

## Resumen

El relieve de la costa del extremo oriental del litoral malagueño en la zona de Nerja, al S de Sierra Almijara, está marcadamente condicionado por las características litoestructurales del Manto de la Herradura (Complejo Alpujárride, Cordillera Bética) que son las responsable de la existencia de dos litologías fundamentales para la configuración del relieve y de una serie de fracturas y fallas que compartimentan la zona en una serie de bloques cuya disposición y dinámica es fundamental en el desarrollo de la morfología de la zona. Las unidades morfológicas que se pueden aislar en este contexto son las siguientes: la Sierra Almijara que con una dirección NW-SE se extiende desde la costa hasta el interior alcanzado rápidamente cotas superiores a 1.800 m, la cuenca sedimentaria neógeno-cuaternaria de Nerja con el piedemonte litoral asociado y la red fluvial, y la franja costera. En la primera unidad cabe destacar el desarrollo de morfologías debidas al sistema morfogenético kárstico y al de gravedad vertiente. La Cuenca de Nerja se caracteriza por una sedimentación neógena que se inicia con un carácter marcadamente marino que progresivamente se hace regresivo hasta ser marcadamente continental durante el Pleistoceno, con el desarrollo de un piedemonte litoral configurado por una sucesión de abanicos aluviales escalonados. La red fluvial cuaternaria, con un claro control estructural, se encaja tanto en los materiales alpujárrides como en los depósitos de la cuenca de Nerja dando lugar a terrazas de escasa extensión, algunas de carácter travertínico, mientras que en su desembocadura en el mar Mediterráneo aparecen formas de transición (pequeños estuarios y deltas). La franja costera es donde se encuentra representado el dominio morfogenético marino, cuyas principales manifestaciones son los paleocantilados y acantilados actuales, las plataformas de abrasión y las playas.

**Palabras Clave:** Geomorfología, Plioceno, Cuaternario, Sierra Almijara, Costa de Nerja, Abanicos aluviales, Karst.

## Abstract

*The coastal relief of the Málaga shore eastern margin (Eastern Costa del Sol) in the area of Nerja, S of Sierra Almijara, is markedly conditioned by the lithostructural characteristics of the Manto de La Herradura (Alpujarride Complex, Betic Cordillera). These features are responsible for the existence of two lithologies which are essential for the relief shape and for a series of fractures and faults that divide the zone into a series of blocks whose disposition and dynamics are fundamental in the development of the morphology of this area. The geomorphologic units that can be isolated in this context are the following: Sierra Almijara, with a NW-SE direction spreading from the coast inwards and rapidly reaching heights over 1800 m; the Neogene-Quaternary sedimentary basin of Nerja with its associated coastal piedmont and the fluvial network; and the coastal strip. In the first unit, the development of morphologies due to the morphogenetic karstic system and to the slope-gravity can be emphasized. The Nerja sedimentary basin is characterized by a neogene sedimentation that originates with a markedly marine nature and progressively turns regressive until it becomes markedly continental during the Pleistocene, developing a coastal piedmont shaped by a series of terraced alluvial fans. The quaternary fluvial network, with a clear structural control, is inserted both into the Alpujarride materials and into the Nerja basin deposits, giving rise to small size terraces, some of them of a travertine nature, whereas some transitional forms appear in its mouth into the Mediterranean sea. The marine morphogenetic domain, whose main features are paleocliffs and recent cliffs, abrasion platforms and beaches, is represented in the coastal strip.*

**Key words:** Geomorphology, Pliocene, Quaternary, Sierra Almijara, Nerja coast, Aluvial fans, Karst.

# Análisis geomorfológico y paleogeográfico de la Costa del Sol Oriental en los alrededores de Nerja (Málaga, S de España)

Jesús F. Jordá Pardo\*

«... porque así como van variando las explicaciones del universo, también la sentencia que antes pareció inmutable para todo y siempre, ofrece súbitamente otra interpretación, la posibilidad de una contradicción latente, la evidencia de su propio error.»

José Saramago. *Historia del cerco de Lisboa*

«Al atardecer dábamos un gran paseo. Unos días íbamos al Tablazo, donde hoy está el Parador, una zona entonces casi desértica de piedra amarilla.»

Isabel García Lorca. *Recuerdos míos*

## Introducción

El objetivo de este trabajo es ofrecer una nueva aportación al conocimiento de los depósitos pliocenos y cuaternarios y de las características geomorfológicas y paleogeográficas del extremo oriental de la costa de la provincia de Málaga en los alrededores de Nerja, dentro del marco general definido por la cuenca sedimentaria de Nerja, las elevaciones de Sierra Almirajara y la línea de costa. El estudio se ha centrado en la realización de una cartografía geológica y geomorfológica (figuras 1 y 8) a partir de la fotointerpretación de fotogramas aéreos (escalas 1:20.000 y 1:33.000) y del reconocimiento intensivo y exhaustivo del terreno, en una época (entre 1984 y 1988) en la que este se encontraba libre de muchas de las urbanizaciones ahora existentes, por lo que su observación directa aún era posible, cosa que no ocurre en la actualidad.

\* Dr. en Ciencias Geológicas. Dpto. de Prehistoria e Historia Antigua. Facultad de Geografía e Historia. UNED. Ciudad Universitaria. C/ Senda del Rey, 7. 28040 Madrid. jjorda@geo.uned.es

Este trabajo es un resumen del capítulo de mi Tesis Doctoral (Jordá Pardo, 1992) dedicado a la Geomorfología de la zona de Nerja, investigaciones que llevé a cabo durante mi estancia en el Museo Nacional de Ciencias Naturales siendo su director el aquí homenajeado Prof. Dr. Emiliano Aguirre Enríquez, con el que tuve el gusto de debatir determinados aspectos del trabajo que aquí presento en su honor.

## Marco geológico

La zona considerada ocupa el extremo oriental de la costa de Málaga, comprendiendo parte de los términos municipales de Nerja y Frigiliana, y cartográficamente se puede localizar en las hojas 1.054 y 1.055 del Mapa Topográfico Nacional a E. 1:50.000 del I.G.N. El área estudiada se localiza en el extremo oriental de la costa malagueña y al S de la Sierra Almirajara, limitada al S por el mar Mediterráneo, al NW por los esquistos paleozoicos y al NE por los mármoles triásicos, ambos del complejo Alpujarride. En este contexto geológico se desarrolla la cuenca sedimentaria de Nerja que presenta una geometría triangular cuyo vértice N está situado en Frigiliana mientras que la línea de costa constituye su base (Fig. 1).

## Los materiales alpujarrides y su fracturación

Los materiales alpujarrides aparecen representados en la Sierra Almirajara y al N y W de Nerja. La Sierra Almirajara, desarrollada sobre mármoles triásicos y esquistos paleozoicos de la Unidad de Las Alberquillas del Manto de La Herradura del Complejo Alpujá-

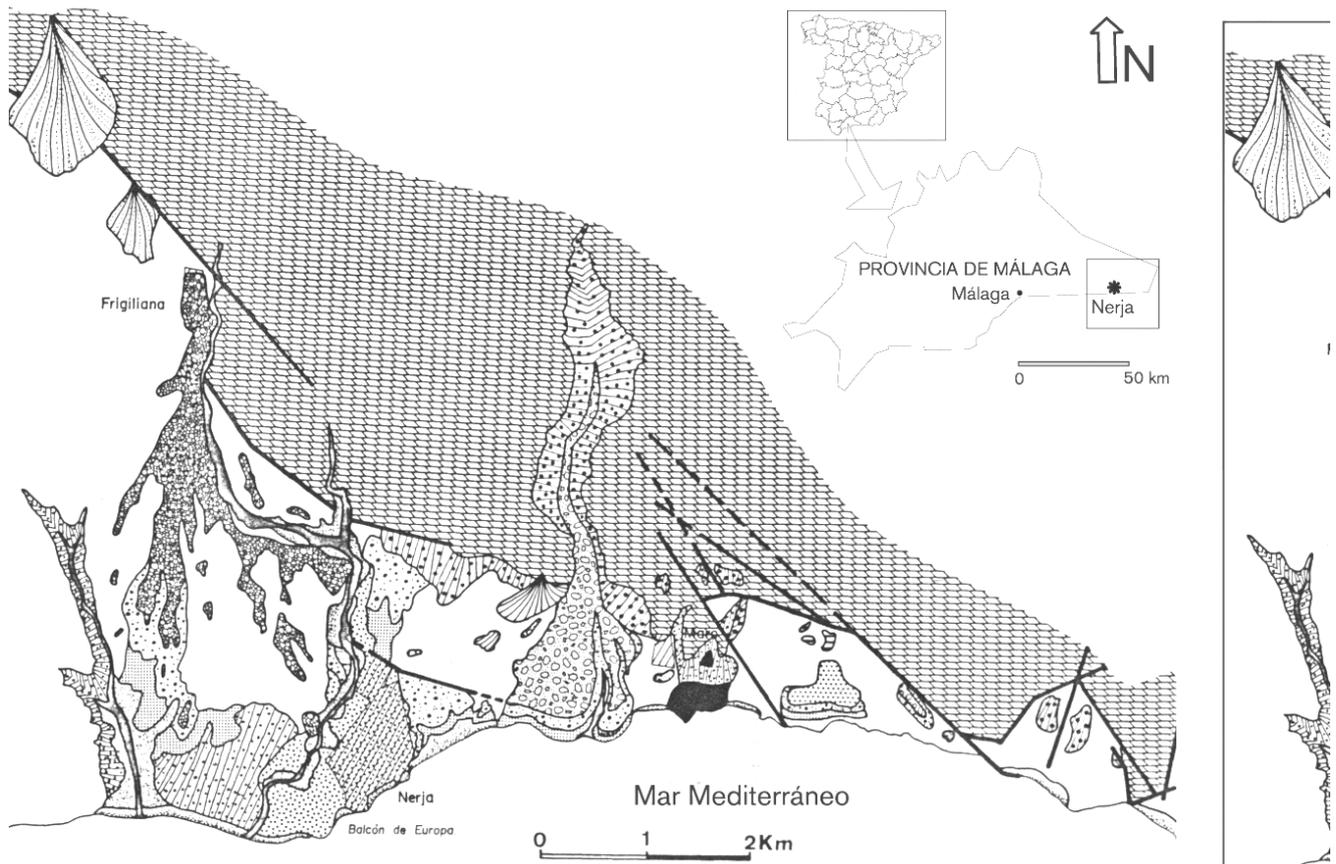


Fig. 1. Situación geográfica y mapa geológico de la zona de Nerja (delineación de Federico Ramírez Trillo). Leyenda: Zócalo alpujárride: 1, Mármoles; 2, Esquistos; Plioceno: 3, Areniscas (Unidad Inferior); 4, Conglomerados y areniscas (Unidad Superior); Pleistoceno: Conglomerados, areniscas y calizas, 5, Abanico aluvial de Frigiliana, 6, Abanico aluvial de la Torre de Maro, 7, Abanico aluvial de los Colmenarejos (Unidad Pleistoceno 1), 8, Abanico aluvial de Maro (Unidad Pleistoceno 2), 9, Abanico aluvial de Nerja (Unidad Pleistoceno 3); 10, Conglomerados (Terraza +10/+7 m); 11, Travertinos (Travertino del Llano de Maro); 12, Conglomerados (Depósitos de vertiente); 13, Conglomerados (Conos de deyección); Holoceno: 14, Cantos, arenas y limos (Terraza +1,5 m); 15, Cantos, arenas y limos (Depósitos de vertiente); 16, Cantos (Conos de deyección); 17, Cantos, arenas y limos (Aluvial); 18, Cantos y arenas (Playas); 19, Núcleos urbanos.

ride (García-Dueñas y Avidad, 1981; Elorza y García-Dueñas, 1981), equivalente al Manto de Almijara (San de Galdeano, 1986), se extiende entre Sedella y Canillas de Aceituno al W, penetrando en dirección E hasta la provincia de Granada. Litológicamente se compone de una serie de esquistos oscuros paleozoicos sobre los que aparecen discordantes materiales triásicos correspondientes a esquistos claros y calcoesquistos y mármoles dolomíticos grises y blancos, con abundantes intercalaciones de micaesquistos y localmente intercalaciones de rocas calcosilicatadas, cuya petrología ha sido estudiada en los alrededores de Nerja (López Sánchez-Vizcaíno y Gómez Pugnare, 1993). Al W, N y NE de Nerja los materiales pertenecen a la Unidad de Sayalonga del Manto de Los Guájares del Complejo Alpujárride (Elorza y García-Dueñas, 1981), apareciendo en los afloramientos al W, N y NE de Nerja esquistos oscuros paleozoicos, grafitosos, de color negro, con estauroilita y andalucita, que presentan intercalaciones de cuarcitas rojizas, mientras que en un pequeño afloramiento al NE aparecen unos esquistos claros (micaesquis-

tos y esquistos cuarzo-moscovíticos) de edad Triásico inferior.

Las diferentes fases de deformación que afectan a los materiales descritos han sido agrupadas en deformaciones prealpinas, alpinas y recientes, estas últimas responsables de estructuras de distensión como fallas normales agrupadas en varios sistemas (NW-SE, NE-SW, E-W y N-S) y cuya edad se sitúa en el Mioceno superior y Plioceno, así como fallas en dirección de carácter dextral y de edad Plioceno superior o incluso Cuaternario, ligadas a compresiones de dirección N-S (García-Dueñas y Avidad, 1981; Elorza y García-Dueñas, 1981; Sanz de Galdeano, 1993).

