribución de la unidad volcánica. Fuente: Consejería de Medio Ambiente

Hacia las zonas meridional y central de Cabo de Gata, en estas volcanitas se manifiestan importantes alteraciones hidrotermales en fases propilítica y argilítica y fenómenos de silicificación y finalmente oxidación. Las rocas volcánicas de la Sierra de Cabo de Gata se presentan formando tres grandes alineaciones sensiblemente paralelas manteniendo una dirección SO-NE. El límite occidental está formado por las unidades pizarrosas antes citadas.

De las tres alineaciones, la más oriental es la que tiene mayor importancia en cuanto a volumen de material, así como a diversidad de litologías. Se extiende desde las salinas del Cabo de Gata hasta las cercanías de Carboneras, y está formada por andesitas, dacitas, riolitas y tobas, predominando en el conjunto las andesitas piroxénicas. Es en este conjunto donde se han producido diversas alteraciones que han dado lugar a una importante y no lejana actividad extractiva minera. La segunda alineación o intermedia comprende la Serrata de Níjar, que se prolonga hasta la costa al norte de Carboneras. Esta

alineación está relacionada con la falla o «accidente» de Carboneras. La litología es similar a la de la primera, predominando en ésta las andesitas anfibólicas.

Ambas alineaciones constituyen un excelente ejemplo de volcanismo calco-alcalino. A diferencia de las anteriores la tercera alineación no presenta una continuidad espacial, si no que está representada por una serie de manifestaciones volcánicas aisladas. Algunas de ellas, como las del Hoyazo de Níjar y las del este de Vera, presentan carácter calco-alcalino potásico, y se encuentran relacionadas espacialmente, ya fuera de Almería, con las existentes en Mazarrón y Cartagena (Murcia) de la misma naturaleza (ver figura adjunta).

Dentro también de esta alineación existen otros afloramientos de naturaleza ultrapotásica (Veritas). Están situados al sur y al oeste de Vera. Estas rocas han hecho extrusión en forma de chimeneas de diámetro reducido que perforan y deforman intensamente las rocas encajantes.

Así como hay, *grosso modo*, una distribución espacial, también existe una sucesión temporal en las emisiones, lo que hace pensar en dos etapas diferentes de actividad volcánica. Las rocas de carácter calco-alcalinas están datadas como las más antiguas, con edades comprendidas entre los diecisiete y los ocho millones de años, mientras que las calco-alcalinas potásicas tienen asignada una edad entre trece y siete millones de años, que aunque implica una cierta coincidencia durante un período de tiempo, son, en conjunto, más recientes que las primeras.

- **Unidades postorogénicas continentales**

Estos materiales ocupan principalmente todas las áreas deprimidas. Los depósitos fundamentalmente abarcan desde el Mioceno medio hasta el Cuaternario. En el Mioceno se desarrolla una tectónica de bloques de todo el edificio bético, que da origen a zonas deprimidas o cuencas de sedimentación de acusada subsidencia. Las formaciones postorogénicas (Neógeno y Cuaternario) rellenan esta serie de cuencas, de variable magnitud, tanto por su extensión como por la potencia de los sedimentos, las cuales se sitúan tanto en el ámbito marino como en la zona terrestre.

Dentro de la zona pueden distinguirse las siguientes cuencas neógenas:

- a) Cuenca de Almería. Enmarcada por la Sierra de Gádor, Sierra Alhamilla, Sierra Cabrera y el accidente tectónico del grupo de fallas de Almería. Hacia el suroeste se prolonga mar adentro y hacia el noroeste a través del Campo de Níjar sólo aparece parcialmente.
- b) Cuenca de Tabernas-Sorbas. Se prolonga hacia el Oeste a lo largo del pasillo del río Andarax y se encuentra limitada al Sur por las alineaciones montañosas del Complejo Alpujárride, extendiéndose en su extremidad oriental hacia la plataforma marina y enlazando con la Cuenca de Vera.
- c) Otras cuencas de menor desarrollo que pueden individualizarse son la Cuenca de Sierra de Gata, en el ámbito marino, y la Cuenca de Morales-Carboneras, situada entre la Serrata y Sierra de Gata, y continuándose en el margen continental del mar Surbalear.

- *Mioceno*

Los sedimentos del Mioceno constituyen la mayor parte de las formaciones que rellenan las cuencas neógenas, tanto en la zona terrestre como del margen continental y zonas adyacentes. El Mioceno aflora ampliamente en el interior y probablemente en los flancos de los más importantes cañones submarinos, mientras que en las restantes zonas marinas está cubierto por las formaciones pliocuaternarias. Su potencia es muy considerable, alcanzando varios miles de metros en el centro de las cuencas.

Las dos unidades litoestratigráficas que constituyen el Mioceno corresponden a la facies marina Tortonense y a la facies regresiva Messiniense. La primera de ellas está constituida, de muro a techo, por conglomerados calcáreos, margasy silexitas. Localmente se han encontrado depósitos de calcarenitas bioclásticas intercaladas en la formación volcánica.

Para el Messiniense, diversos autores han establecido una estratigrafía basada en unidades deposicionales, no definidas formalmente, de marcado carácter sedimentológico: Complejo Marginal, Complejo Arrecifal y Complejo Terminal. El Complejo Marginal se caracteriza por los frecuentes y rápidos cambios de facies, pasando los conglomerados y areniscas a limolitas y margas con intercalaciones de areniscas y conglomerados de origen turbidítico.

El Complejo Arrecifal está formado por calizas arrecifales, calcarenitas bioclásticas, margas y calcisiltitas.

El Complejo Terminal, separado del Arrecifal por una superficie de erosión de origen kárstico, está formado por calizas y dolomías oolíticas, brechas calcáreas, turbiditas, yesos, margas, conglomerados, arcillas y margas.

- *Plioceno*

La etapa distensiva Fini-Messiniense, con la apertura al Atlántico (Benson, 1972; Ruggieri, 1974; Hollister, 1974, y otros), dio origen a una rápida transgresión marina que afectó a todo el Mediterráneo y a gran parte de las zonas emergidas comprendidas en la región. Esta importante transgresión implantó un régimen de sedimentación de mares más o menos profundos en las cuencas hoy situadas en el margen continental y zonas adyacentes del ámbito marino, así como en las cuencas costeras de ambientes someros, limitadas por las alineaciones montañosas (Sierra de Gádor, Sierra de Alhamilla, etc.).

Así pues, el Plioceno se encuentra ampliamente representado en los sectores litorales de la región y, por supuesto, en toda la zona marina y es discordante sobre los materiales del Mioceno superior, hecho que ha sido comprobado en todo el ámbito del Mediterráneo occidental. Corresponde en general a un régimen sedimentario pelágico y semipelágico que da paso a una fase regresiva, que se extiende al Cuaternario (Pleistoceno). Litológicamente, el Plioceno está definido por depósitos de conglomerados, brechas, calcarenitas y calcisiltitas.

- *Pliocuaternario*

Constituido por una serie de depósitos sedimentarios de ámbito fundamentalmente continental, a veces deltaico, que serán descritos con detalles más adelante dentro del apartado correspondiente a los sistemas morfogenéticos. Ya se ha indicado que las formaciones del Plioceno se extienden al Cuaternario (Pleistoceno), con ciertas variaciones en el régimen sedimentario, como consecuencia de la continuada actividad tectónica.

Existe una pequeña discordancia angular y un ligero cambio en los sedimentos al final del Plioceno (Calabriense). Esta disconformidad rompe la continuidad de algunas fallas y puede interpretarse como el final de una etapa regresiva y el principio de otra transgresiva que afectó a una parte de la franja costera hoy emergida que alcanzó hasta los 10 km. al norte de Almería (Dillon, W. P.; Robbin, J. M.; Greene, H. G., y Lucena, J. C., 1980). Tales procesos son indicativos de una reactivación tectónica que parece coincidir con el cambio de una fase distensiva a otra de compresión.

• **Unidades postorogénicas marinas**

Para identificar las facies de sedimentos marinos se definen dos ambientes deposicionales principales: la zona litoral y la plataforma continental.

La zona litoral incluye la zona amplia de transición entre el continente y el medio marino. Se considera como litoral desde la zona terrestre más interna, donde ejercen alguna acción los temporales importantes, hasta la zona inferior donde influye la acción del oleaje y temporales.

Se distinguen los siguientes medios:

- 1) Supralitoral. Situada desde la línea superior de oleaje y mareas hasta la parte terrestre que afectan los temporales más importantes.
- 2) Interlitoral. Zona comprendida entre el límite superior e inferior del oleaje y mareas, zona que puede estar caracterizada por la existencia de varias bermas sedimentarias y por concentraciones de minerales o bioclastos.
- 3) Infralitoral. Continuación mar adentro a partir del interlitoral hasta el límite más inferior de acción del oleaje, situado en las costas mediterráneas a unos 20-25 m. El infralitoral incluye una zona proximal, caracterizada por la existencia de barras sumergidas, siendo la zona de transporte de sedimentos más activa, y una zona distal con menor acción dinámica. Se considera plataforma continental todo el dominio que se extiende entre el litoral y el borde de plataforma, caracterizado por la inflexión de pendiente que da paso al talud continental.

Se distinguen tres ambientes principales:

- Plataforma interna, localizada a continuación de la zona infralitoral distal y se extiende hasta la batimetría de 30-40 m., donde se sitúa la línea de ruptura de pendiente; es una zona de una gran variedad morfológica y sedimentológica donde la influencia continental y la fuerte dinámica litoral disminuyen rápidamente.