Entre las fallas NW-SE destacan las de dirección N 135° E, como la falla de Sayalonga, la de Frigiliana, la de Las Alberquillas y la de la Torre del Pino, todas con trazado más o menos rectilíneo (Fig. 2.1), que corresponde a una familia de fallas en relevo con componente en dirección e importante salto vertical que hace descender los bloques SW (Elorza y García-Dueñas, 1981), si bien originalmente estas fallas corresponden a des-

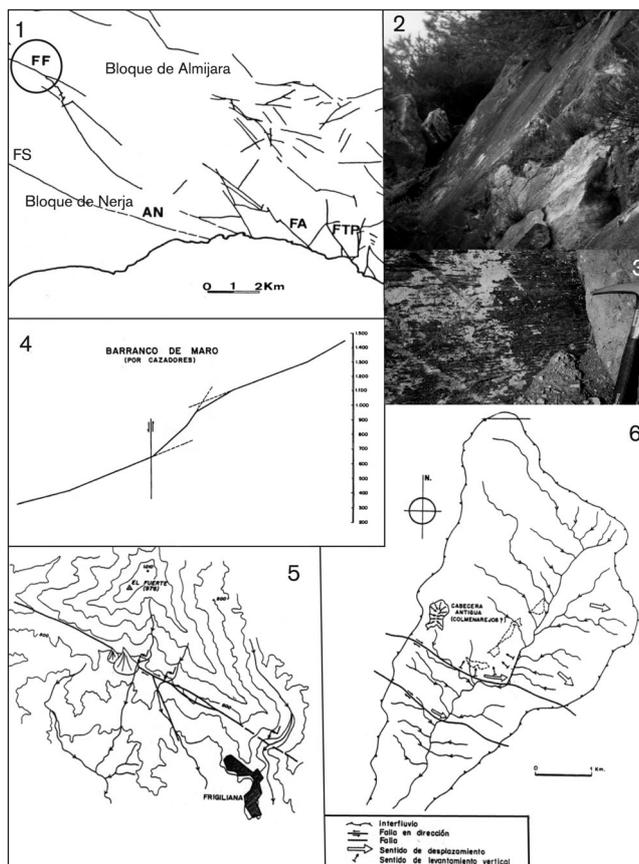


Fig. 2. 1, Red de fracturación (FS, falla de Sayaloga; FF, falla de Frigiliana; AN, accidente de Nerja; FLA, falla de las Alberquillas; FTP, falla de la Torre del Pino); 2, Aspecto del plano de la falla de Frigiliana en la zona marcada con un círculo; 3, Estrias horizontales de la falla de Frigiliana en el punto marcado; 4, Escalonamiento neotectónico del perfil longitudinal del Barranco de Maro; 5, Dislocación de la red fluvial en la zona de la falla de Frigiliana; 6, Dislocaciones en la cuenca del río de la Miel (4, 5, y 6 delineadas por José Arroyo).

garres dextrorsos con componente inversa, que posteriormente, durante el Plioceno y Cuaternario, actuaron con componente normal (Sanz de Galdeano, 1986). La primera tiene un marcado carácter rectilíneo y afecta a los esquistos de la Unidad de Sayalonga del Manto de Los Guájares así como a los materiales pliocenos de Nerja, presentando un movimiento normal en su tramo denominado Accidente de Nerja (Fourniguet, 1975), donde se observa en la zona del plano de falla una milonita que engloba materiales esquistosos y sedimentarios pliocenos intensamente triturados y fuertemente cementados.

La falla de Frigiliana (Fig. 2.1), también denominada de Canillas – Nerja (Sanz de Galdeano, 1989) o de Frigiliana – Nerja (Sanz de Galdeano, 1993), cuya longitud supera los 30 km, tiene un salto horizontal de al menos 30 km (Sanz de Galdeano, 1989) con funcionamiento dextrógiro. Este accidente limita dos bloques, uno al NE, elevado constituido básicamente por los mármoles triásicos de la Unidad de las Alberquillas de Sierra Almijara, y otro al SW, deprimido, integrado por esquistos

grafitosos y biotíticos de la Unidad de Sayalonga del Manto de Los Guájares. Su plano de falla, subvertical o con una acusada inclinación hacia el SW, se identifica perfectamente en la topografía, apareciendo en muchos casos el espejo de falla rubefactado, desarrollado sobre los mármoles alpujárrides, con estrias horizontales de sentido S-SE, visibles en el camino del Acebuchal, al NW de Frigiliana (Fig. 2.2 y 2.3).

Las otras dos fallas citadas, de Las Alberquillas y de la Torre del Pino (Fig. 2.1), son de pequeña longitud (3 y 1 km respectivamente) y están formadas por pequeños segmentos rectilíneos enlazados por fallas conjugadas de menor longitud. La falla de Las Alberquillas denominada por Sanz de Galdeano (1993) del Río de la Miel, con movimientos de desgarre puro con funcionamiento dextrorsos y también oblicuos normales con componente dextrorsos (Sanz de Galdeano, 1993), tiene una falla conjugada de dirección NE-SW que está marcada por el trazado casi rectilíneo del barranco del Río de la Miel. Las fallas E-W solo están representadas en la zona por la falla de Maro, que con dirección N 100° E afecta a los materiales pliocenos situados al W de Maro y tiene un carácter inverso.

#### La cuenca sedimentaria plio-cuaternaria de Nerja

En la cuenca sedimentaria de Nerja existen una serie de depósitos atribuidos al Plioceno y al Cuaternario (Fourniguet, 1975; Fourniguet y Le Calvez, 1975; Lhenaff, 1981; Jordá Pardo, 1992; Carrasco, 1993; Andreo *et alii*, 1993; Guerra-Merchán y Serrano, 1993; Guerra-Merchán *et alii*, 1999) que ocupan pequeñas extensiones en la franja costera y que tienen su máximo de penetración hacia el interior en los alrededores de Frigiliana (Fig. 1). En estos depósitos hemos establecido una seriación estratigráfica que comprende el Plioceno, el Pleistoceno y el Holoceno.

#### Los depósitos pliocenos

Los materiales del Plioceno se encuentran distribuidos por toda la zona (Fig. 1), existiendo en un cierto número de afloramientos que permiten profundizar en su estudio (Figs. 3 a 6). En ellos se pueden diferenciar dos grandes unidades estratigráficas que presentan características de unidades tectosedimentarias:

Unidad Inferior: Está constituida por areniscas líticas fosilíferas y calcarenitas, masivas o con laminación paralela, que en ocasiones presentan en la base conglomerados arenosolíticos de escasa potencia que contienen macrofósiles marinos. Aparece discordante sobre el sustrato alpujárride que bajo ella muestra un paleorrelieve y una alteración superficial muy patente en determinados puntos. Afloran al W de Nerja, en la zona de San Isidro, en la playa de Burriana, en Morasol al E del río Chillar, en el barranco de Maro y en la Torre de Maro. Presenta una potencia máxima visible de 22 m y mínima de 2,5 m y se dispone en bancos de espesor variable, paralelos entre sí, que se encuentran basculados y fallados, con un buzamiento de 25° S. Las areniscas contienen abundan-

tes restos de moluscos, muy fragmentados, aunque en ocasiones aparecen enteros, hecho que nos ha permitido situarlos en el Plioceno. Corresponde a una sedimentación en un medio costero de alta energía del tipo de playa abierta de arenas gruesas. Esta unidad es la calcarenita basal citada en la zona de Nerja por Fourniguet y Le Calvez (1975) y por Lhenaff (1981), a la que otorgan una edad Plioceno inferior-medio. Para Andreo *et alii* (1993) estos depósitos constituyen la Unidad Inferior Pliocena, en cuyos afloramientos al W de Nerja detectan un cambio de facies marinas a continentales, mientras que al N de Nerja, únicamente cartografían materiales continentales. En estos afloramientos al N de Nerja existen depósitos marinos con restos de moluscos, de características sedimentológicas similares a los situados al W de Nerja y en la base del escarpe de la playa de Burriana que permiten situar la máxima penetración marina de la Unidad Inferior pliocena más de un kilómetro al N de lo propuesto por los autores citados.

Unidad Superior: Está formada por alternancias de conglomerados, areniscas líticas fosilíferas, calcarenitas y arenas, de carácter marinotransicional, y por conglomerados de relleno de canal, arenas, fangos, arcillas, calcarenitas y calizas micríticas de claro carácter continental. Todos estos materiales forman en general secuencias granodecrecientes. Esta unidad está separada de la anterior por una clara discordancia angular, que se puede apreciar en los afloramientos de la playa de Burriana, entre otros. Afloran al W de Nerja en San Isidro, en la playa de Burriana, en Morasol y en la Urbanización Almijara III al E del río Chillar, en el barranco de Maro y en la Torre de Maro. Su potencia varía de 20 a 50 m, alcanzando los mayores espesores en zonas próximas al relieve. La geometría que presenta es tabular con tendencia a cuneiforme, alternando bancos tabulares de diferente espesor y naturaleza, entre los que se intercalan lentejones y cuñas con carácter erosivo. Corresponde a una etapa regresiva con pulsaciones transgresivas. La disposición cartográfica de las diferentes facies, las características intrínsecas de cada una de ellas y las secuencias deposicionales observables parecen indicar que se trata de una sedimentación costera de tipo deltaico ligada a la desembocadura de varios cursos fluviales. Al igual que la anterior, se encuentra claramente tectonizada, observándose en algunos afloramientos fracturación y basculamiento. Apenas contamos con datos que nos permitan ubicar con exactitud esta unidad dentro de la escala cronoestratigráfica. No obstante, su posición discordante por encima de la Unidad Inferior pliocena y los datos paleomagnéticos obtenidos (com. pers. del Dr. V. Soler) permiten hacer un ensayo cronoestratigráfico. De las muestras estudiadas mediante el método paleomagnético, las situadas en la parte inferior de la secuencia presentan una polaridad negativa, mientras que las situadas a techo la tienen positiva. Esto indica que la parte

basal se sitúa en el cron Gilbert de polaridad inversa, mientras que el tramo superior lo hace en el cron Gauss de polaridad positiva (Tarling, 1983). Por tanto la Unidad Superior comprendería la parte más alta del Plioceno inferior y las partes basal y media del Plioceno superior, mientras que la Unidad Inferior pertenecería claramente al Plioceno inferior. Esta atribución cronológica es prácticamente coincidente con la obtenida por Fourniguet y Le Calvez (1975) para la que ellos denominan calcarenita superior, cuyos tramos superiores pertenecerían al Plioceno superior. En algunos puntos coincide con la Unidad Superior del Plioceno cartografiada por Andreo *et alii* (1993) que restringen su extensión a la zona situada al E de Nerja sin considerar su afloramientos situados al N y al W.

#### *Los depósitos pleistocenos*

Los materiales del Pleistoceno aparecen distribuidos por toda la zona de Nerja, con afloramientos de diferente extensión y geometría, y con espesores muy variables (Fig. 1). En general, la naturaleza de estos depósitos es claramente continental, presentando un marcado carácter erosivo. Descansan bien de forma netamente discordante sobre el basamento alpujarride, o bien mediante una suave discordancia que en algunos puntos sólo es una disconformidad, sobre los depósitos pliocenos. A grandes rasgos se diferencian dos grupos de materiales pleistocenos: uno constituido por los depósitos de mayor extensión y potencia que llegan desde el relieve hasta la línea de costa actual, y otro integrado por depósitos de menores proporciones, ligados a diferentes relieves o morfologías.

El primer grupo de depósitos pleistocenos, comprende los originados por varios sistemas de **abanicos fluviales** encajados unos sobre otros, cuyos extremos apicales se sitúan en el interior del basamento alpujarride mientras que sus cuerpos se extienden culminando el relleno de la zona de Nerja (Fig. 1). Su límite inferior es una discordancia, bien sobre los materiales del zócalo, bien sobre los materiales de la Unidad Superior del Plioceno. Litológicamente, están formados por conglomerados con abundante matriz, conglomerados masivos o con estratificación difusa, conglomerados de relleno de canal y con estratificación lenticular, calcarenitas, arenas, lutitas, arcillas y calizas (Figs. 3, 5 y 6). Corresponden a una sedimentación de abanicos aluviales semiáridos, con desarrollo predominante de corrientes tipo *debris flow* sobre las *mud flow*, que en determinados momentos pueden llegar a presentar carácter húmedo. Localmente se detectan materiales originados por corrientes fluviales (depósitos de canal y de llanura de inundación) y por encharcamiento. Sobre la superficie de estos depósitos se desarrollan en algunos casos costras calcáreas, que son de tipo masivo y grumoso en las zonas apical y mesial de los abanicos, y de tipo laminar y *dalle* en las partes mesiales y laterales. En el abanico de Frigilliana aparecen costras en sus tramos inferiores que indican etapas de avenidas y de sequía (Couvreur y Vogt, 1976) así como condiciones de mal drenaje.

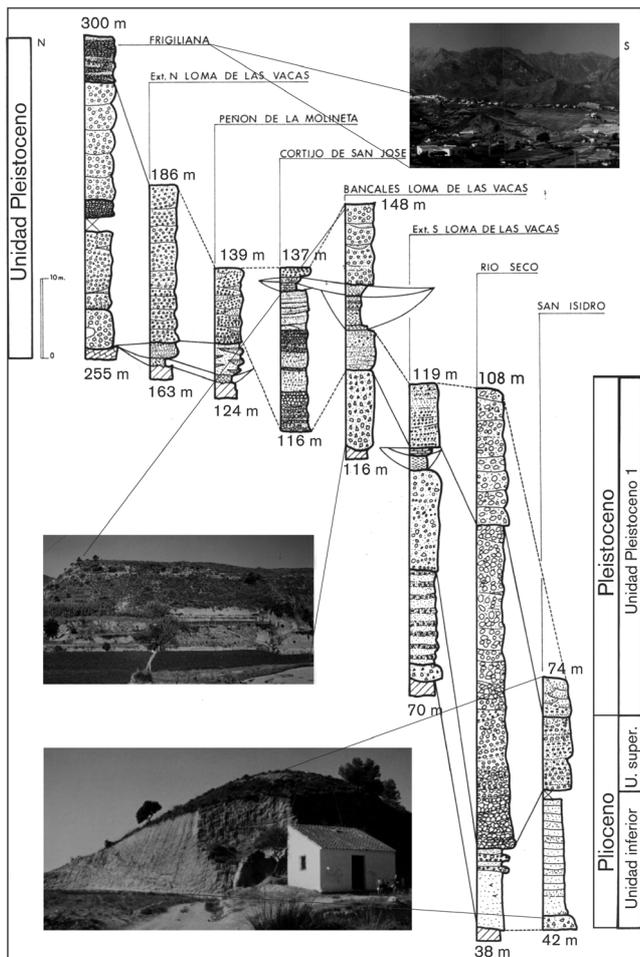


Fig. 3. Correlación estratigráfica de los depósitos pliocenos y pleistocenos del sector occidental de la cuenca sedimentaria de Nerja.

Ninguno de estos depósitos contiene restos fósiles, por lo que su situación cronoestratigráfica resulta difícil de determinar. A pesar de esto, Lhenaff (1981) atribuye a las que llama "brechas mortadela" una edad Villafranquiense de forma global, al igual que Durán Valsero (1985), quien engloba estos depósitos dentro de la que él denomina Formación Frigiliana. Trabajos posteriores (Andreo *et alii*, 1993; Guerra-Merchán y Serrano, 1993) incluyen estos materiales en una Unidad Pleistocena, desdoblada en dos unidades Pleistoceno I y Pleistoceno II en los alrededores de la Cueva de Nerja (Guerra-Merchán *et alii*, 1999). Por nuestra parte, utilizando una nomenclatura basada en topónimos locales, hemos diferenciado cinco sistemas de abanicos aluviales que de W a E son: abanico de Frigiliana, de Nerja, de Maro, de la Torre de Maro y de los Colmenarejos. Estos sistemas representan al menos tres momentos en la sedimentación dentro del Pleistoceno: el más antiguo corresponde a los abanicos de Frigiliana, de la Torre de Maro y de los Colmenarejos, que constituyen la **Unidad Pleistoceno 1**, el intermedio al abanico de Maro, o **Unidad Pleistoceno 2**, y el más reciente al abanico

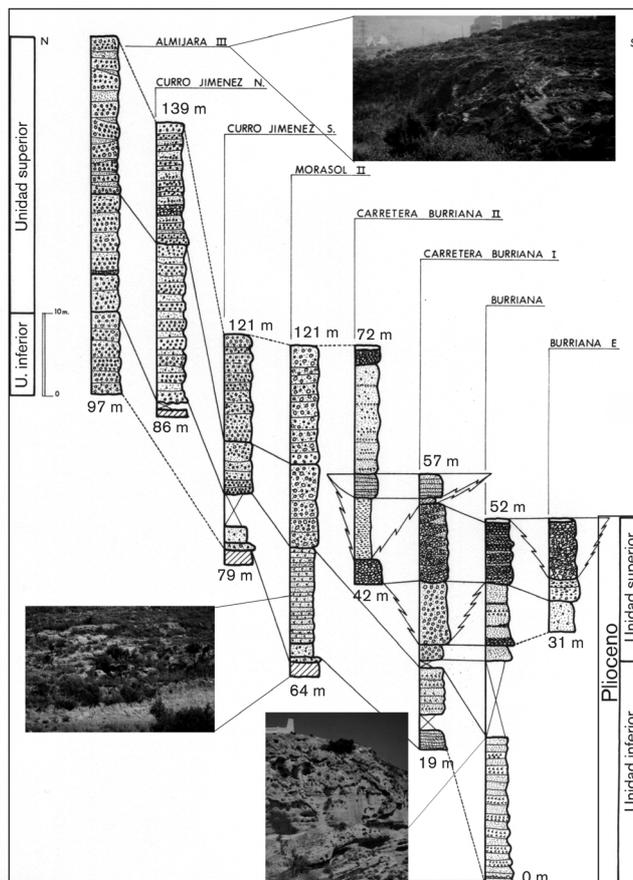


Fig. 4. Correlación estratigráfica de los depósitos pliocenos del sector central de la cuenca sedimentaria de Nerja.

de Nerja, o **Unidad Pleistoceno 3**. Los datos paleomagnéticos (com. pers. del Dr. V. Soler) permiten situar los abanicos más antiguos en el tránsito del Plioceno superior al Pleistoceno, dado que en su base presentan polaridades normales, que corresponderían al cron Gauss y en su techo polaridades inversas, correlacionables con el cron Matuyama. Los abanicos de edad intermedia presentan polaridades inversas en la base y normales a techo, que los sitúa en el tránsito entre los crones Matuyama y Brunhes, dentro del Pleistoceno inferior y medio. El abanico de Nerja, del que existe una datación radiométrica (Durán *et alii*, 1993) se situaría en los últimos momentos del Pleistoceno medio, o incluso en los primeros momentos del Pleistoceno superior. Según la división de Guerra-Merchán *et alii* (1999), el primer sistema de abanicos sería equivalente a la unidad Pleistoceno I de edad Pleistoceno inferior, mientras que el segundo correspondería a la unidad Pleistoceno II situada en el Pleistoceno medio e inicios del Pleistoceno superior.

El segundo grupo de depósitos diferenciado dentro de los materiales de clara atribución pleistocena está integrado por

los correspondientes a travertinos, terrazas fluviales, conos de deyección y depósitos de vertiente, que en general ocupan pequeñas extensiones y presentan un carácter muy local. Los **depósitos travertínicos** aparecen en dos puntos de la zona (Jordá Pardo, 1988): en Río de la Miel (playa y ladera) y en el Llano de Maro. La edad de los travertinos de la playa de Río de la Miel, por análisis polínicos (com. pers. de la Dra. M. Dupré Ollivier), no sería anterior al Pleistoceno medio, mientras que los de la ladera E, dada su posición geomorfológica superior a aquellos, sería algo anterior, también dentro del Pleistoceno. En cuanto a la edad del travertino de Maro, su situación geomorfológica, inferior a la superficie del abanico de Maro, permite situarlo en el Pleistoceno superior, atribución que corrobora la datación existente del mismo que ofrece la fecha de 46.000 años BP (Durán, 1996). Para Guerra-Merchán *et alii* (1999), el travertino del Llano de Maro constituye la unidad Pleistoceno III situada en el Pleistoceno superior. También existen en la zona pequeños retazos de **terrazas fluviales**, erosivas sobre los materiales alpujárrides, y en algunos casos sobre los del Plioceno, tales como la terraza del cortijo del barranco de los Colmenarejos, a + 10 m, las del barranco de Maro, o el retazo de la margen derecha del río Chillar, a + 7 m. Todos estos depósitos corresponden cronológicamente al Pleistoceno superior, dado que son claramente posteriores a los materiales de los abanicos aluviales sobre los que están encajados. Los **conos de deyección** y los **depósitos de vertiente** aparecen en ocasiones disconformes sobre los depósitos de los abanicos aluviales pleistocenos, por lo que son claramente posteriores a aquellos. Algunos de estos depósitos aparecen a cotas superiores a las del abanico de Maro, por lo que serían anteriores a este (afloramientos de la Torre del Pino y de la Fuente de Maro), mientras que otros se superponen a los materiales de este abanico (afloramiento del cementerio de Maro y de la ladera S de Sierra Almijara entre la Fuente del Baden y El Capistrano). Por tanto, cronológicamente, pertenecen al Pleistoceno, y dada su disposición estratigráfica y que presentan una polaridad magnética normal, se situarían dentro del Pleistoceno medio y superior.

#### *Los depósitos holocenos*

Los materiales holocenos de Nerja y su entorno corresponden básicamente a terrazas bajas, llanuras de inundación y lechos aluviales de los ríos, depósitos de vertiente y playas (Fig. 1). Las terrazas más bajas aparecen fundamentalmente en los ríos Chillar e Higuera, situadas a la cota de + 1,5 m sobre el lecho del río. Los sondeos realizados por Hoffman (1988) en el lecho aluvial del río Chillar han permitido detectar en los 2 m más cercanos a la superficie fragmentos cerámicos cuya atribución cronológicocultural no ha podido ser efectuada. La terraza baja de estos ríos y su lecho aluvial se situarían en el Holoceno, correspondiendo la primera a los comienzos y parte media de este, mientras que el segundo correspondería a una

época más reciente. Los depósitos de vertiente, los depósitos asociados a los acantilados marinos labrados en los materiales pliocenos y pleistocenos y las playas se desarrollan durante el Holoceno, permaneciendo activos en la actualidad. De edad actual y subactual son los travertinos asociados a las canalizaciones y molinos de agua de Frigiliana, que datan de la Edad Moderna.

#### **Neotectónica**

Los materiales pliocenos y cuaternarios de la zona de Nerja se encuentran afectados por la actividad neotectónica que se manifiesta por basculamientos de los depósitos pliocenos, fallas y fracturas que los afectan, modificaciones en los cursos fluviales, depósitos asociados a fallas y superposiciones de espeleotemas en el interior de la Cueva de Nerja.

Los depósitos de la Unidad Inferior del Plioceno se encuentran afectados por un basculamiento generalizado que se manifiesta por la existencia de dos sistemas monoclinales, uno mejor representado de dirección N 170° E y buzamiento entre 15° y 30° W, y otro de dirección N 90° E y buzamiento 20° S. Estos dos grupos de direcciones responden a la existencia de un basculamiento con diferente sentido en dos sectores delimitados por la falla NW-SE denominada por Fourniguet (1975) Accidente de Nerja (AN, Fig. 2.1), que compartimenta el bloque donde se emplaza la cuenca sedimentaria de Nerja en dos sub-bloques, de forma que el situado al N de ella sufre un basculamiento hacia el W con dirección N 170° E, mientras que el situado al S bascula hacia el SSW con dirección N 90°-100° E. En ambos casos los buzamientos rondan los 20° alcanzando los 30° los más cercanos al sustrato al N del Accidente de Nerja. Además el citado accidente afecta a los materiales pliocenos originando una milonita que los engloba junto con esquirlas de esquistos alpujárrides. Estos basculamientos responden a una fase intrapliocena que separa las dos unidades sedimentarias pliocenas.

Los materiales de la Unidad Superior del Plioceno también están afectados por un basculamiento general que se manifiesta al N del Accidente de Nerja con monoclinales de direcciones N 90°-95° E, N 165° E y N 75°-100° E y buzamientos de 23°-35° S, 30° W y 25°-30° S, respectivamente. En los cortes de la C.N.340 antes de llegar al cruce con la carretera de la Cueva de Nerja, la Unidad Superior del Plioceno están cortados por una falla N 80° E, cuyo plano, casi subvertical, buza hacia el S, con un funcionamiento inverso y un salto vertical de 2 m, que pone en contacto depósitos de transición con depósitos continentales, ambos de esta unidad. La edad de estos basculamientos podría ser finipliocena y sería responsable además de un rejuvenecimiento del relieve que daría lugar a los abanicos aluviales de Frigiliana, Torre de Maro y de los Colmenarejos. Con posterioridad, dos nuevas pulsaciones tectónicas pleistocenas dan lugar a los abanicos de Maro y de Nerja.