- Plataforma media, que es la zona subhorizontal de la plataforma continental con pendiente más suave. La morfología de detalle, sin embargo, puede ser bastante complicada y estar caracterizada por la presencia de terrazas, dunas y montículos de arena; en esta zona aparecen una gran cantidad de características heredadas de condiciones dinámicas diferentes de las actuales.

- Plataforma externa, que forma la parte más externa de la plataforma continental; suele estar caracterizada desde el punto de vista sedimentológico por una cobertera sedimentaria de lodos que hacen uniforme en gran medida el relieve; pueden, no obstante, aparecer ondulaciones superficiales, reflejo de morfologías fosilizadas o de fenómenos de deslizamientos gravitatorios que afectan a la parte superior del talud continental (ver figura adjunta).

En la plataforma continental existe a grandes rasgos un predominio de sedimentos groseros, arenas y gravas, que disminuyen de tamaño de grano hacia el borde del talud, donde predominan los limos y arcillas. Sin embargo, desde el punto de vista del predominio de las diferentes clases de tamaño, se pueden definir las siguientes áreas:

- Areas de sedimentos detríticos predominantemente gruesos.
- Areas de sedimentos detríticos heterométricos, bien clasificados.
- Areas de sedimentos detríticos predominantemente finos.

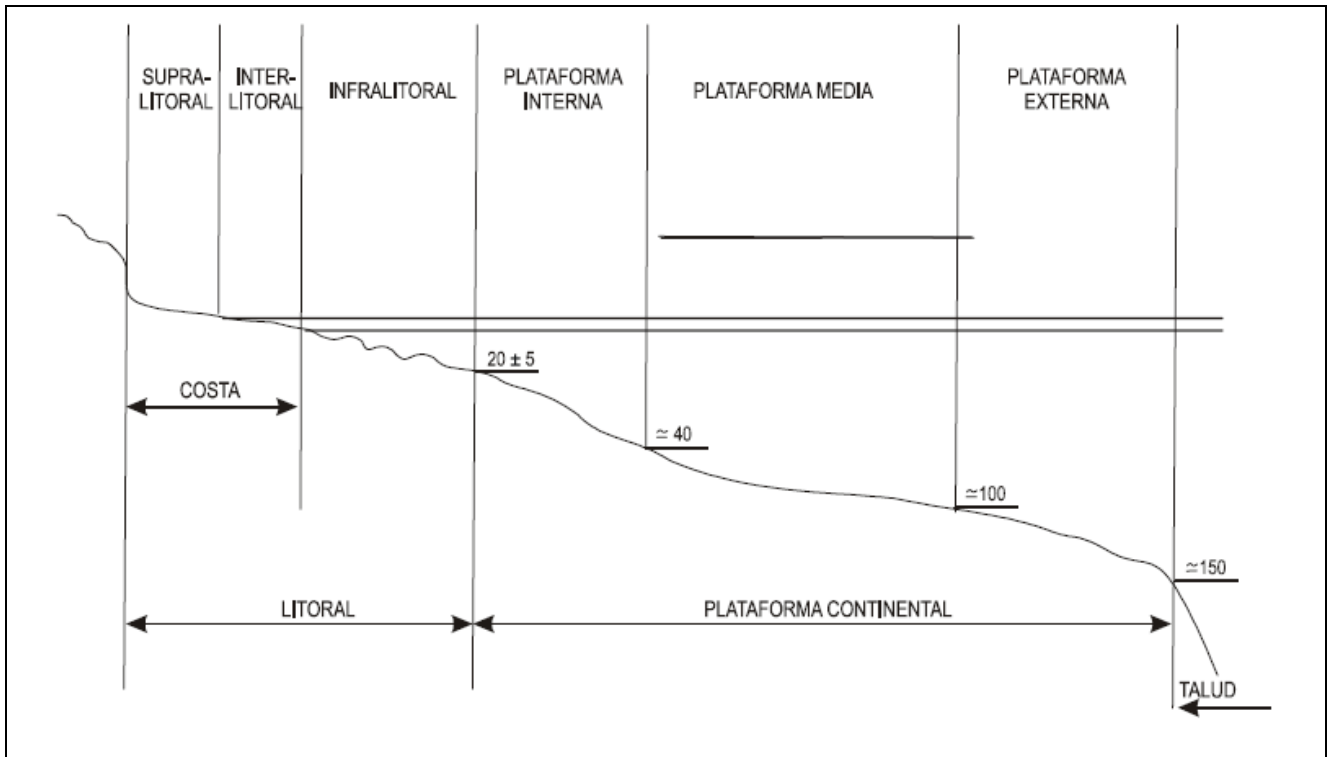


Figura 3. Unidades postorogénicas marinas. Fuente: Consejería de Medio Ambiente

El contenido en carbonatos de los sedimentos en la plataforma continental es especialmente abundante en algunos sectores debido al predominio de los constituyentes biógenos (algas calcáreas, moluscos, briozoos, equinodermos, foraminíferos y ostrácodos) que dan lugar a importantes acumulaciones de sedimentos calcáreos biogénicos.

En áreas con predominio de gravas y arenas groseras (frente al Cabo de Gata y entre Rodalquilar y Carboneras) los constituyentes biógenos dominantes son generalmente algas calcáreas coralinas, moluscos y briozoos. En los sedimentos arenosos de grano medio suelen dominar los moluscos, briozoos y equinodermos y en menor proporción se presentan también algas calcáreas coralinas y foraminíferos bentónicos. Estas áreas bioclásticas predominan en la zona de Garrucha Norte. También se presentan, aunque en menor proporción, frente al Cabo de Gata y entre Rodalquilar y Carboneras. Las áreas calcáreas de grano fino están constituidas por foraminíferos, ostrácodos, moluscos y en menor proporción por fragmentos de equinodermos.

Los ambientes litorales actuales se caracterizan por el predominio de facies modernas en la zona supralitoral, interlitoral e infralitoral proximal y de facies de tipo palimpsest en la zona infralitoral distal. Los diferentes tipos de sedimentos en estas zonas están en relación directa con el tipo de costa, la presencia de descargas fluviales y su naturaleza, y en menor proporción, con las características de la plataforma continental interna en la zona considerada. En general predominan los sedimentos de tipo muy grosero constituidos por gravas, en muchos casos suministradas por un aporte muy local a partir de los acantilados costeros. Las playas arenosas son más frecuentes en las inmediaciones de los delta-abánicos que producen los ríos y torrentes en esta zona. Las gravas más groseras desaparecen mar adentro a partir de la zona infralitoral proximal, dando paso en primer lugar a arenas y posteriormente a limos orgánicos en las zonas con aportes terrígenos, y a gravas bioclásticas y arenas gruesas en el resto del área.

La sedimentación más importante durante el Holoceno superior se localiza en el área estudiada en el talud superior, donde se acumulan todos los sedimentos terrígenos en suspensión que escapan de la plataforma. Asimismo, en estos sedimentos, su composición demuestra que hay un aporte de partículas hemipelágicas, biogénicas finas y terrígenas importantes.

3.1.1.3. Tectónica

- **Tectónica alpina y prealpina**

Las Cordilleras Béticas presentan en su conjunto tal grado de complejidad, que aún permanece en discusión su esquema general. Como se expuso anteriormente comprende un dominio interno, constituido por la Zona Bética y otro externo integrado por la Zona Subbética y Zona Prebética.

En la Zona Bética, donde se sitúa la región considerada, resulta difícil una exposición resumida de su tectónica, al no coincidir las interpretaciones de los distintos autores que han trabajado en ella. Comprende las tres conocidas unidades denominadas Complejo Nevado-Filábride, Complejo Alpujárride y Complejo Maláguide.

Uno de los primeros problemas que se plantea se refiere a la existencia de una orogenia prealpina, sobre la que no se ha llegado a conclusiones definitivas. La consideración de una orogenia prealpina se ha basado en la presencia de una discordancia bastante generalizada, en el Complejo Nevado-Filábride y en el Complejo Alpujárride, probablemente equivalentes, sobre la que yacen formaciones del Devónico-Carbonífero. Esto podría hacer suponer una orogenia prehercínica, cuyas características no pueden conocerse por los efectos de las distintas fases de la orogenia alpina y los intensos procesos metamórficos asociados a la misma.

El Complejo Nevado-Filábride representa un conjunto alóctono, desplazado hacia el Norte en un recorrido del orden de 50 km., y se compone de distintos mantos, cuyo número varía de unos puntos a otros.

El Complejo Alpujárride es alóctono sobre el Complejo anterior y ha experimentado sucesivos movimientos gravitacionales sobre el mismo. Se compone igualmente de distintos mantos de corrimiento, cuyo número varía según la transversal considerada. Las vergencias de los mantos de corrimiento es hacia el Norte de acuerdo con las directrices de los pliegues de arrastre y estrías de fricción que aparecen en determinadas formaciones.

En cuanto al Complejo Maláguide (igualmente alóctono), las pequeñas masas que se encuentran en la región se sitúan sobre el Complejo Alpujárride, si bien debe admitirse que han podido deslizarse en distintas épocas no determinables. Una vez alcanzada la tectónica de corrimiento tienen lugar diversas fases de plegamiento, siendo la más importante la que se produce después del Mioceno medio, que da origen a extensos pliegues.

- **Tectónica postalpina**

La última etapa de colisión entre las «zonas internas» y las «zonas externas» que finalizó en el Mioceno inferior, tuvo lugar según una dirección aproximada N-S o NNO-SSE, y dio origen a fallas sublongitudinales de dirección E-O, o más frecuentemente OSO-ENE, y a otras de componente horizontal según directrices aproximadas NO-SE y NE-SO, directrices que, por otro lado, están muy generalizadas en el Mediterráneo occidental (ejemplos claros son las que se localizan en la Serrata o al norte de Carboneras).