El abanico aluvial de Frigiliana se encuentra surcado por fracturas verticales de dirección N 150° E sin desplazamiento aparente, que presentan su plano vertical intensamente rubefactado

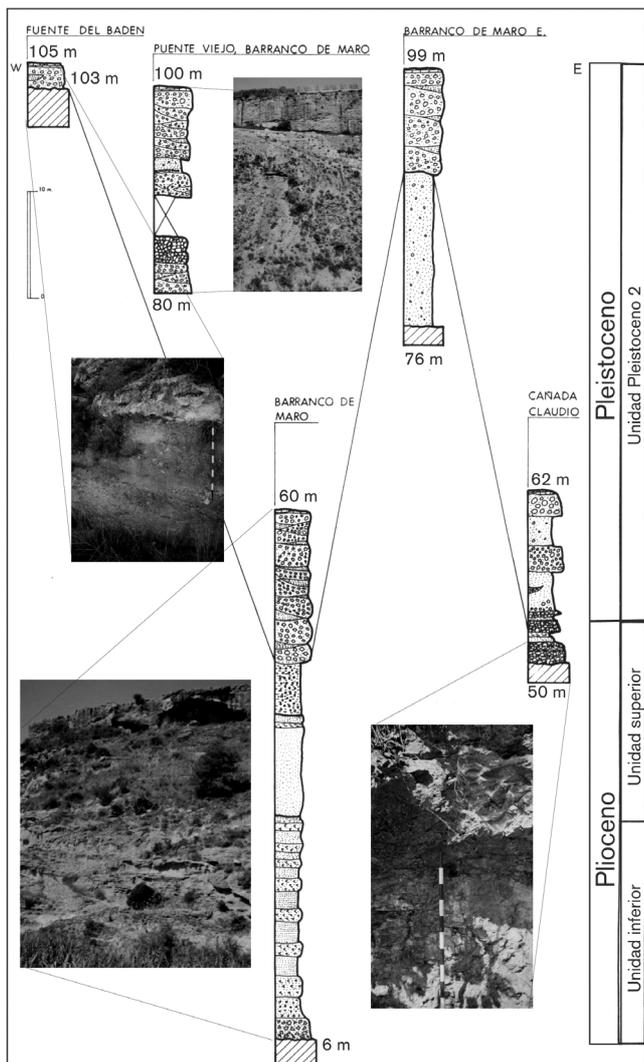


Fig. 5. Correlación estratigráfica de los depósitos pliocenos y pleistocenos del sector oriental (Barranco de Maro) de la cuenca sedimentaria de Nerja.

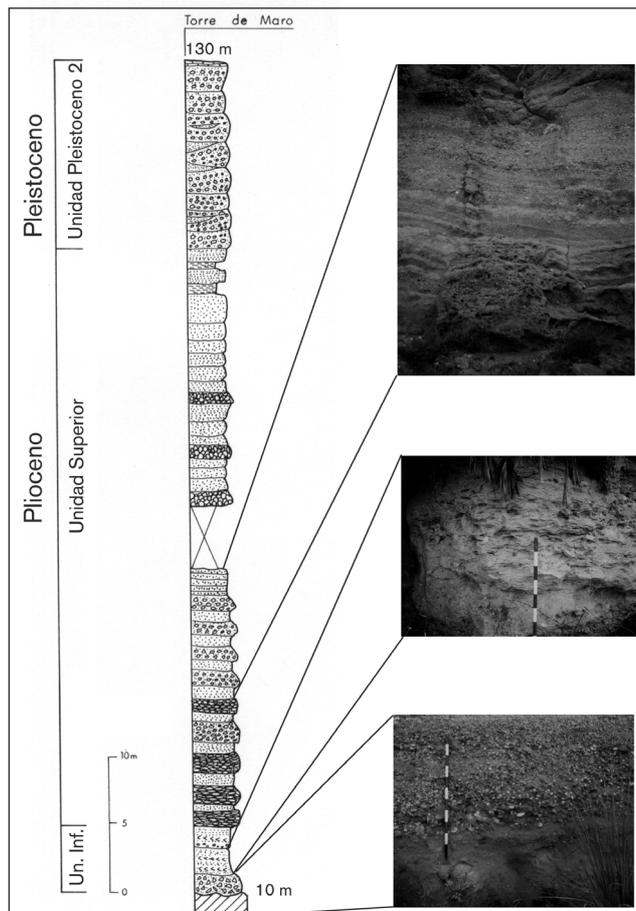


Fig. 6. Estratigrafía de los depósitos pliocenos y pleistocenos de la Torre de Maro, en el extremo oriental de la cuenca de Nerja.

y a favor de las cuales se ha producido una disolución cuyo hueco está relleno por arcillas rojas muy ricas en carbonatos. La edad de esta fracturación debe situarse a partir del Pleistoceno inferior.

Entre las modificaciones observadas en los cursos fluviales destacan: capturas y cambios de drenaje en las cabeceras de los ríos Higuierón, Chillar y barranco de Maro, marcada asimetría del perfil transversal de muchos valles en sus tramos superiores (ríos de los Colmenarejos y de la Miel), encajamiento diferencial de los diferentes ríos, saltos en los perfiles longitudinales de algunos ríos (Chillar y Barranco de Maro) asociados a fallas con movimiento vertical (Fig. 2.4), desviaciones de los cursos de los ríos en forma de codos próximos a 90° asociados a fallas de desgarre (Fig. 2.5), como la de Frigiliana, originando desviaciones de 200 m en las cabeceras de los arroyos del Pedregal y de los Bancales y del río Higuierón al N de Frigiliana, y, finalmente, deformaciones en divisorias de aguas con despla-

zamientos de tramos fluviales como ocurre en la cabecera del Río de la Miel, desplazada algo más de 500 m hacia el SE (Fig. 2.6). Todos estos movimientos deben estar situados entre el Pleistoceno medio y el holoceno.

En cuanto a los espeleotemas, Durán *et alii* (1993) señalan una importante fase tectónica entre 819.000 y 801.000 años B.P., que separa dos generaciones de espeleotemas, los más antiguos fracturados y basculados y fosilizados por los más modernos.

Otros indicios de actividad neotectónica son los numerosos fenómenos sísmicos registrados históricamente (desde 1494) en la zona oriental de la provincia de Málaga (López Arroyo *et alii*, 1980; Mezcuca y Martínez Solares, 1983; Vidal Sánchez, 1986; I.G.N., 1990), y finalmente, otros se desprenden del análisis espacial de la distribución geográfica de los asentamientos humanos actuales y abandonados y de la red de comunicaciones tradicional.

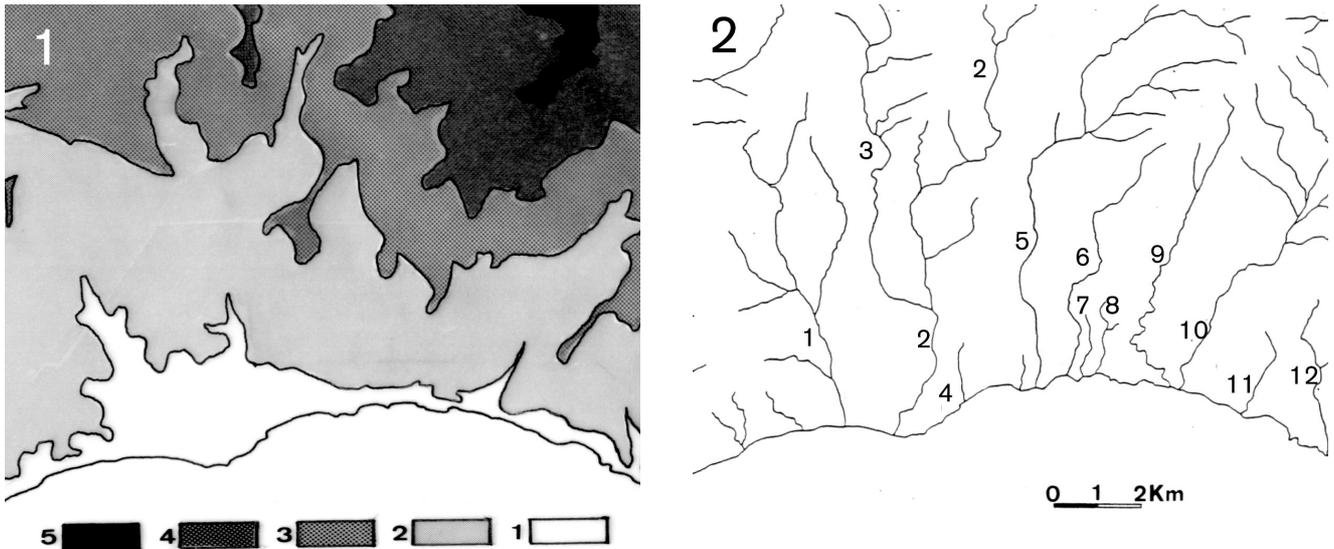


Fig. 7.1. Orografía del extremo oriental de la costa de Málaga (1, 0-100m; 2, 100-500 m; 3, 500-1000 m; 4, 1.000-1.500 m; 5, 1.500-2000 m); 2, Red hidrográfica del extremo oriental de la costa de Málaga (1, río Seco / arroyo del Meli; 2, río Chillar; 3, río Higuierón; 4, barranco de Burriana; 5, barranco de Maro / Coladilla de los Cazadores; 6, río Sanguino / arroyo del Campillo; 7, río de Maro; 8, arroyo de las Tierras Nuevas; 9, arroyo de los Colmenarejos; 10, río de la Miel; 11, arroyo de las Alberquillas; 12, río Cantarriján).

### Unidades morfológicas

La cartografía geomorfológica realizada en este sector de la costa malagueña (Fig. 8) nos ha permitido diferenciar tres unidades geomorfológicas principales (Jordá Pardo, 1992) cuyas características se describen a continuación: Sierra Almirajara, la cuenca de Nerja y la franja litoral.

#### Sierra Almirajara

Desarrollada fundamentalmente sobre mármoles y calcoesquistos alpujárrides, se extiende al SE de la provincia de Málaga y en ella se encuentran las cotas más altas de la zona, constituyendo los bordes NE y NW de la cuenca de Nerja. Se encuentra afectada por una importante karstificación así como por procesos de gravedad-vertiente.

#### Orografía

La Sierra Almirajara está configurada por varias **alineaciones orográficas** menores de dirección NW-SE, enlazadas unas con otras, que de W a E son: la Sierra de Cómpeeta, en el extremo más occidental, cuya cota máxima es Lucero (1.779 m), la Sierra de Enmedio, en el sector de Frigiliana, con cotas del orden de 1.100 m, que es una ramificación hacia el S de la anterior, y la Sierra de Nerja, en el extremo E, donde Almirajara alcanza su mayor cota en Navachica (1.823 m). Las cotas superiores a 1.500 m se disponen englobadas en una franja de dirección NW-SE, destacándose de W a E los cerros de la Mata (1.653 m), Lucero, de los Machos (1.587 m), en la Sierra de Cómpeeta, y los de la Piedra Sillada (1.675 m), Navachica, el Alto de la Cuesta del Espartal (1.596 m) y el Alto de la Cuesta del Cielo (1.508 m), en la Sierra de Nerja (Fig. 7.1). Un segundo escalón, situado hacia

el S, y con la misma dirección que el anterior, comprende las cotas superiores a 1.000 m e inferiores a 1.500 m, con los cerros de W a E Atalaya (1.256 m), Verde (1.330 m), del Cenacho (1.500 m), de las Tres Cruces (1.212 m), del Cisne (1.486 m), del Barranco del Pino (1.400 m), de las Golondrinas (1.303 m), de los Majos (1.326 m), etc (Fig. 7.1). Existe un tercer escalón con cotas inferiores a 1.000 m, situado en el sector de la Sierra de Nerja, que comprende los cerros de El Fuerte (976 m), Gibraltarillo (500 m), Bandera (514 m), Fuente del Perro (518 m), Romero (616 m), Tragalamocha (410 m), y Cruz del Pinto (397 m), entre otros (Fig. 7.1). Estas alineaciones de cumbres no son continuas, sino que pueden presentar zonas de cotas más bajas, por donde se accede al interior de Almirajara, constituyendo collados como el Puerto de Cómpeeta (1.400 m), el Puerto de Frigiliana (1.355 m) y el Puerto de la Ventosilla (1.500 m). Por debajo de las cotas de 500 a 600 m y antes de llegar al límite de las zonas llanas, existen una serie de sierras de pequeña entidad y suave orografía desarrolladas en terrenos esquistosos, que contrastan claramente con las alineaciones montañosas de Almirajara (Fig. 7.1). Toda la Sierra Almirajara se encuentra surcada por profundos tajos y barrancos en los que es posible alcanzar desniveles superiores a los 1.000 m, como en los tajos del Almendrón y de los Castillejos, en el sector de la Sierra de Nerja. Los barrancos principales están asociados a los cursos de agua permanentes, como son los casos de los barrancos del río Higuierón, del río Chillar, de los Cazadores, de los Colmenarejos, y del río de la Miel, que alcanzan una longitud considerable, con un encajamiento muy pronunciado (Fig. 7.2).

El **frente de sierra**, o plano que arranca en la línea de cambio de pendiente de la base de la sierra (*knick*) y asciende hasta las

cumbres, aparece bien definido en Sierra Almijara, estructurado en dos sectores, oriental y occidental. El oriental se encuentra compartimentado en dos superficies triangulares definidas por el borde SW del macizo de Almijara y separadas por el río Higuerón. La superficie situada en posición más suroriental corresponde al frente de sierra que desde el *knick* que va desde Frigiliana hasta la costa, asciende rápidamente hasta alcanzar las máximas cotas de la zona en los altos de la Cuesta del Cielo y de la Cuesta del Espartal. La pendiente de esta superficie es prácticamente constante, en torno al 18 %, y su morfología es de tendencia planar, con incisiones producidas por escorrentía canalizada. Estas superficies denominadas popularmente cuestras, sirven de acceso directo a los cerros citados, destacando por su espectacularidad la Cuesta del Cielo y la Cuesta del Espartal en la Sierra de Nerja. La superficie más noroccidental asciende desde el cambio de pendiente, situado a cotas que oscilan alrededor de los 500 m, hasta la máxima cota de la Sierra de Competa (alrededor de 1.800 m), presentando una pendiente bastante constante del 20 %, y una morfología muy accidentada, con cursos fluviales encajados. En algunos puntos, los planos del frente de sierra se verticalizan alcanzando pendientes próximas al 50 %. Ambas superficies se desarrollan sobre los mármoles triásico del bloque de Almijara, hecho que condiciona sus características. El frente de sierra occidental de la zona de Nerja presenta una pendiente del 20 %, pero su morfología es más suave debido fundamentalmente a que está desarrollado sobre litologías esquistosas, que al ser cortadas por la incisión fluvial producto de la canalización de las aguas de escorrentía superficial, origina formas alomadas. En la zona de Nerja se observan dos líneas de cambio de pendiente en el contacto de la sierra con la cuenca sedimentaria, con diferente significado cada una. Por un lado, la correspondiente al borde NE de la cuenca, que coincide prácticamente con la falla de Frigiliana y que desciende desde cotas en torno a los 600 m, pasando a la de 300 m en Frigiliana y discurriendo sobre la cota de 200 m hasta el Río de la Miel, terminando hacia el E sobre la cota de 100 m. Este *knick* presenta un trazado formado por varios segmentos rectilíneos, ligeramente deformado por pequeños entrantes producidos por la actividad fluvial. Por otro lado, el *knick* asociado al borde W de la cuenca, presenta un trazado que se ciñe a dos segmentos más o menos rectilíneos, probablemente correspondientes a líneas de falla, que descienden desde la cota de 300 m, en las proximidades de Frigiliana, hasta la de 10 m, ya en las cercanías de la costa.

Los **depósitos de vertiente** aparecen diseminados por toda la zona, ligados bien a relieves de considerable entidad, como pueden ser los propios de los frentes de sierra, o bien a escarpes rocosos de diferente naturaleza. Los depósitos de vertiente más antiguos corresponden a los que aparecen al N y NE de la Fuente de Maro, constituidos por limos rosados arcillosos y carbonatados, cementados, que se sitúan sobre los esquistos fuertemente alterados. Son sedimentos de arroyada difusa procedente de los mármoles del macizo de Almijara, e indican un nivel

estable correlacionable con el nivel más alto de los abanicos aluviales de la cuenca de Nerja. Otros depósitos de vertiente, posteriores en el tiempo, son los coluviones cementados que cubren los bordes de las superficies de los abanicos aluviales en las zonas de salida de los valles, marcando un antiguo nivel de perfil de equilibrio. Esto se observa en la Ladera del Águila, en la zona apical de la superficie de Maro. Estos depósitos están constituidos por clastos de mármol angulosos producto de disgregación de las vertientes, englobados por una matriz arcilloso-micrítica de color rojizo y anaranjado, producto de la disolución de los mármoles. Morfológicamente presentan una superficie plano-cóncava, con una pendiente acusada que se va amortiguando hacia la base. Asociados al cambio de pendiente, entre los ríos Chillar y del Barranco de Maro, aparecen depósitos de vertiente de características similares a los anteriores, con una superficie plano-cóncava de cierta pendiente, que se apoyan en su cabecera en los mármoles y sobre los esquistos en su parte basal, fosilizando en algunos casos la falla de Frigiliana (como es el caso de la urbanización Capistrano Montaña). En algunos puntos llegan a apoyarse sobre los sedimentos pliocenos situados más hacia el interior. Más hacia el E también aparecen este tipo de formas y depósitos, como en la zona de la Torre del Pino, presentando su superficie una fuerte pendiente (16 %). Asociados a la falla de Frigiliana, se han depositado durante el Holoceno abundantes depósitos de vertiente, constituidos por cantos y bloques de mármol sin cementar, que se disponen de forma caótica a lo largo de toda su traza, al NW de Frigiliana. Actualmente estos depósitos siguen generándose en función de los procesos de meteorización que actúan sobre los mármoles intensamente fracturados en la zona de la falla. También aparecen depósitos de vertiente de génesis reciente en el borde W de la cuenca de Nerja y al SE de Maro, procedentes de la meteorización de los esquistos. Están formados por fragmentos angulosos de esquisto englobados en una matriz arcillosa de color gris, sin consolidar, y morfológicamente presentan unas superficies cuyas pendientes se ciñen a las que presenta el sustrato.

#### *El karst de Almijara*

El sistema morfogenético kárstico se desarrolla en el bloque elevado de Sierra Almijara, situado al NE de la falla de Frigiliana, y en él se observan tanto manifestaciones kársticas externas como internas, que se pueden asimilar a dos subsistemas morfogenéticos (Llopis Lladó, 1970). Las formas correspondientes al subsistema kárstico externo están pobremente representadas en la zona de estudio como ya han indicado anteriormente otros autores (Benavente y Almécija, 1993), debido a la facilidad de meteorización que presentan los mármoles dolomíticos (Llopis Lladó, 1970), y corresponden a lapiaces, rellenos antiguos, restos de cavidades, cañones, formas de absorción abiertas y formas de emisión.

Los **lapiaces** están débilmente representados en el macizo kárstico de Almijara y corresponden a formas de disolución sobre las laderas más bajas desarrolladas sobre los mármoles,

pudiendo aparecer desnudos o cubiertos por materiales recientes. Son del tipo *rillenkarren* y *rinnenkarren*, alcanzando en el primer caso profundidades de 1 a 2 cm y unos 50 cm de longitud, que son mayores en el segundo. En algunos casos aparecen disoluciones del tipo *rundkarren*, con profundidades que no superan los 20 cm y longitudes máximas de 1 m, que se encuentran cubiertas por restos edáficos, muy degradados y erosionados. El escaso desarrollo del lapiaz se debe a tres factores fundamentales: la alta susceptibilidad que presentan los mármoles dolomíticos a la disolución, por lo que es difícil que perduren formas de mayores dimensiones, la escasez y concentración de las precipitaciones lluviosas, y la corta presencia del agua de lluvia sobre los mármoles debida tanto a la intensa fracturación de estos que hace que la infiltración sea rápida, como a las fuertes pendientes por donde el agua discurre hacia los cursos fluviales.

Los **rellenos antiguos** aparecen sellando diaclasas y están constituidos por fragmentos de mármol subangulosos, con las aristas corroídas por disolución, embutidos en una matriz arcilloso-micrítica, a veces recristalizada fuertemente, de color rojizo. Los fragmentos de mármol corresponden a trozos de este que se han independizado por procesos de disolución fisural, sin sufrir posteriormente removilizaciones. Las características de fuerte cementación y en ocasiones de recristalización que presentan estos rellenos, hacen que sean más competentes frente a la meteorización que los mármoles encajantes, por lo que los procesos erosivos posteriores a su génesis han producido una microinversión del relieve, dejando los rellenos unos resaltes que raramente superan los 20 cm de altura. Por sus características, son similares a los que se observan en las zonas altas del interior de la Cueva de Nerja, que corresponden a la primera fase de karstificación de la cavidad.

Los **restos de cavidades** se encuentran situados en ambos márgenes del barranco del río Sanguino, al E de la localidad de Maro, y corresponden a una antigua cavidad cortada por la erosión producida por el encajamiento de dicho río, que en la actualidad es prácticamente inactivo. Estos restos son fondos parietales de una cavidad de reducidas dimensiones, en los que se detectan escasas formas de reconstrucción litoquímica (coladas, estalactitas, pliegues) muy degradados por su exposición a la intemperie, y en proceso de destrucción. Restos de otra cavidad aparecen en los taludes de la C.N. 340, detrás de Maro.

Los **cañones kársticos** se encuentran bien representados en la zona, destacando los de los ríos Higuierón, Chillar y de la Miel, sobre los mármoles triásicos, y el del barranco de Maro, que en su cabecera corta los mármoles y aguas abajo disecta los materiales detríticos cementados por carbonatos del abanico de Maro. Son valles fluviales de paredes muy verticalizadas originados por una fuerte incisión lineal a favor de fracturas producida tanto por procesos mecánicos como de disolución química. Las dimensiones de estos cañones son variables, alcanzando longitudes de varios kilómetros, con anchuras que oscilan entre los 20 y los 2 m, y paredes de más de 50 m de al-

tura totalmente verticales. El cañón del río Chillar es un claro ejemplo de cañón estrecho y verticalizado, que aguas arriba se ensancha paulatinamente. El cañón del barranco de Maro, de unos 4 km de longitud, presenta una anchura y altura muy constantes, del orden de la decena de metros. El cañón del río Higuierón es de grandes dimensiones antes de su confluencia con el Chillar, y en sus paredes se observan hasta tres hombreras de erosión originadas por otros tantos descensos del nivel de base. El cañón del Río de la Miel presenta unas paredes menos verticalizadas, que por la gran cantidad de fracturas que surcan la zona han retrocedido progresivamente, dando lugar a un valle de mayor amplitud que en los anteriores casos. El fondo de estos cañones está constituido por acumulaciones de cantos y bloques de mármol, aflorando en algunos casos la roca del sustrato (mármoles o conglomerados de los abanicos). En el cañón del Chillar en las zonas de cabecera afloran los mármoles, que presentan típicas formas erosivas tales como pilancones o marmitas de gigante, existiendo en algunos puntos cascadas de 2 a 5 m de desnivel.

Las **formas de absorción abiertas** únicamente aparecen representadas por simas y torcas, las primeras situadas en las partes altas del macizo y las segundas en las zonas más bajas, siempre en zonas muertas actualmente del sistema kárstico. Las simas tienen pequeños desarrollos verticales, presentando en su mayor parte rellenos kársticos, detríticos y litoquímicos que las fosilizan en parte. Su contribución a la circulación hipogea es mínima. Destacan las simas de la Civila (V NE-5), con -10 m, sima de la Cuesta de Zárate (NE-9), con -26 m, sima de la Cuesta del Espartal (NE-10), con -15 m y sima de la Cuesta (NE-11), con -42 m. Las torcas tienen su origen en hundimientos kársticos producidos por desplomes verticales de los techos de algunas salas de la Cueva de Nerja cercanos a la superficie topográfica. Fundamentalmente corresponden a las llamadas Torca Chica y Torca Grande que aparecen en la Sala de la Torca de la Cueva de Nerja.

Las **formas de emisión** se sitúan en la zona de contacto entre los mármoles karstificados y los esquistos, contacto que generalmente es mecánico. Destaca la llamada Fuente de Maro, surgencia situada a 125 m s.n.m., a unos 50 m por debajo de la entrada a la Cueva de Nerja y a unos 15 m por debajo del nivel inferior de esta. Está asociada a la citada cavidad y su emisión corresponde a una corriente hipogea en circulación libre, con un caudal muy abundante y regular a lo largo del año. Este manantial ha sido el responsable de la génesis del travertino del Llano de Maro, y actualmente el curso fluvial que genera está encajándose en él en su zona llana, mientras que en su desembocadura al mar, que es en forma de cascada de 20 m salto, da lugar a precipitación carbonatada. Además aparecen surgencias kársticas en la localidad de Frigiliana, cuyas aguas se utilizaron históricamente (siglos XVI a XIX) para hacer funcionar varios molinos escalonados, apareciendo sus estructuras de fábrica de ladrillo cubiertas en algunos puntos por un travertino de varias metros de espesor que continúa ge-