A esta etapa pudo seguir otra de reajuste isostático, con elevaciones y hundimientos que fueron configurando las cuencas donde se depositaron los sedimentos del Burdigaliense superior-Langhiense, los cuales constituyeron los primeros rellenos de las cuencas neógenas postorogénicas. En ciertos sectores se habla de una etapa compresiva entre el Serravaliense-Tortonense, aunque en la Sierra de Gata esta etapa es difícil de admitir dada la existencia de volcanismo andesítico en aquella época.

A partir del Mioceno superior comienza claramente una etapa distensiva en toda esta región, que comprendió muchas fases durante la sedimentación del Mioceno superior y, al parecer, implicó un movimiento de carácter normal de las fallas con las direcciones ya existentes, en la fase primitiva de compresión. Así pues, las cuencas intramontañosas afectadas por las transgresiones tortonienses están hoy rodeadas por fallas normales de dirección E-O, OSO-ENE, así como otras NO-SE y NE-SO. En todos los casos estas fallas han actuado en varias épocas durante el Tortonense, dando lugar a distintos episodios de sedimentos detríticos discordantes, en relación con el rejuvenecimiento de los bordes o umbrales de las cuencas, o a la aparición de turbiditas o pliegues de *slumping* en las zonas subsidentes.

En simultaneidad con todos estos fenómenos parece ser que fue creándose una zona de *rifting* o de fosas tectónicas en la región considerada que se extiende hacia el Sur hacia el mar de Alborán y norte de Marruecos y hacia el Norte hasta Murcia y este de Mallorca. En esta zona de *rifting*, con cuyas fases de «desplome» debieron relacionarse los diversos episodios volcánicos, muestra directrices estructurales diferentes a las propiamente béticas. En esta región, su dirección principal es la N 45° E (Falla de Carboneras o de la Serrata), que se extiende a lo largo de más de 150 km., desde el ámbito de la plataforma hasta el norte de Carboneras. Otra importante dirección de este sistema, denominado «sistema de fallas de Almería», sería la N 20° E o de Palomares y la N 120° E del Campo de Dalías. En posteriores fases compresivas estas fallas actuaron como megacizallas dentro de la gran cicatriz que separa las actuales placas europea y africana.

Está claramente demostrado que el funcionamiento de estas megacizallas alcanza hasta el Cuaternario, con alternancia de las fases de compresión y distensión. Cuando estas fallas afectan a materiales relacionados en su origen en esta zona de *rifting* (caso de las rocas volcánicas), dan lugar a alineaciones de fractura continua y claramente visibles, tales como la falla de Carboneras o de la Serrata, con direcciones propias del Sistema. Igualmente ocurre cuando afectan a potentes formaciones neógenas, muchas de cuyas cuencas obedecen al funcionamiento de estos accidentes.

Por el contrario, cuando esta zona de megacizalla se entronca con el sustrato bético, o con zonas donde es patente la presencia de corteza continental más antigua de la zona bética, parece ser que se rejuvenecen las fallas antiguas que ya afectaban a esta zona, sobre todo aquellas cuya dirección difiere muy poco de las propias del sistema (caso de las fallas N 140° E o N 160° E del Alquíán). Cuando los materiales de la zona bética están recubiertos por series neógenas y cuaternarias no muy potentes, el funcionamiento de estas fallas en el sustrato se revela en superficie por la aparición de multitud de pequeñas fracturas de esa dirección, pasando a una zona de fracturación muy penetrativa (caso de Alquíán).

Las fallas en las que se ha constatado un movimiento reciente tienen posible significación sismotectónica. Todo esto es lo que se puede observar en tierra, y lo que tiene evidente repercusión en las observaciones de la plataforma como seguidamente se analiza.

La actividad sísmica de la zona de Almería se concentra en la región costera, tanto en la franja litoral como en el mar de Alborán. Aunque la determinación de epicentros no es muy exacta, se observa una tendencia E-O paralela a la costa y otra NNE-SSO. La primera alineación E-O queda separada claramente del área de concentración de terremotos en la zona de Granada, al Este, y en la de Huércal-Overa al Nordeste, y la mayoría de sus terremotos quedan situados en el mar cercanos a la costa. La segunda alineación NNE-SSO representa el borde oriental de la zona sísmicamente activa. Más al norte esta alineación coincide con la orientación del sistema de fallas Alhama de Murcia-Palomares-Carboneras. Estas fallas, que en los estudios de estructura de la corteza se ha visto que representan un accidente que

afecta a toda la corteza, se prolongan hacia el SSO, a lo largo del mar de Alborán. La evidencia de esta prolongación la constituye el borde oriental de la zona sísmica en la Cuenca de Alborán.

- **Tectónica en la plataforma continental**

La investigación sísmica de la plataforma continental de la costa almeriense ha revelado la existencia de un sistema de fracturación de alcance regional, que corresponde al que hemos venido llamando «Sistema de fallas de Almería».

Dentro de la dirección N 45° E se pueden distinguir dos zonas principales. Una, prolongación de las fallas que limitan la Serrata, y otra, continuación de los que originan el *graben* de la Cuenca de Morales y el *horst* de la Sierra de Gata.

La primera está compuesta principalmente por una falla muy continua, y asociadas a esta falla existen algunas secundarias más cortas y escalonadas, solamente localizables a pocos kilómetros de la traza principal. La falla principal sugiere aquí un movimiento aparentemente normal.

Sin embargo, su prolongación en tierra (Serrata) muestra evidencias de un movimiento rumbo-deslizante de carácter levógiico, como ya se ha indicado, tanto por las estrías que pueden observarse como por el desplazamiento de la red hidrográfica. Todo ello indica un movimiento alternativo, como falla normal y en dirección, que afecta a terrenos cuaternarios de la plataforma, e igual constancia existe en cuanto a su efecto sobre el Pleistoceno marino que aflora en tierra. Se trata, pues, de una falla activa, que se extiende hacia el Noroeste (falla de Carboneras) y, al parecer mediante un giro, enlaza con la falla de Palomares (N 20° E).

3.1.2. Geomorfología

3.1.2.1. Características generales del relieve

Una de las más evidentes características del relieve lo constituye la pendiente del terreno que en el Mapa Fisiográfico se ha representado según cuatro intervalos: pendientes mayores del 30 por 100, entre 30 y 15 por 100, entre 15 y 8 por 100 y menos de ese valor. Esta apreciación del grado de pendiente se ha restringido a las áreas constituidas por materiales precuaternarios, por dos razones fundamentales. La principal es que en las zonas ocupadas por materiales recientes se ha representado cuidadosamente su morfogénesis, lo cual ya da directamente idea de cuál es su aspecto sin necesidad de indicar su pendiente; por otro lado sería inconveniente a efectos de visualización cartográfica la superposición de dos símbolos que a la postre representan conceptos similares o próximos.

Así se puede destacar que las máximas pendientes se dan en la zona volcánica de la Sierra del Cabo de Gata, mientras que en las mayores pendientes las forman los materiales Alpujárrides de las Sierras Cabrera, de Almagro, Almagrera, del Castillero, de los Pinos y del Águila, así como los Nevado Filábride de la Sierra de Bédar.

Las pendientes menores, sin embargo, están constituidas por las zonas cubiertas por las cuencas de sedimentación terciarias.

Así pues, las características generales del relieve que hoy en día puede observarse son el resultado de una serie de factores entre los que destaca como fundamental el geológico y en segundo término el climático.

- **Factor geológico**

Dentro del factor geológico son la tectónica y la litología la que controlan los rasgos más destacables del paisaje, que se caracteriza por presentar importantes alineaciones montañosas (Sierra de los Filabres) separadas por amplias depresiones o cuencas algunas de las cuales se continúan en el ámbito marino.

El trazado de la costa y por consiguiente su orientación, de sentido E-O en el Golfo de Almería y SSO-NNE desde el Cabo de Gata hasta Terreros, está claramente controlada por el paso de una serie de accidentes que han rejugado y continúan funcionando a lo largo del Cuaternario.

Posteriormente a la orogenia Alpina y durante la fase distensiva Tortonense-Pleistoceno inferior, se crean alineaciones montañosas de dirección general E-O (Sierras de Alhamilla y de los Filabres) y SO-NE (Sierras Cabrera y Almagrera). Al mismo tiempo se generan amplias depresiones tectónicas a favor de importantes movimientos verticales según fallas E-O (Cuenca de Tabernas-Sorbas), NE-SO (Cuenca de Níjar y Cuenca de Morales-Carboneras) y NO-SE (Cuenca de Vera).

Coincidiendo con esta etapa distensiva se produce un volcanismo cuyos materiales constituyen los relieves de la Sierra de Gata y de la Serrata de Níjar. Una vez iniciado el Cuaternario se produce un cambio en el régimen tectónico pasándose a una fase compresiva según una dirección general de acortamiento N-S. Muchas de las grandes fallas que durante el período anterior funcionaron como accidentes normales, lo hacen ahora como desgarres dextros y/o sinistros («Fallas del Alquíán», «Accidente de Carboneras» y «Accidente de Palomares») y precisamente son ellas las que fundamentalmente dirigen el trazado de la costa y el dispositivo de la red de drenaje.

La litología es la que va a controlar fundamentalmente los procesos de erosión y disolución responsables del micromodelado. Por una parte tenemos la litología de los grandes relieves Béticos constituidos por apilamientos de unidades tectónicas. El predominio de filitas favorece el hecho de que se produzcan en los taludes grandes movimientos en masa debido no sólo a la impermeabilidad del material, sino también al hecho de que estos materiales presentan numerosos planos de tectonización y esquistosidad.