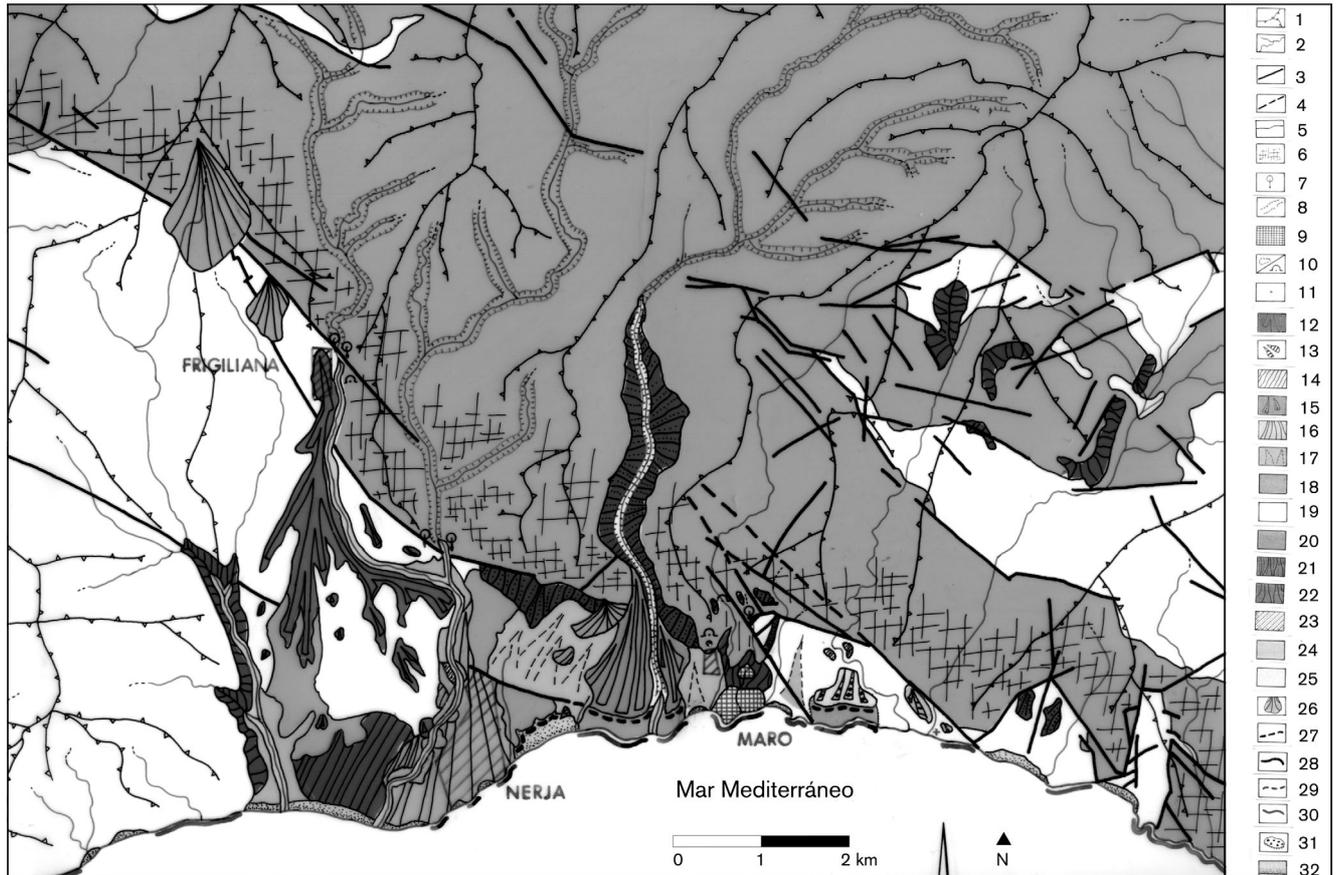


Fig. 8. Esquema geomorfológico de la zona de Nerja (delineación de Federico Ramírez Trillo). Leyenda: 1, divisorias de aguas/crestas; 2, cursos fluviales; 3, fallas; 4, fallas sueltas; 5, límites de los elementos geomorfológicos; 6, lapiaz; 7, surgencia kárstica; 8, cañón kárstico; 9, travertino; 10, torca/cueva; 11, travertino puntual; 12, superficie de Frigiliana; 13, superficie de la Torre de Maro; 14, superficie de los Colmenarejos; 15, superficie de Maro; 16, superficie de Nerja; 17, superficie sobre los esquistos; 18, laderas en mármoles; 19, laderas en esquistos; 20, laderas en depósitos pliocenos y cuaternarios; 21, depósitos de vertiente cementados; 22, depósitos de vertiente sueltos; 23, terrazas +7 m; 24, terrazas +1,5 m; 25, lechos aluviales; 26, conos de deyección; 27, paleoacantilados sobre depósitos pliocenos y cuaternarios; 28, acantilados sobre depósitos pliocenos y cuaternarios; 29, paleoacantilados sobre rocas del sustrato; 30, acantilados sobre rocas del sustrato; 31, plataformas de abrasión marinas; 32, playas.

nerándose en la actualidad al seguir discurriendo el agua por las acequias que ahora se utilizan con fines agrícolas. Otras dos surgencias se localizan en la confluencia de los ríos Higuero y Chillar.

Los elementos morfológicos que componen el subsistema kárstico Interno en el macizo de Almijara se reducen a cuevas de diferentes dimensiones. Entre ellas podemos citar la Cueva de Frigiliana, la Cueva Pintada y la Cueva de Nerja, destacando claramente esta última por sus espectaculares características y grandes dimensiones. Las dos primeras se encuentran situadas a la cota de 250 m s.n.m., mientras que la entrada de la de Nerja lo está a 158 m s.n.m. Las cuevas y cavidades de los alrededores de Maro se conocen en el contexto científico desde principio de siglo, apareciendo citadas por vez primera en las Actas de la Sociedad Española de Historia Natural, sesión del 9 de febrero de 1898. En esa sesión, el Sr. Chaves informa de la existencia de varias cuevas, unas desarrolladas en "las calizas arcaicas dolomíticas del Barranco de Sauquino" (probablemente se trate del Barranco de Sangui-

no), a las que denomina Cueva Pintada y Cueva del Sauquino, ambas con restos arqueológicos según el informador. Dada la extensión y objetivos de este trabajo, no incluiremos el análisis de las cavidades de Almijara, incluida la Cueva de Nerja sobre la que existe un repertorio bibliográfico muy amplio (entre otros: Rodríguez Vidal, 1979; Jordá Pardo, 1986, 1992; Carrasco, 1993; Durán *et alii*, 1993, 1998, 2001; Durán, 1985; 1996; Gumiel *et alii*, 1999).

### Cuenca de Nerja

La morfología que se desarrolla sobre los depósitos neógenos y cuaternarios de la cuenca sedimentaria de Nerja corresponde a la de un piedemonte configurado por una sucesión de planos escalonados, por lo general subhorizontales con inclinación hacia el S, en los que se encaja la red fluvial. En este contexto se pueden aislar los siguientes elementos morfológicos: superficies antiguas, terrazas fluviales, terrazas travertínicas, hombreras de erosión, lechos aluviales y conos de deyección.

### *Superficies antiguas*

Esta denominación agrupa aquellas superficies morfológicas de suave pendiente que ocupan extensiones de variada magnitud, cuyo arranque se encuentra en la zona de *knick* con la sierra y que, en la mayoría de los casos, llegan al borde del mar, estando disectadas por las formas derivadas del encajamiento fluvial posterior. Existen dos tipos claramente diferenciados de superficies antiguas: las desarrolladas sobre los depósitos de los abanicos aluviales cuaternarios, y las que se encuentran labradas sobre los esquistos del basamento alpujarride. Dentro de las **superficies sobre los depósitos de los abanicos aluviales** podemos establecer una seriación altitudinal de estas, diferenciando los siguientes niveles de mayor a menor cota: superficie de Frigilliana, superficie de la Torre de Maro, superficie de los Colmenarejos, superficie de Maro y superficie de Nerja.

La superficie de Frigilliana se desarrolla sobre los materiales conglomeráticos del abanico epónimo y es la que presenta una mayor longitud desde su extremo apical, situado al pie de la localidad del mismo nombre, hasta su borde distal en el Cerro de San Isidro, en las cercanías de la línea de costa al W de Nerja, si bien su extensión es reducida debido a que se encuentra cortada por numerosos barrancos, que compartimentan superficies alargadas y estrechas. En cartografía presenta una morfología digiforme, uniéndose los diferentes apéndices en un cuerpo común hacia la parte media de los restos de superficie que actualmente se conservan. En su borde distal los restos de la superficie se conservan formando pequeños cerros testigos. Arranca a la cota de 315 m y termina a la de 60 m, con una pendiente del 4,54% a lo largo de casi 5 km. Por el E se encuentra cortada por la superficie de Nerja y por el W su límite es el borde occidental de la cuenca sedimentaria de Nerja, constituido por la alineación de las cumbres de los cerros Coscoja, Collado del Meli, Gordo y Pastora, sobre materiales esquistosos. Dadas las características de los materiales sobre los que está emplazada, es frecuente observar karstificaciones superficiales del tipo de pequeñas cubetas y canales de escaso desarrollo. Sobre ella aparecen costras carbonatadas de tipo masivo y grumoso.

La superficie de la Torre de Maro se desarrolla sobre los materiales conglomeráticos del abanico del mismo nombre, y únicamente se conserva en un afloramiento de pequeña extensión, situado en posición apical, cercano al relieve, entre la C.N. 340 y el acantilado. Arranca a la cota de 170 m y termina a la de 130, presentando una pendiente del 10% a lo largo de casi 0,5 km de longitud que restan de ella. En planta presenta una forma con tendencia triangular, limitada al E por el río de los Colmenarejos y al W por el arroyo de los Bancales de Maro. Esta superficie se encuentra karstificada, presentando en algunas zonas costras calcáreas de tipo *dalle* y laminar, indicativas de etapas alternantes de precipitaciones esporádicas y de gran sequedad.

La superficie de los Colmenarejos se desarrolla sobre el abanico del mismo nombre y se encuentra representada en un pequeño afloramiento de forma rectangular, situado entre el ba-

rranco de los Colmenarejos y el del Río de la Miel, existiendo un retazo de dimensiones mínimas al E de este último curso fluvial. Arranca a la cota aproximada de 120 y termina a la de 95 m, siendo su pendiente del 5%. Al igual que las anteriores, se encuentra afectada por una karstificación superficial y localmente cubierta por costras calcáreas masivas y grumosas que responden a momentos de avenidas seguidos por sequías.

La superficie de Maro se desarrolla sobre los materiales conglomeráticos del abanico epónimo, y ocupa en una gran extensión triangular cuyo ápice se apoya en el borde de los mármoles triásicos, constituyendo su extremo distal unos fuertes acantilados marinos. Arranca a la cota de 180 m y termina a la de 60 m, presentando una pendiente del 8%, un ligero abombamiento hacia los márgenes y una karstificación superficial. Está cortada de N a S por el Barranco de Maro, que se encaja fuertemente en los conglomerados, y su límite oriental es el barranco de la Cañada de Claudio, mientras que el occidental se corresponde con el arroyo de la Fuente del Badén, zona donde existe un pequeño retazo subcircular de esta superficie en el afloramiento del mismo nombre.

La superficie de Nerja, desarrollada sobre el abanico del mismo nombre, se extiende desde la urbanización Almijara hasta el acantilado, estando limitada al E por el Barranco de Burriana y al W por el río Chillar. Arranca a la cota de 100 m y termina en su extremo más distal a la de 10 m en la bajada a la playa de la Torrecilla, mientras que en el Balcón de Europa, situado en una posición más proximal la cota es de 18 m. La pendiente media es del 3,02%. Su forma en planta es triangular, y hacia el W, en la zona más distal donde alcanza la menor cota, esta superficie enlaza con una superficie de abrasión marina situada a la cota de 5 m. Se encuentra tapizada por costras carbonatadas laminadas y *dalle* y está fuertemente karstificada, con desarrollo de numerosas formas de disolución tipo cubetas, enlazadas por canales o incluso por galerías de pequeña sección, afectando los procesos de disolución fundamentalmente a los clastos carbonatados. Sobre esta superficie, conocida popularmente por el nombre de El Tablazo, se asienta el centro histórico de Nerja y las urbanizaciones turísticas. Dadas sus características ha sido considerada tradicionalmente como terreno baldío, utilizándose en muchos casos como vertedero y zona de cremación de basuras y animales, a excepción de determinadas zonas urbanas limitadas por calles, en cuyo interior se han cultivado huertas, al aportarse de forma artificial tierras fértiles a la superficie de El Tablazo.

Estas superficies sobre los abanicos aluviales corresponden a glaciares de acumulación (Dumas, 1966, 1977; Zazo, 1980), y su génesis está íntimamente ligada con la de los propios abanicos, de forma que son el resultado morfológico de la sedimentación fluvial anastomosada del techo de los abanicos. Posteriormente esta superficie pudo ser levemente retocada, pero la rápida cementación de los materiales dentro de un clima árido permitió la conservación de la superficie prácticamente con las características originales. Hay que destacar que en la práctica totalidad de los abanicos la superficie de sedi-

mentación presenta una pendiente inferior a la de la superficie topográfica, por lo que los depósitos se adelgazan progresivamente hacia las zonas más distales. Este hecho avala la inclusión de estas superficies dentro de los glaciares de acumulación, pues en los glaciares de cobertera ambas superficies son paralelas y el espesor de los sedimentos es mucho menor. También podemos considerar estas superficies como bajadas, o piedemontes producto de la génesis de abanicos aluviales e incluso de la coalescencia de estos (Fairbridge, 1968).

Estas superficies y los materiales sobre las que están desarrolladas se encuentran cortadas por los ríos y arroyos que tienen su cabecera en Sierra Almijara, dando lugar al desarrollo de **barrancos encajados**, de tipo cañón, estrechos como los barrancos de Maro y de Burriana o de mayor amplitud como en el caso del río Chillar. Dada la naturaleza carbonatada de los materiales en los que se encajan estos barrancos, sus laderas presentan zonas donde se da una disolución preferencial de la roca, lo que origina la aparición de abrigos rocosos horizontales de morfología cóncava, delimitados por pequeñas viseras que cubren estrechas cornisas, al pie de las cuales pueden aparecer caos de bloques. Algunos ejemplos de abrigos podemos encontrarlos en los cañones de los barrancos de Burriana, de Maro y del Río de la Miel y en el borde W del abanico de Nerja seccionado por el río Chillar. También aparecen abrigos de este tipo en el frente acantilado de los depósitos pliocenos y cuaternarios coronados por la superficie del glacis. Estas cavidades, utilizadas tradicionalmente como apriscos de ganado, ya fueron puestas de manifiesto por el Sr. Chaves en la sesión del 9 de febrero de 1898 de Sociedad Española de Historia Natural, al informar de la existencia de varias cuevas labradas en "una especie de crag mioceno", en los acantilados de Maro, llamadas Grutas de Don Emilio, Gruta del Pabellón y Cueva del Pasero.