Los relieves volcánicos de Sierra de Gata (479 m) y la Serrata, con alturas que no superan los 200 m, están constituidos por materiales de naturaleza andesítica y dacítica. La morfología de caldera volcánica se observa en algunos puntos aislados tales como el El Hoyazo (Campo de Níjar) y junto a Las Presillas Bajas en la Sierra de Gata. Asimismo se conservan algunos conos volcánicos en el área de Rodalquilar y Pozo de los Frailes.

Dentro de las depresiones neógenas destacan en el paisaje los relieves arrecifales de los cuales a veces se conserva no sólo el armazón del arrecife (calizas con Porites) como sucede en la Mesa de Roldán y rellano de San Pedro, sino los taludes con su buzamiento original (10-25°) en la dirección de progradación del arrecife hacia la cuenca (área de Rodalquilar).

Sobre las margas yesíferas y los yesos se desarrollan profundas cárcavas que en su conjunto forman extensas áreas de *bad-lands* (NE de Sorbas). El desarrollo de esta microtopografía es también frecuente en los terrenos margosos del Mioceno y Plioceno.

- **Factor climático**

El rasgo climático más característico de la región de Almería es la aridez, estando su franja litoral incluida dentro de la España semidesértica con precipitaciones medias anuales inferiores a los 250 mm. y con temperaturas medias mensuales superiores a los 18° C, aunque las temperaturas máximas a veces llegan a superar los 40° C.

Por otra parte es característico en estas áreas mediterráneas la formación de importantes tormentas que en un cortísimo espacio de tiempo descargan importantes volúmenes de agua (200 mm/hora). Todo ello unido a la práctica ausencia de vegetación origina una fuerte escorrentía con desbordamientos y desviaciones de los cauces y profundas erosiones del terreno.

Por otra parte la acción del viento se deja sentir ampliamente en el litoral; a él se deben las enormes acumulaciones eólicas del Cabo de Gata, y al predominio de alguno de ellos (Levante, Poniente, Jaloque y Leveche) el que el oleaje incida oblicuamente en la costa favoreciendo el fenómeno de la deriva litoral con la consecuente formación de flechas litorales en puntos específicos.

- **Sistemas morfo genéticos**

Se considera sistema morfo genético al conjunto de unidades geomorfológicas de igual génesis. Dentro de la provincia se distinguen cinco sistemas: fluvial, eólico, marino, gravitacional y poligénico. Dentro de ellos se han diferenciado a su vez una serie de unidades geomorfológicas que son las que se representan a nivel cartográfico (terrazas, abanicos, coluviones, dunas, etc.).

• **Sistema fluvial**

Dentro del sistema fluvial adquieren gran desarrollo los *abanicos aluviales*, cuya secuencia más completa se observa al pie de la Sierra de Alhamilla y de la Serrata, cubriendo el Campo de Níjar y teniendo como nivel de base la Rambla del Artal o Rambla Morales. Estos sistemas de abanicos se agrupan en tres grandes conjuntos, en base a su posición en relación con el frente de la Sierra, y a su cronología relativa. El conjunto más antiguo (Pleistoceno inferior) está constituido por dos generaciones de abanicos aluviales que se sitúan al pie del relieve según un dispositivo de superposición; el segundo conjunto del Pleistoceno medio se encaja en el anterior y esto mismo sucede con los del Pleistoceno superior y Holoceno que son los que por otra parte presentan un mayor desarrollo espacial. Las facies distales de estos sistemas de abanicos están representadas por los depósitos limosos rosas que se acumulan en ambos márgenes de la Rambla del Artal.

Varios hechos curiosos se observan en los abanicos aluviales que se desarrollan al pie de la Serrata. Por una parte, la rectitud del trazado de la zona de cabecera, lo que determina la ausencia de «golfos» en el ápice. Por otra parte, en la red de drenaje actual se observa desviación levógira en el tramo de cabecera de los barrancos, desplazamiento del mismo sentido de algunos arroyos de hasta 100 m. y canales con trazado en Z. Todo ello sugiere que el «Accidente de Carboneras» (levógiro y de dirección N 40° - 45° E) continúa funcionando a lo largo de todo el Cuaternario.

Dentro de la depresión de Pulpí el paso del «Accidente de Palomares» (levógiro y de dirección N 10° - 20° E) condiciona la morfología rectilínea de los ápices de los sistemas de abanicos aluviales del Pleistoceno superior; este hecho demuestra de nuevo la actividad reciente de estos accidentes.

Las *terrazas fluviales* se observan muy próximas al valle de los actuales ríos más importantes del área: Antas, Aguas y Carboneras o Alias, sin que alcancen gran desarrollo. No obstante, el estudio de las mismas y su distribución espacial actual revela la existencia de importantes capturas acaecidas a lo largo del Cuaternario.

La posición de las terrazas del Pleistoceno inferior que se observan al oeste de Vera, y el valle muerto que se establece entre la Rambla del Cajete y el pueblo de Vera, sugieren que durante el Cuaternario antiguo el río Antas seguía la dirección de la Rambla del Cajete-Vera para desembocar al mar en un área situada entre el actual Antas y el Almanzora. Posteriormente, y debido al rejuego de la flexión E-O que afecta a los materiales de la terraza del Pleistoceno inferior, el río deja abandonado el valle de Vera y atravesando el eje de flexión (fuerte excavación) se dirige hacia el Sur para continuar enseguida con dirección E-O (hacia el mar) según el trazado del Antas actual.

Otro importante valle muerto al que van asociados pequeños restos de terrazas fluviales se observa al Sur de Sorbas, próximo al contacto entre las Sierras de Alhamilla y Cabrera, aguas arriba de la Rambla de los Feos tributaria del río Alias o Carboneras. La distribución espacial de los retazos de terraza demuestra que el río Aguas durante el Cuaternario se continuaba por la Rambla de los Feos constituyendo un afluente del río Alias o Carboneras. Durante el Pleistoceno superior el bajo río Aguas capturó al primitivo Aguas-Feos cerca de la localidad de Río. Dicho fenómeno parece estar relacionado con movimientos diferenciales de la Cuenca de Sorbas.

- **Sistema eólico**

Dentro del sistema eólico cabe destacar dos importantes conjuntos, uno antiguo constituido por dunas oolíticas del Pleistoceno superior, y otro reciente o actual formado por arenas que se acumulan dando origen a dunas de diversos tipos que en general son funcionales.

Las *dunas oolíticas* destacan en el paisaje por su color blanco, están cementadas y presentan estructuras dunares fácilmente reconocibles. Se observan fundamentalmente en la Sierra de Gata (San José, Los Genoveses, El Playazo, Los Escullos); ellas van asociadas a las playas tirrenienses o con *Strombus bobonius*. Morfológicamente destacan por su forma de cordón convexo cuando cierran antiguos *lagoons* como sucede en Los Escullos y El Playazo.

El conjunto dunar más reciente (Holoceno) se desarrolla entre Gata y Rambla Amoladeras, los vientos del SO (Leveche) acumulan importantes masas de arena dando origen a dunas tipo *barján* y *rampantes*. La mayor parte del campo dunar de Gata está hoy en día desmantelado al haber sido explotado por el hombre para uso agrícola.

En las zonas planas y abiertas, y cuando el sustrato está constituido por conglomerados, el viento ejerce una fuerte deflación o barrido a nivel del suelo transportando las partículas finas y dejando las gruesas; esta selección provoca la formación de *pavimentos de cantos* (conjunto de ventifactos) tal como sucede en los alrededores de Rambla Amoladeras.

- **Sistema marino**

La dinámica litoral actual se caracteriza por la presencia de una deriva generalizada hacia el SE entre Torre García y el Cabo de Gata y otra con dirección SO entre Terreros y Garrucha. A lo largo de la costa se suceden asimismo áreas que en la actualidad presentan tendencia a la acreción o al retroceso; los casos más claros son: Acreción en Rambla Amoladeras y erosión en el Cabo de Gata, acreción entre Mesa Roldán-Carboneras y entre Garrucha-desembocadura del Almanzora y por último erosión desde Villaricos al sur de Terreros.

La morfología actual del trazado costero es un claro reflejo de los accidentes que atraviesan este litoral. Así las fuertes inflexiones levóginas de la costa entre Torre García y Cabo de Gata se deben al paso de fallas sinestrales de dirección N 40° - 45° E perteneciente al «Sistema de Carboneras». La dirección N 10° - 20° E que presenta el litoral entre la Torre del Peñón (norte de Carboneras) y Garrucha se debe al paso de «Accidente de Palomares» de la misma dirección, hasta tal punto que el acantilado actual al sur del Puerto de Garrucha está labrado sobre un plano de falla que afecta a una terraza marina del Pleistoceno superior. Asimismo, en el área de Pozo del Esparto la costa sigue un trazado rectilíneo impuesto por el paso de accidentes de dirección N 10° - 20° E.

Es evidente que la tectónica no sólo condiciona la morfología de la costa actual, sino que su influjo se observa en la forma de los paleoacantilados fósiles de las terrazas marinas tirrenienses en numerosos sectores (Torre García-Cabo de Gata, Mojácar-Garrucha, Pozo del Esparto).

La costa de Almería constituye un área privilegiada por el gran desarrollo que en ella adquieren las terrazas marinas cuaternarias. El sector donde éstas abarcan un mayor espacio y presentan una estratigrafía más completa es la zona de Amoladeras-Cabo de Gata.

El comportamiento tectónico de éste área hace que a veces la diferenciación entre las sucesivas terrazas no sea simple, de tal forma que en el paisaje realmente lo que destaca es una amplia plataforma que se desarrolla desde el pie de la Sierra de Alhamilla hasta las cercanías de la costa (es el conjunto que hemos denominado Plioceno superior-Pleistoceno medio) en la que se encajan tres terrazas marinas tirrenienses con *S. bubonius* (conjunto Pleistoceno superior).