Las **superficies labradas sobre los esquistos** están poco representadas, constatándose restos de ellas entre las superficies de Maro y Nerja, en la zona de las urbanizaciones Capistrano y Fuente del Badén, y entre las superficies de Maro y de la Torre de Maro. Se extienden aproximadamente desde la zona de cambio de pendiente, a unos 180 m, hasta cotas entorno a 100/80 m. Se encuentran bastante degradadas por acción del encajamiento fluvial. Aparecen tapizadas por un recubrimiento de cantos autóctonos de esquistos, producto de la alteración y meteorización de la roca del sustrato. La superficie de la zona del Capistrano-Fuente del Badén aparece parcialmente cubierta por depósitos de pendiente y conos aluviales encostrados. La superficie al E de Maro enlaza aguas abajo con la superficie de los travertinos. Corresponden a glaciares de erosión (Biot y Dresch, 1966; Gallart Gallego, 1977) producto de la actividad de la escorrentía superficial debilmente canalizada. Por su posición morfológica estas superficies se sitúan en el Pleistoceno, siendo posiblemente contemporáneas las del Capistrano-Fuente del Badén con la superficie de Nerja, y la del E de Maro con la que corona el travertino.

#### *Otras superficies y depósitos*

Las **terrazas fluviales** son un elemento morfológico que se encuentra poco representado en nuestra zona de Nerja, distinguiéndose dos grupos: las terrazas antiguas, con varios niveles, muy degradadas y restringidas en pequeños retazos, y las terrazas recientes, con un único nivel, que ocupan mayores áreas. Las terrazas fluviales antiguas se encuentran muy escasamente representadas. En el curso de los ríos Chillar e Higuierón detectamos un único nivel de terraza a +7 m sobre el cauce del río. En el Barranco de Maro aparecen retazos de terrazas adosados a las paredes del cañón a diferentes cotas y en el Barranco de los Colmenarejos se encuentra un pequeño nivel a +10 m. Las terrazas recientes del sistema Chillar-Higuierón están representadas por 17 retazos de superficies ceñidas a las curvas del río, a +1,5 m. Presentan formas de media luna y su extensión nunca supera 0,2 km de longitud y 0,1 km de anchura. Este hecho viene determinado por la estrechez del valle y por la constante migración del curso del río, que en épocas de lluvias erosiona los escasos exponentes de estas terrazas recientes. Actualmente, en la mayoría de los casos, se encuentran muy modificadas por la acción antrópica, observándose pequeños muretes defensivos y aportes de tierras de mayor fertilidad, ganando terreno al lecho aluvial, con objeto de utilizar el terreno para prácticas agrícolas. También puede considerarse como terraza baja los depósitos de la desembocadura del río Chillar, que presentan una mayor extensión y conectan con las playas.

Las **hombrecas de erosión** son pequeños replanos o repisas situados en las laderas de los valles fluviales, cuya génesis está asociada a un momento de estabilización del nivel de base al que sigue un rápido descenso de este, con el consiguiente encajamiento fluvial. En el río Higuierón corresponden a tres replanos escalonados por debajo del abanico de la superficie de Frigilliana, labrados sobre los mármoles triásicos del macizo de Almijara y los esquistos alpujarrides. En el Barranco de Maro constituyen un replano que enrasa con la superficie de Maro y que lateralmente pasa a una vertiente reglada con coluviones cementados. Son claramente posteriores a la superficie de Frigilliana y contemporáneas de algunas terrazas, sustituyendo a estas en las zonas donde aparecen.

Únicamente aparecen **travertinos** al E de Nerja en dos áreas muy concretas ligadas al macizo calcáreo de la Sierra Almijara (Jordá Pardo, 1988). Morfológicamente presentan un aspecto de terraza, como en el caso del barranco de Río de la Miel, o incluso de superficie de mayor extensión, como en el travertino del Llano de Maro. Los travertinos de Río de la Miel dan lugar a dos niveles, uno a +40 m, en la ladera, y otro a +20 m en la playa. Son pequeños retazos de terrazas de composición detrítica y travertínica, cuya expresión topográfica es mínima, apareciendo como repisas adosadas a la ladera izquierda del barranco del Río de la Miel. Por su escalonamiento, el travertino de la ladera es claramente anterior al de la playa. Por el contrario, el travertino del Llano de Maro presenta cartográfica-

mente una superficie de cierta extensión, conectada con la superficie de arrasamiento sobre los esquistos situada lateralmente hacia el N. Sus dimensiones en planta son de 0,6 por 0,4 km, y su superficie topográfica desciende desde la cota de 97 m hasta la de 40 m al borde del acantilado, presentando una pendiente aproximada del 10%. Este depósito fosiliza un paleorrelieve desarrollado sobre los esquistos, observándose su contacto con estos en la playa de Maro. La superficie del travertino está parcialmente cubierta por coluviones esquistosos procedentes de los cercanos afloramientos y en muchos casos aportados por el hombre con fines agrícolas. Termina en un fuerte acantilado vertical batido por el oleaje, y está surcada por un curso fluvial proveniente de la Fuente de Maro, que al llegar al acantilado forma una cascada. Es posterior a la superficie de Maro, y probablemente contemporáneo de la superficie de Nerja. Además, actualmente se desarrollan travertinos en cascada con facies vegetales en Frigiliana, asociados a los sistemas de canales y molinos que se nutren del agua del manantial del cerro del Castillo de esa localidad.

Los **conos de deyección** son a pequeñas formas adosadas al relieve con morfología de cono, que aparecen fundamentalmente al pie de relieves, alcanzado un desarrollo muy escaso. En la zona de Nerja se encuentran al pie del escarpe de la falla de Frigiliana, con el ápice apoyado en las pequeñas vaguadas que surcan el macizo de Almirajara, y se extienden sobre los esquistos alpujárrides o sobre la superficie de Maro.

Los **lechos aluviales** de la zona corresponden a los ríos de Chillar, Higuero, del barranco de Maro-Cazadores, del barranco de los Colmenarejos y del barranco de Río de la Miel, y también a los ríos de menor magnitud Meli/Seco, de Burriana, de la Fuente del Badén, de la Cañada de Claudio, de la Fuente de Maro, de Sanguino y de las Tierras Nuevas. En general, estos lechos aluviales presentan la típica morfología de las ramblas mediterráneas, y el funcionamiento episódico de los ríos que los originan coincide con el de ese tipo de cursos fluviales. En los cursos fluviales de mayor entidad el lecho aluvial está constituido por barras de cantos de diferente naturaleza en función del área madre, que se yuxtaponen unas a otras y que se encuentran separadas por canales divagantes, en la mayoría de los casos de funcionamiento efímero. Presentan pendientes inferiores al 1%, y en planta tienen una forma de cinta sinuosa, con la superficie más o menos planar. En los cursos fluviales de pequeña entidad, los lechos aluviales están formados por depósitos de cantos sin estructuras y con el canal fluvial apenas diferenciado, circulando el agua únicamente en épocas de lluvias. La pendiente supera el 1% y en planta tienen una mínima expresión cartográfica.

#### Franja costera

En la franja costera aparecen representados elementos propios de la transición entre el dominio marino y el continental, como estuarios y deltas, así como formas y depósitos típicos del sistema morfogenético litoral, como paleoacantilados, acantilados, plataformas de abrasión y playas.

#### Formas erosivas

Los **paleoacantilados** corresponden a restos de antiguos acantilados que actualmente se encuentran alejados de la acción del oleaje marino, habitualmente protegidos por una playa de dimensiones variables, desarrollados tanto sobre materiales esquistosos del sustrato o sobre los sedimentos pliocenos y cuaternarios. En la zona de Nerja tenemos buenos ejemplos de paleoacantilados como situados detrás de la playa de Burriana, desarrollados sobre los sedimentos pliocenos. Presentan una altura de 52 m y un talud casi vertical, al pie del cual aparecen depósitos de vertiente, y están protegidos de la influencia marina por una playa de un centenar de metros de anchura. En el extremo oriental de la citada playa, en épocas de fuerte temporal de levante, el punto más cercano al mar de estos paleoacantilados puede llegar a ser afectado por el oleaje. Otros paleoacantilados son los farallones rocosos existentes al pie de la Torre de Maro, formados por un frente vertical de 100 m de altura, labrado en los sedimentos pliocenos y pleistocenos, con depósitos de vertiente en su base. Estos paleoacantilados presentan socaves que conservan huellas de organismos perforantes marinos a +64/73 m (Mayoral y Rodríguez Vidal, 1990), cota a la que se situaría el antiguo nivel marino responsable de la génesis del ahora paleoacantilado. La edad de ese nivel marino la sitúan Lario *et alii* (1993) en el Pleistoceno inferior. En este punto, el oleaje bate actualmente los esquistos alpujárrides sobre los que descansa la serie sedimentaria plio-cuaternaria.

Los **acantilados** actuales se desarrollan sobre un variado número de materiales: esquistos, sedimentos pliocenos, depósitos de los abanicos aluviales y travertinos. Los acantilados sobre esquistos aparecen en el extremo occidental de la zona de Nerja, en el límite de esta, alcanzando alturas de hasta 100 m y presentando morfologías redondeadas que se verticalizan hacia la base, y también en el extremo oriental, desde la playa de Maro hasta la de las Alberquillas, con alturas de 20 a 40 m y similar morfología. Los acantilados labrados en los materiales pliocenos y cuaternarios se encuentran bien representados en la zona del abanico de Maro, donde, a ambos lados de la desembocadura del Barranco de Maro, el mar bate intensamente dichos materiales, socavando los depósitos terciarios, de forma que en algunos puntos se descalzan los materiales del abanico, cayendo al mar bloques tabulares de conglomerados cuaternarios. La acción de socave del mar unida a procesos de disolución han llegado a originar pequeñas cuevas en la base de los acantilados, por disolución y abrasión mecánica de los sedimentos carbonatados de la unidad inferior de Nerja. Otro ejemplo de este tipo de acantilados se encuentra en la propia Nerja, en el extremo occidental de la playa de Burriana y en la de Carabeo, con una altura de 25 m, existiendo al pie de los mismos un caos de bloques producido por descalce de los depósitos tabulares cuaternarios. En el Balcón de Europa los acantilados aparecen labrados en los sedimentos detríticos groseros del abanico de Nerja, alcanzando en este punto una

altura de 18 m, y presentando un talud vertical. Finalmente existen acantilados labrados en el travertino del Llano de Maro, los cuales presentan un talud casi vertical y una altura de 40 m, existiendo un importante caos de bloques en su base, actualmente afectada por el oleaje. La base de este acantilado corresponde al sustrato esquisto.

Las **plataformas de abrasión** son aquellas superficies labradas sobre materiales consolidados, situadas por encima del nivel del mar actual, en las cuales se detectan procesos de abrasión marina. En la zona de Nerja aparecen en dos puntos a cotas diferentes. La superficie más alta corresponde a los restos de una plataforma de abrasión en el borde E de la playa de Burriana, donde se observa una pequeña cornisa a +5 m y otra a +2 m, de mínima extensión y con características similares a las indicadas en los otros casos, si bien en este punto aparecen labradas sobre los materiales de la unidad inferior del Plioceno de Nerja. La superficie más baja corresponde a la de la antigua atalaya del extremo W de la playa de la Torrecilla, en la margen izquierda de la desembocadura del río Chillar. Se trata de una superficie elaborada sobre los conglomerados del abanico de Nerja, a la cota de +2 m sobre el nivel del mar. En ella se observan signos del retrabajamiento marino, como arranque de cantos y huellas de moluscos litófagos. Presenta una pendiente sensiblemente mayor a la de la superficie de Nerja. Según Lario *et alii* (1993), el nivel erosivo de +5 m tendría una edad Tirreniense II, mientras que el situado a +2 m y la plataforma de abrasión de la Torrecilla serían del Tirreniense III, en ambos casos en el Pleistoceno superior.

#### *Depósitos de transición y playas*

Las **formas y depósitos de transición** se encuentran representados por pequeñas protuberancias deltaicas situadas en las desembocaduras de los ríos Chillar, del Barranco de Maro y de la Miel, constituidas por acumulaciones de cantos rodados de variadas litologías. Presentan una llanura deltaica triangular con una pendiente hacia el mar sometida a procesos activos tanto de aportes fluviales como de remodelación por el oleaje. Estos pequeños deltas se han generado con posterioridad al funcionamiento como estuarios de los ríos que les han dado lugar, como es el caso del río Chillar que durante el Holoceno presentaba una morfología estuarina que comenzó a colmatar-se con posterioridad a la ocupación fenicia de la zona según los sondeos realizados (Schulz, 1983).