Se han llevado a cabo numerosas medidas isotópicas de Th/U sobre los niveles tirrenienses; la media de las mismas es de 180 ka., 128 ka. y 95 ka. Estas terrazas marinas se reparten a lo largo de toda la costa aunque sus alturas varían de unos puntos a otros, dada la actividad tectónica de este área (1 ka. = 103 años).

Los mapas de isobasas (construidos teniendo en cuenta la edad y la altura actual de los máximos transgresivos), y aplicados tanto a la región de Almería como a las de Murcia revelan que, al menos desde hace unos 100 ka. la tendencia tectónica de este área es: máxima elevación en el litoral Sur de Almería, el sector de Pozo del Esparto aparece como una zona de transición, y máximo hundimiento en el Mar Menor.

Flechas litorales se observan en este sector costero cerrando áreas de *lagoons* (marismas). Entre ellas las más significativas son las del Cabo de Gata, constituidas en este caso por cordones litorales tirrenienses que han crecido a favor de una deriva dominante hacia el Sureste, y la flecha holocena que se instala entre la desembocadura del río Almanzora y Garrucha constituida por cordones que crecen a favor de una deriva generalizada hacia el Suroeste.

- **Sistema morfológico gravitacional**

Está representado por coluviones que se suelen desarrollar al pie de pequeños relieves o de taludes muy empinados. Algunos de ellos están asociados con el paso y actividad de algún accidente, tal es el caso de los sistemas de coluviones que se observan en el sector Norte de la Sierra de los Pinos.

- **Sistema poligénico**

Dentro del Sistema poligénico se han cartografiado los *lagoons* o marismas (de génesis fluvio-marina), como es el caso de las salinas de Cabo de Gata o las marismas próximas a Garrucha y San Juan de los Toreros.

Los mapas de isobasas (construidos teniendo en cuenta la edad y la altura actual de los máximos transgresivos), y aplicados tanto a la región de Almería como a las de Murcia revelan que, al menos desde hace unos 100 ka. la tendencia tectónica de este área es: máxima elevación en el litoral Sur de Almería, el sector de Pozo del Esparto aparece como una zona de transición, y máximo hundimiento en el Mar Menor.

Flechas litorales se observan en este sector costero cerrando áreas de *lagoons* (marismas). Entre ellas las más significativas son las del Cabo de Gata, constituidas en este caso por cordones litorales tirrenienses que han crecido a favor de una deriva dominante hacia el Sureste, y la flecha holocena que se instala entre la desembocadura del río Almanzora y Garrucha constituida por cordones que crecen a favor de una deriva generalizada hacia el Suroeste.

3.1.3. Desertificación y otros procesos erosivos

3.1.3.1. Desertificación

El concepto de DESERTIFICACION es complejo, en general se define como el conjunto de procesos que conducen a la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas como

resultado de la interacción de las variaciones climáticas y actuaciones humanas adversas para el medio (Convenio de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, 1994).

Hay que entender el proceso de desertificación como la conjunción de una serie de factores interrelacionados (físicos, biológicos, socioeconómicos...), y que tienen como consecuencia la degradación de los ecosistemas naturales y productivos, de tal manera que se rompe el equilibrio entre los recursos naturales y su explotación.

En ambientes mediterráneos como el almeriense, se inició con el establecimiento durante el holoceno de unas condiciones climáticas de aridez con el consiguiente descenso del potencial biológico de los suelos. A estas alteraciones naturales se ha unido un continuo manejo de los ecosistemas por parte del hombre con el establecimiento de la agricultura y ganadería. Ya desde el neolítico los distintos pueblos y civilizaciones han ido incrementando su presión sobre el medio mediante roturaciones de tierras para el cultivo, el pastoreo, la explotación maderera..., de forma paralela a los incrementos demográficos.

No es la desertificación un fenómeno nuevo, su incidencia secular hace que se pueda definir una desertificación heredada, considerada como difícilmente reversible y que conforma actualmente un paisaje en equilibrio de alto valor ecológico. Paralelamente la desertificación se manifiesta también en zonas donde los procesos que la causan se muestran activos en la actualidad, estas áreas de desertificación actual presentan un nivel de degradación que aún no alcanza niveles irreversibles y donde es posible mediante la adopción de medidas correctoras mitigar la incidencia de esta problemática.

Igualmente importante se muestra la necesidad de realizar una identificación de los factores de riesgo de degradación o desertificación, aún cuando su incidencia sobre el medio no muestre señales de deterioro de éste. El establecimiento de indicadores de seguimiento de los factores implicados, ya sea directamente o a través de sus efectos, nos puede permitir un diagnóstico precoz de los problemas y poder promover una rápida y económica corrección de estos.

Son importantes para comprender el proceso de desertificación, los conceptos siguientes:

- Sensibilidad a la desertificación
- Desertificación heredada
- Desertificación actual
- Riesgo de desertificación

Se desarrollan a continuación dichos conceptos aplicados a la provincia de Almería:

- Sensibilidad a la desertificación

La sensibilidad a la desertificación hay que interpretarla, no como un diagnóstico de las áreas desertificadas, si no como de la fragilidad de los territorios ante este problema, en definitiva las áreas potencialmente susceptibles de desarrollarla sufriendo en la actualidad procesos asociados a la desertificación.

Para su estudio hay que tener en cuenta los factores relacionados directamente con la desertificación: Suelo, clima, vegetación y gestión del territorio. Dentro de cada factor se realiza un análisis de los principales parámetros que marcan su sensibilidad a la degradación.

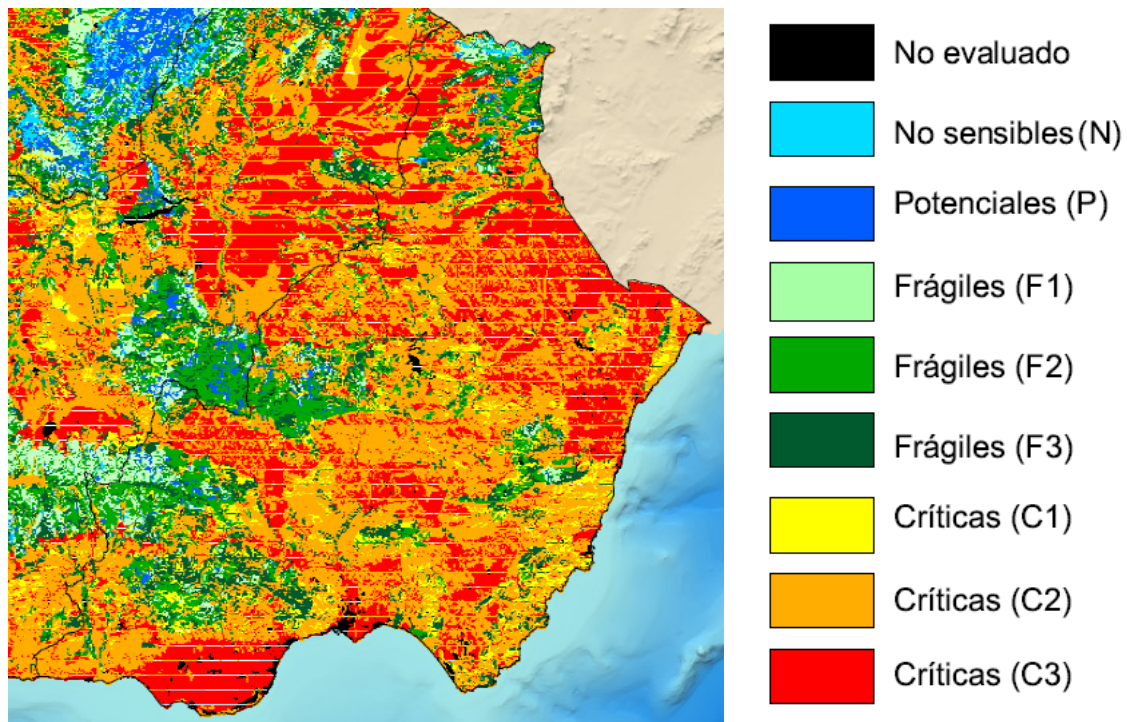


Figura 4. Sensibilidad a la desertificación de la provincia de Almería

Como se puede observar, el territorio almeriense cumple con condiciones climáticas, de suelo, vegetación y gestión del territorio que propician en gran medida la desertificación del terreno.

- Desertificación heredada

Definimos con este nombre las áreas donde secularmente han incidido desde tiempos remotos los procesos causantes de la desertificación, provocando sobre el territorio una degradación de la capacidad productiva de las tierras de tal manera que para obtener producciones agrícolas es necesario emplear elementos tecnológicos e inputs de alto valor, además de tener que realizar actuaciones sobre el medio de fuerte impacto ambiental.

Son tierras donde la desertificación es un proceso natural al que se han adaptado unas actuaciones humanas sobre el medio desde tiempo históricos, prácticamente desde el inicio de la civilización, Esta conjunción de factores ha conformado unos paisajes desérticos que constituyen en sí mismos áreas de un alto valor ecológico y paisajístico donde más que su recuperación, habría que considerar su puesta en valor como un recurso ambiental excepcional.

Frente a la desertificación calificada como proceso natural, derivado de la evaluación de series históricas o procesos procedentes de ciclos temporales largos, existen procesos actuales que actúan tanto sobre las zonas naturalmente desérticas, como sobre otras que han sufrido recientemente o están sufriendo degradaciones que pueden llevar a la desertificación de dichos territorios.

En Andalucía no se han realizado hasta ahora estudios regionales, en gran parte debido a la complejidad y dispersión de la información a manejar y recopilar. Estas informaciones generadas por diferentes organismos es necesario adaptarlas a una base cartográfica común e integrarlas en las nuevas herramientas de tratamiento de la información.

Vemos ahora esos conceptos aplicados a la provincia de Almería.

- Desertificación heredada almeriense

Para entender el proceso de desertificación en la provincia de Almería, debemos tener en cuenta que las áreas de desertificación heredada principales en Andalucía, se circunscriben a la provincia de Almería donde representan 1/3 de su superficie, lo que supone una amplia diferencia con el nivel autonómico.

Se muestra a continuación un esbozo de la desertificación heredada almeriense.

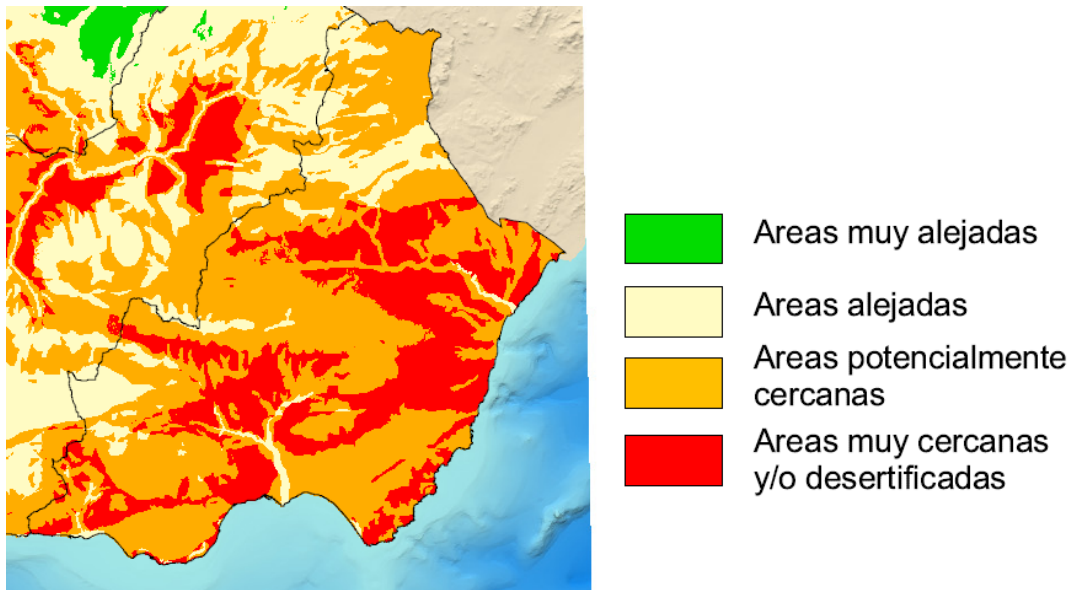


Figura 5. Desertificación heredada en la provincia de Almería

- Desertificación actual almeriense

La desertificación actual alcanza a más del 50 % de Almería, extendiéndose por las áreas costeras de Granada y Málaga, y en núcleos aislados en el resto de la región.

Se muestra a continuación un esbozo de la desertificación actual almeriense.

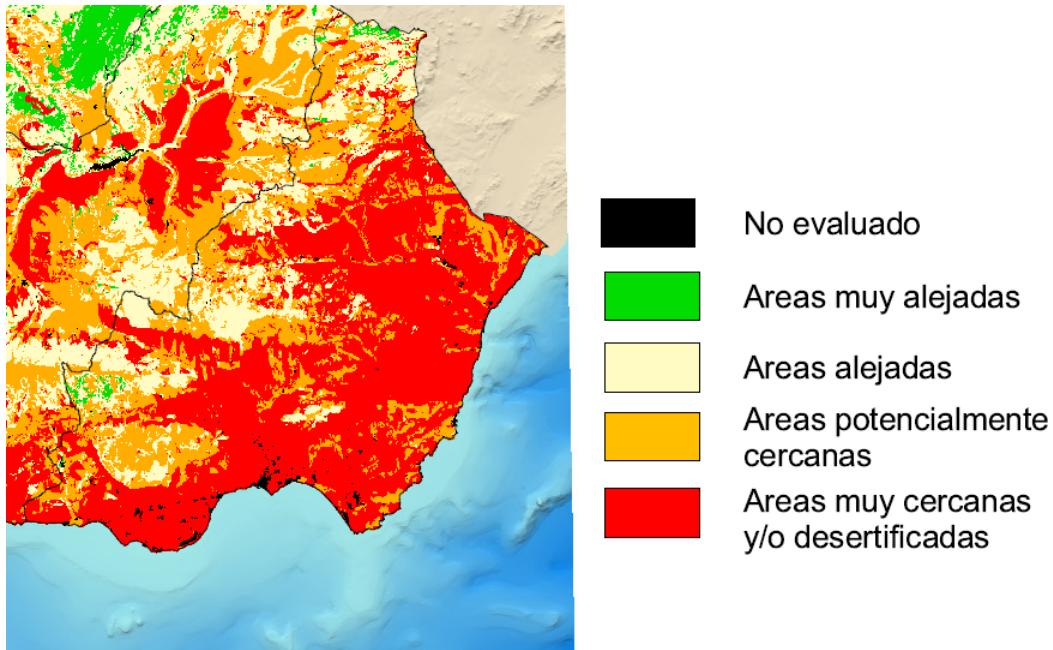


Figura 6. Desertificación actual almeriense.

- Riesgo de desertificación

La unión de los tres diagnósticos anteriores (desertificación heredada, actual y sensibilidad), nos permite definir el estado de las tierras de Almería respecto de la desertificación junto con las zonas donde los procesos que la provocan se muestran más activos.

En el siguiente gráfico, vamos a observar el riesgo de desertificación de Almería conjuntamente al resto de a Comunidad Autónoma para ver el contraste existente.

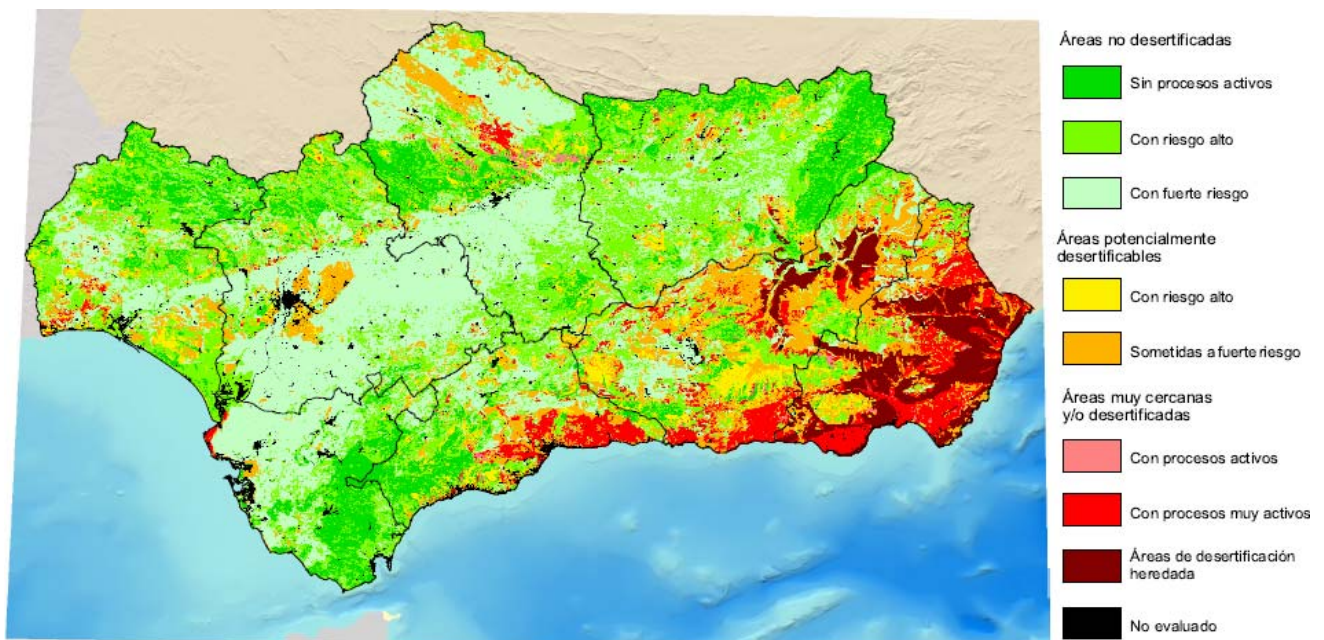


Figura 7. Riesgo de Desertificación

Viendo este esquema, podemos concluir que Almería es una de las zonas con mayor riesgo de desertificación (y desertificada), de Andalucía. Se trata de un área desertificada en su mayoría con procesos de desertificación activos y un alto grado de desertificación heredada.

Las causas de esta desertificación almeriense son, entre otras:

- La Latitud como factor geográfico. Almería se encuentra en el paralelo 37° lo que implica un clima mediterráneo con escasez de precipitaciones, temperaturas altas, etc..., ya que está reativamente cercana al trópico de Cancer.
- Su localización geográfica en el Sureste peninsular. Esto supone la llegada de masas de aire y borrascas del Norte, Noroeste, oeste, sur y suroeste que por regla general acentúan la sequedad de la zona.
- Influencias locales como la orografía (penibética y subbética), que actúa como barrera de las masas de aire húmedas que descargan sus precipitaciones a barlovento dejando la zona de sotavento al paso de las masas de aire secas y cálidas.
- La falta de vegetación arbórea que provoca, aunque en pequeña parte, la falta de precipitaciones.
- El mar Mediterraneo como termorregulador de las temperaturas en las zonas costeras. Esto provoca en parte que en Almería exista un clima mediterráneo con dos variedades:
 - o Subdesértico: Abarca toda la parte meridional y zonas costeras. En estas zonas podemos encontrar una temperatura media anual entre 15 y 21°C, una amplitud térmica anual entre 10 y 15°C y precipitaciones escasas e irregulares (por debajo de los 300 mm anuales).
 - o Mediterraneo continental: Ocupa el interior y norte de la provincia en los que nos encontramos Precipitaciones entre 350 y 450 mm anuales, temperatura media anual entre 12 y 16°C, amplitud térmica anual entre 15 y 20°C.

Evidentemente estas circunstancias y tipos de clima, junto con una gestión del suelo poco eficiente, podrían incidir en la evolución regresiva del suelo.

3.1.3.2. Erosión, Erosividad y pérdidas de suelo

a) Erosión y erosividad

La **erosión** es un proceso de sustracción o desgaste de la roca del suelo, por acción de procesos geológicos exógenos. Intentaremos en este punto analizar el estado erosivo así como los factores que influyen en el proceso en la provincia de Almería.

En Almería, los factores que provocan la erosión son principalmente:

- La abrasión mecánica provocada por:
 - o El viento
 - o El agua superficial
 - o Expansión-contracción térmica por variaciones estacionales o diurnas
- Acción química de compuestos (ácidos débiles en agua superficial y de lluvia, hidrólisis, etc...)

Contra ello, existen “defensas naturales” como por ejemplo la cubierta vegetal que disminuyen en parte la acción de dichos agentes.

Uno de los principales factores es el agua, cuya acción se potencia con la alteración de la cubierta vegetal natural, generalmente por la acción directa del hombre, o cuando se aplican unos usos inadecuados del suelo. Esto se convierte en uno de los principales mecanismos desencadenantes o

aceleradores del proceso de la erosión, por otra parte fenómeno natural y modelador del entorno cuando actúa de forma natural con tasas de remoción del suelo aceptables.

A continuación se muestra una figura en la que se clasifica el territorio almeriense en función de su riesgo de erosión.

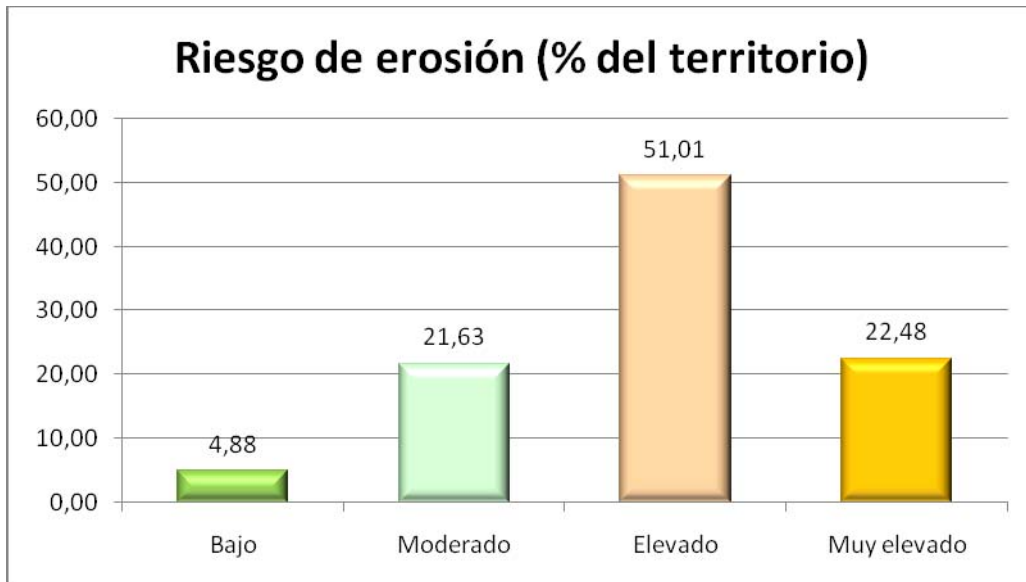


Figura 8. Riesgo de erosión en Almería. Fuente: Consejería de Medio Ambiente

De este gráfico se deduce el alto nivel de riesgo de erosión de Almería, ya que más del 70% del territorio almeriense se encuentra en un grado elevado o muy elevado de erosión.

Esto se traduce en un paisaje característico en Almería, el desierto, o en zonas no tan extremas un paisaje árido con pérdida de potencialidad biológica y productiva del medio.

Encontramos en Almería los siguientes tipos de erosión:

- Erosión hídrica

Se le denomina al efecto del desplazamiento debido al agua, provocando el humedecimiento de la tierra y que esta se deslave, ya sea por pendiente a cuesta o pendiente en vertical.

En Almería se forman paisajes característicos debido a este tipo de erosión:

- Cárcavas
- Surcos

Este paisaje se da principalmente en zonas como el desierto de Tabernas. La erosión hídrica es un problema ambiental que conduce a un empobrecimiento y pérdida de potencialidad biológica y productiva del medio que, cuando confluye con unas condiciones climáticas áridas y semiáridas, como las que se dan en Almería, puede potenciar el proceso de desertificación.

La erosión hídrica se ve condicionada de forma directa por el bajo régimen pluviométrico almeriense, vinculándose no sólo a la cantidad de lluvia caída si no especialmente a la intensidad de la misma, expresándose su capacidad de producir erosión a través de un indicador denominado erosividad, factor que aúna las dos características anteriores. Obviamente esta erosión se ve condicionada por la alta

variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones pudiendo presentar su incidencia en el territorio importantes variaciones anuales.

- Erosión marina

La erosión de la costa se produce principalmente por las olas, corrientes y mareas del mar Mediterraneo sobre el litoral almeriense. Estos factores modelan las costas del mar y les dan forma.

Debido a este factor, encontramos en Almería algunos de estos paisajes litorales:

- Acantilados
- rocas aisladas de la costa y rocas erosionadas
- Playas

La deriva continental fluye mucho en el modelaje de las playas y costas almerienses.

- Erosión eólica

Este fenómeno se produce cuando el viento transporta partículas diminutas que chocan contra alguna roca y se dividen en más partículas que van chocando con otras sustancias. En Almería se presenta principalmente en la zona mas desértica de la provincia en formas de dunas y badlands. Este tipo de erosión conlleva un tiempo más largo de actuación, debido al tiempo que tarda en llevarse a cabo.

Este tipo de actuaciones se deben y dependen de:

- Suministro de arena.
- Velocidad del viento.
- Variabilidad en la dirección del viento.
- Características de la superficie por la que se desplaza la arena

- Erosión cárstica

Este proceso se da principalmente en el Campo de Tabernas, en el término municipal de Sorbas, concretamente en la zona de Karst de Sorbas (con una extensión de 3500 Ha. Y una altitud entre 200 y 650 m). Se trata de un modelo cárstico de yesos



Figura 12. Situación del Karst de Sorbas

Este proceso se da cuando el agua se introduce en el interior de la tierra y disuelve las rocas y granos presentes, en este caso, de yeso.

- Erosión biótica

En este tipo de erosión se involucran los procesos químicos que se llevan a cabo en las rocas. Intervienen factores como las diferencias calor- frío, compuestos biológicos y reacciones químicas del agua con las rocas y materiales geológicos.

Existen otros tipos de erosión (por ejemplo: erosión glaciár.), que no encontramos en el territorio almeriense.

En cuanto a la erosividad del terreno, Almería registra el mayor incremento relativo de la erosividad (superior al 40% respecto de la media andaluza), pero debe ser matizado ya que en términos absolutos se han registrado 665 Mj*mm/ha* hora*año frente a un registro medio de 469, mientras el incremento por ejemplo en Huelva respecto de la media ha superado 500 Mj*mm/ha*hora*año. El extremo más oriental de la Sierra de Filabres, Sierra de Gádor y Sierra de María han sido los lugares donde se han producido fuertes eventos erosivos de carácter local.

Cabe destacar que en Andalucía, todas las provincias presentan niveles por debajo de la situación promedio, salvo un ligero incremento de no más del 3% en las pérdidas muy altas en la provincia de Almería, provocado por la alta intensidad de eventos erosivos de carácter local.

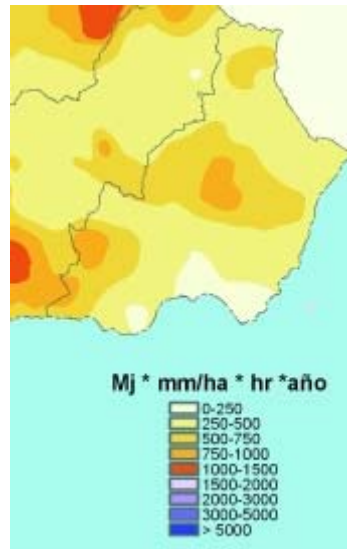


Figura 8. Erosividad media en el territorio almeriense

Almería presenta una situación ligeramente más favorable que la situación media, ya que mientras que la superficie afectada por pérdidas muy altas se mantiene, la afectada por altas disminuye un 9%. Esta reducción se ha producido a pesar del aumento de precipitaciones en el norte y en las zonas costeras, pues únicamente la existencia de intensos eventos erosivos de carácter muy local son los que han marcado el mantenimiento de la superficie con erosión muy alta.

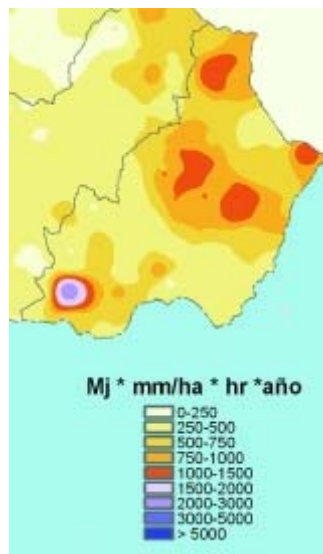


Figura 9. Erosividad de la lluvia (2006)

En cuanto a los usos más afectados son los mosaicos con vegetación natural, mosaicos de cultivo y leñosos en secano con un 19,3%, 15,9% y 14,2% de su superficie con altas y muy altas pérdidas de suelo. A pesar de ello son los matorrales dispersos los que más superficie aportan con más de 29.000 ha, a pesar de no superar el 11% de afectación, no alcanzando en los tres casos anteriores más de 8.000 ha.

b) Pérdidas de suelo

Gráficamente, la pérdida de suelo en Almería (datos de 2006), y teniendo en cuenta que estos son los valores de intervalos indicados en las figuras:

Nombre del intervalo	Valores del intervalo (Tm/ha/año)
Baja	[0, 12]
Moderada	(12 - 50]
Alta	(50, 100]
Muy Alta	> 100

Se muestran las figuras siguientes:



Figura 10. Pérdidas de suelo en Almería (2006)

Estadísticamente:

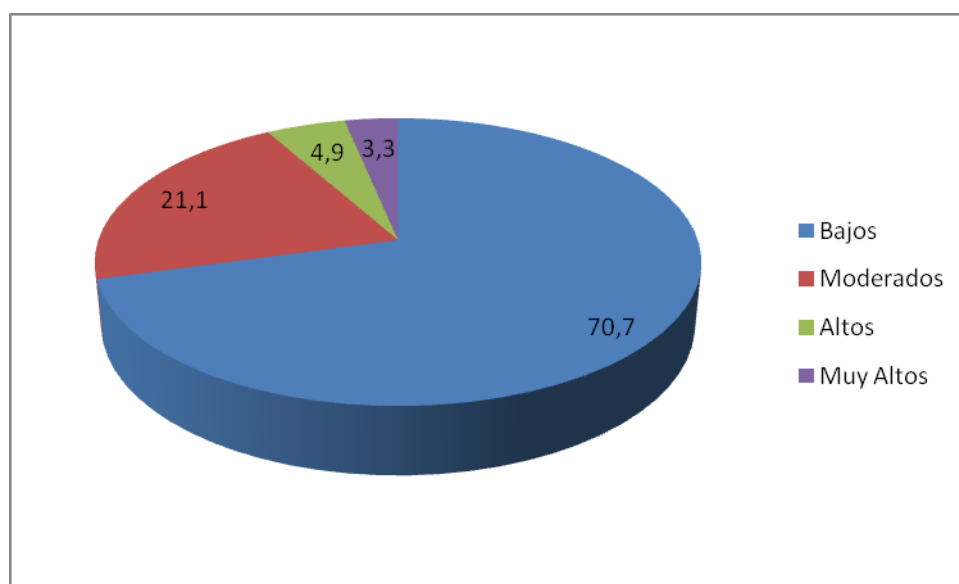


Figura 11. Pérdidas de suelo Almería 2006

Comparamos la pérdida de suelo almeriense con la pérdida de suelo andaluz en general y podemos observar que las cifras son realmente similar, manteniéndose Almería en la media autonómica.

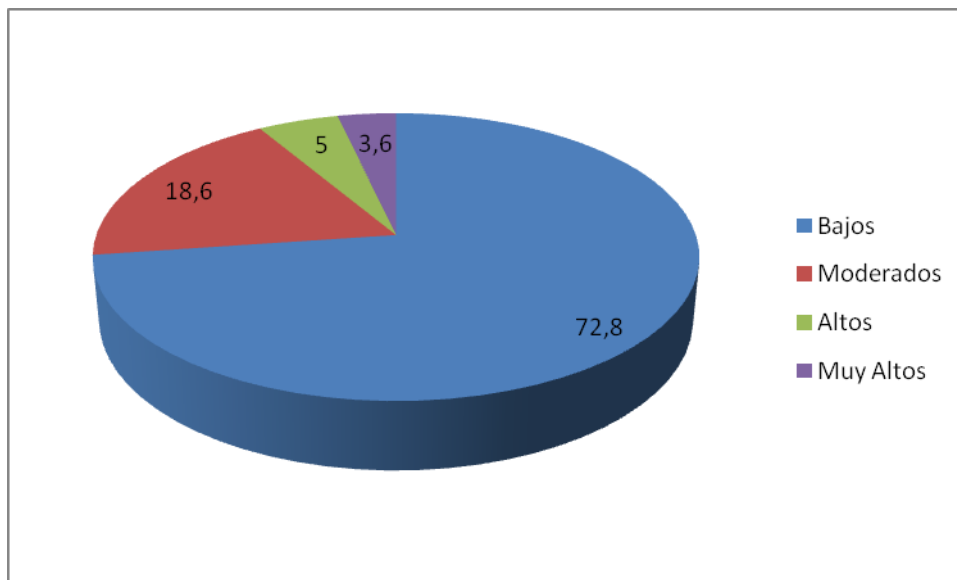


Figura 12. Pérdidas de suelo Andalucía 2006

Estos son datos de 2006, pero para poder comprobar la evolución de estas pérdidas, vamos a observar un conjunto de años mas amplio (desde 1998 hasta 2006).

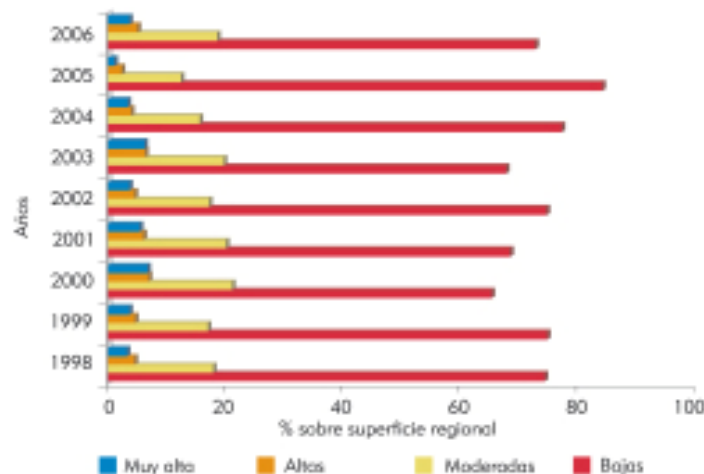


Figura 13. Evolución de la pérdida de suelo en Almería en los últimos años

A escala andaluza, debemos tener en cuenta que si se contrastan los principales tipos del territorio respecto a las pérdidas de suelo, se observa que los usos más afectados por niveles de pérdidas altas y muy altas son, en orden de importancia: *badlands* (40,4% de superficie afectada con pérdidas altas y muy altas respecto al total de su tipología), mosaicos de cultivos con retazos de vegetación natural (35%), suelo desnudo y roquedos (27%), viñedos (26%), cultivos leñosos (19%), olivar (18%), áreas

roturadas (14,5%), áreas incendiadas (11,8%), herbáceos en secano (9,8%) y matorrales dispersos (9,8%).

Si hablamos en términos absolutos los usos que aportan mayor superficie con pérdidas altas y muy altas serían el olivar con 236.664 ha, herbáceos en secano con 138.690 ha, matorrales dispersos con 87.146 ha y mosaicos de cultivos con vegetación natural, 80.229 ha. Es obvio que por su propia naturaleza, suelos desnudos y áreas incendiadas y roturadas presenten altos valores de afectación pero representan menos del 0,5% de la superficie regional, por lo que el análisis de usos y pérdidas de suelo se centrará en los más significativos a nivel regional.

A continuación se presentan datos de pérdida de suelo almeriense con respecto al total de Andalucía:

Pérdida de suelo	Almería	Media	Andalucía
Bajas	85,90	83,33	84,20
Moderadas	11,10	13,04	12,40
Altas	1,90	2,43	2,30
Muy altas	1,10	1,20	1,10

4. AMENAZAS PRINCIPALES

Las principales amenazas para una gestión sostenible del suelo se resumen a continuación:

- El progresivo y posible abandono de tierras de labor en áreas del interior de la provincia podría conllevar la pérdida de suelo, con el consiguiente aumento del riesgo de erosión en un territorio ya de por sí sensible a este fenómeno.
- El riesgo de desertificación es muy elevado de manera natural por la posición geográfica de la provincia y sus características climáticas (Almería se encuentra en el paralelo 37° lo que implica un clima mediterráneo con escasez de precipitaciones y altas temperaturas). Este riesgo se ve agravado por la presión antrópica en la provincia.
- La climatología puede actuar como agente favorecedor en la pérdida de suelo y la erosión si tenemos en cuenta el carácter esporádico y torrencial de las precipitaciones en determinadas épocas del año. Si bien la pérdida de suelo en la provincia se ha mantenido sin cambios destacables en la última década, la disminución de la cobertura vegetal natural podría disminuir la capacidad de soporte del suelo y contribuir a su pérdida. Esto se combina con la escasa vegetación arbórea que de manera natural ocurre en buena parte de la provincia.

5. PROPUESTA DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

Los indicadores de sostenibilidad propuestos para la gestión de los espacios naturales son los siguientes: Superficie total de suelo útil en la provincia

- Intensidad de uso de suelo por sectores
- Tasa anual de pérdida de suelo útil
- Evolución de la superficie construida: sellado de suelo