Dado que en la zona de estudio, el sistema en el que se desarrollan las **playas** corresponden a un sistema litoral con rango micromareal, estas se reducen a estrechos cordones formados por sedimentos de diversa granulometría, que se disponen a lo largo de la costa, fundamentalmente asociadas a los principales cursos fluviales, a barrancos de funcionamiento esporádico y a zonas acantiladas. Las playas de menor tamaño se localizan a la salida de los ríos del barranco de Maro, de Maro, Sanguiño, de las Tierras Nuevas, de la Miel y de las Alberquillas y consisten en cordones paralelos al paleoacantilado formados por

acumulaciones de cantos y gravas de mármol y esquistos, con anchuras del orden de 10 a 50 m y con longitudes de centenas de metros (máximo 500 m), que en la zona de desembocadura del arroyo o barranco ofrecen una protuberancia hacia el mar. En el caso de la playa del barranco de Maro aparecen además clastos de areniscas pliocenas y de conglomerados cuaternarios, con tamaños sensiblemente superiores al resto. Apenas tienen postplaya y suelen presentar una acusada pendiente hacia el mar, con una berma marcada. También aparecen playas de pequeño tamaño asociadas a zonas de acantilados y de paleoacantilados, que se desarrollan sobre los esquisto y están constituidas por clastos de esta litología, como la playa de Maro, o bien a expensas de la destrucción de los acantilados formados por los abanicos aluviales, como ocurre en Nerja, en donde las playas del Salón, Balcón de Europa, Calahonda y Carabeo, situadas al pie de los acantilados labrados en los depósitos pliocenos y cuaternarios, presentan una acumulación de sedimentos aportados de forma mayoritaria por los propios acantilados. Estas playas tienen pequeñas dimensiones (200 m máximos de longitud y 30 m de anchura), y presentan una fuerte pendiente hacia el mar, sin apenas zona de postplaya. Un caso especial de playa situada al pie de un paleoacantilado lo constituye la playa de Burriana (Nerja), en donde entre el mar y los antiguos acantilados labrados sobre las areniscas pliocenas se desarrolla una de las playas más grandes de la zona, limitada por los acantilados activos de los abanicos aluviales de Maro y de Nerja. Además, esta playa tiene aportes de dos pequeños barrancos situados en sus dos extremos. Tiene una longitud de aproximadamente 1 km, dependiendo de la época del año, y su anchura supera en algunos puntos los 200 m. Está constituida por arenas y gravas de todas las litologías de la zona (mármoles, esquistos, conglomerados, areniscas, etc). Presenta una ancha postplaya ceñida al paleoacantilado y limitada por una berma, que se encuentra muy modificada por antiguas labores agrícolas y el actual desarrollo urbanístico. La zona de estrán, separada por una berma de la postplaya, presenta una anchura que oscila entre los 10 y 30 m, dependiendo del oleaje reinante, y en su parte más externa suele tener un fuerte escalón seguido de surcos producidos por el oleaje. Dado que en esta playa los aportes de sedimentos fluviales son mínimos, su desarrollo hay que atribuirlo a las corrientes de deriva litoral. Además, esta playa sufre profundos cambios en su morfología en función de los temporales: si estos son de levante, eliminan la arena del extremo E para depositarla en el W, mientras que si son de poniente, ocurre lo contrario, produciéndose en ambos casos un fuerte escalón, que sustituye a la berma. Las restantes playas de gran tamaño aparecen asociadas a los principales cursos fluviales, y así tenemos las playas de la Torrecilla y Playazo, a ambos lados de la desembocadura del río Chillar. Son franjas litorales que se ciñen al delta formado en las desembocaduras del citado río y que se nutren de los materiales aportados por este, retrabajándolos. Entre ambas alcanzan 2 km de longitud y su anchura supera los 200 m, inte-

grándose la postplaya en la llanura deltaica. La berma suele aparecer bien marcada, y la zona de estrán suele tener una anchura de decenas de metros. Están formadas por cantos e incluso bloques de mármol, bien redondeados, junto con clastos de menores tamaños de esquistos y rocas afines, apareciendo también cantos de conglomerados del abanico de Frigiliana.

### Análisis paleogeográfico

Los datos existentes en cuanto a la configuración más antigua de la costa los aporta el contacto entre el sustrato bético y la sedimentación pliocena, cuyo estudio detallado permite observar la existencia de un paleorrelieve sobre los materiales alpujárrides, fosilizado por los depósitos marinos pliocenos, que corresponde a morfologías labradas sobre la alteración del basamento esquistoso con desarrollo de umbrales y zonas deprimidas. No corresponden a una típica superficie de arrasamiento sino más bien a un relieve originado por pequeños cursos fluviales de un sistema de drenaje instalado una vez generados los relieves alpujárrides de Sierra Almijara, cuyos colectores principales coinciden básicamente con los principales cursos actuales. Este paleorrelieve va a ser uno de los condicionantes de la distribución de la sedimentación tanto durante el Plioceno como durante el Cuaternario, estando inclinado hacia el W de forma que en la parte occidental de la zona de Nerja no aflora su contacto por debajo de los sedimentos pliocenos, mientras que hacia la parte oriental de la misma, los contactos aparecen paulatinamente a cotas más altas hacia el E.

La sedimentación durante el Plioceno inferior presenta un marcado carácter transgresivo y comienza rellenando las zonas deprimidas del paleorrelieve (Fig. 9). Se produce en un medio costero de alta energía, de playa abierta próxima a un relieve acantilado. Hacia el W la sedimentación se produce en una zona algo más alejada del relieve, presentando características de menor energía, asimilables a la zona por debajo del límite de ruptura de las olas en un medio de playa abierta, relacionada con la plataforma proximal. La línea de costa presenta su máximo avance sobre el zócalo alpujárride, correspondiendo, al menos, con una línea de trazado irregular que uniría los afloramientos más septentrionales de la Unidad Inferior del Plioceno, alcanzando sus máximos transgresivos en las zonas deprimidas del paleorrelieve, asociadas probablemente a cursos fluviales antiguos. De W a E estas zonas son: el valle del río Higuero prolongándose en el del río Seco, el valle del río Chillar, el valle del barranco de Maro y el del Río de la Miel. Siguiendo estos máximos transgresivos, la línea de la paleocosta del Plioceno inferior se situaría de forma paralela a la falla de Frigiliana, que limita la cuenca sedimentaria de Nerja por el NE.

Una fase tectónica intrapliocena bascula todos estos materiales, variando la configuración de la costa durante el Plioceno superior que adquiere una fisonomía fuertemente acantilada a la vez que se desarrolla una importante regresión, instalándose

en la costa varios sistemas deltaicos ligados a la desembocadura de cursos fluviales (Fig. 9). Los materiales, depositados de forma discordante sobre los del Plioceno inferior, presentan un carácter marino en la base, ganando continentalidad hacia el techo. Esto mismo se observa en la distribución espacial de facies, apareciendo los materiales más continentales hacia el interior de la cuenca mientras que hacia las zonas distales lo hacen facies de carácter transicional de tipo playa. La línea de costa durante el Plioceno superior presenta, dadas las características del medio sedimentario, un trazado oscilante, pudiendo delimitar el borde proximal de la sedimentación deltaica mediante la línea que une las máximas penetraciones de la Unidad Superior del Plioceno. Esta línea se ajusta a una serie de zonas deprimidas, limitadas por umbrales, que al igual que en el caso anterior se corresponden con los cursos fluviales actuales más importantes. Posteriormente, una nueva pulsación tectónica, situada al final del Plioceno superior o en el límite Plioceno Pleistoceno, produce el basculamiento de los depósitos emplazados durante el Plioceno superior, originando su emersión en algunos puntos de la costa.

El paso Neógeno Cuaternario tiene lugar en la zona oriental de la costa malagueña sin una continuidad en la sedimentación, como ocurre en otras muchas zonas de los litorales mediterráneos y atlánticos peninsulares (Zazo, 1980). Únicamente en el tramo costero de Nerja podemos situar, siempre con las correspondientes reservas, el límite Plio Pleistoceno en los materiales de los abanicos aluviales más antiguos. Durante el Pleistoceno la sedimentación básicamente está constituida por sistemas de abanicos aluviales a los que sigue la instalación de un sistema fluvial encajado en ellos, desarrollándose además depósitos travertínicos asociados a surgencias kársticas y zonas de arrasamientos costeros. Los depósitos de los abanicos aluviales plio-pleistocenos y pleistocenos fosilizan unos paleorrelieves que corresponden a morfologías de paleovalles separadas por umbrales, hecho que se constata perfectamente al observar las cotas de los contactos de los diferentes abanicos con el sustrato esquistoso. En caso del abanico de Frigiliana se llegan a diferenciar dos umbrales muy claros que separarían tres paleobarrancos, el más oriental fuertemente encajado.

La pulsación tectónica que basculó los sedimentos de la Unidad Superior del Plioceno, permitió el rejuego de la falla de Frigiliana, elevándose Sierra Almijara y rejuveneciéndose su relieve a la vez que se originaba un gran colector que recogía los sedimentos aportados por el desmantelamiento de la sierra, terminando en un sistema de abanico aluvial (abanico de Frigiliana), apoyado en los relieves antiguos elaborados sobre los esquistos alpujárrides. El ápice de este sistema aluvial se encuentra situado en Frigiliana (Fig. 9), en la confluencia de la falla epónima con otras menores, y el desagüe principal del sistema se realiza a favor de dos zonas deprimidas separadas por un umbral, que corresponden a los restos de paleorrelieve preplioceno. Uno de estos brazos rellena un profundo paleobarranco y actualmente coincide con la línea del río Higuero, que

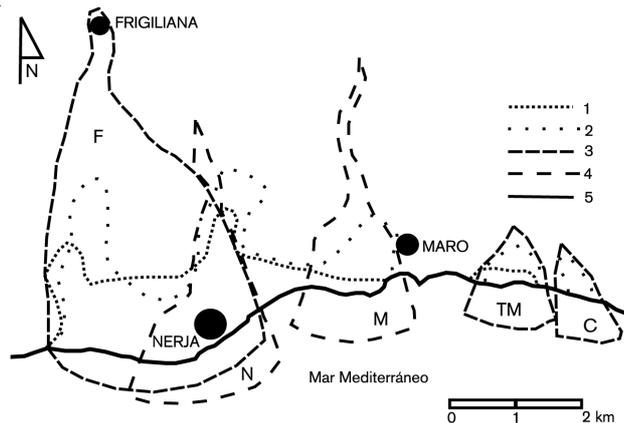


Fig. 9. Esquema paleogeográfico que muestra la distribución de los depósitos pliocenos y pleistocenos en la zona de Nerja: 1, máxima penetración de los depósitos marinos en el Plioceno inferior; 2, máxima penetración de los depósitos de transición (sistemas deltaicos) en el Plioceno superior; 3, distribución espacial de los abanicos aluviales de Frigiliana (F), de la Torre de Maro (TM) y de los Colmenarejos (Plioceno superior-Pleistoceno inferior); 4, distribución espacial de los abanicos aluviales de Maro (M) (Pleistoceno inferior-medio) y de Nerja (N) (Pleistoceno medio-superior) y; 5, línea de costa actual.

circula fuertemente encajado en el abanico, hecho que permite observar la gran potencia de este en esa zona. El otro brazo se corresponde con una depresión situada en la llamada Loma de las Vacas, depresión actualmente colmatada, y que permitía la salida directa al mar del antiguo río Higuierón. Esta pulsación tectónica también es la responsable de la génesis de los sistemas de abanicos aluviales de la Torre de Maro y de los Colmenarejos (Fig. 9), ligados ambos a colectores que atravesaban la falla de Frigiliana, y que hoy, básicamente, coinciden con los cursos fluviales del Barranco de los Colmenarejos y del Río de la Miel, respectivamente. Dicha pulsación podría considerarse finipliocena, dado que los datos paleomagnéticos permiten situar el límite Plio-Pleistoceno en los abanicos más antiguos, correlativos a dicha pulsación.

Una nueva pulsación tectónica vuelve a rejuvenecer el relieve de Sierra Almijara, originándose un abanico aluvial cuyo colector coincide con el Barranco de Maro actual, apoyándose su ápice en el escarpe de la falla de Frigiliana. El sistema aluvial resultante, o abanico de Maro (Fig. 9), fosiliza un fuerte paleorrelieve desarrollado sobre los esquistos, que ya había sido parcialmente rellenado por los sedimentos marinos y de transición pliocenos. Este paleorrelieve presenta una morfología de paleovalle fuertemente encajado en los esquistos, dado que el posterior cañón kárstico que atraviesa los conglomerados no llega a alcanzar el sustrato en su parte baja, aflorando únicamente en su desembocadura, ya por debajo de los depósitos marinos pliocenos, y en la ladera E del barranco de Maro, indicando este afloramiento la vertiente oriental del paleovalle que presentaría una gran verticalidad. Una vez colmatado el paleovalle por los conglomerados del abanico de Maro, estos siguieron depositándose por fuera de aquél, presen-

tando una menor potencia y una mayor extensión espacial. Además, en la zona del río Higuierón se producen hombreras de erosión como resultado de una estabilización del nivel de base. De nuevo, otra pulsación tectónica da lugar al sistema aluvial del abanico de Nerja (Fig. 9), cuyo colector principal se corresponde con el curso actual del río Chillar. Este abanico se encuentra en su cabecera claramente encajado en los abanicos de Frigiliana y Maro, erosionando el extremo oriental del primero. También ocupa una zona deprimida de los esquistos, que ya había sido parcialmente colmatada por la sedimentación pliocena, encajándose fuertemente en estos materiales en el borde E. Por el tipo de facies que presentan, el desarrollo de los sistemas de abanicos aluviales tiene lugar en un clima semiárido, con precipitaciones concentradas, que en algunos momentos pudo presentar un carácter húmedo.

Con posterioridad al emplazamiento de los abanicos tiene lugar el desarrollo de un sistema fluvial, que comienza antes en las zonas de los abanicos antiguos, iniciándose la destrucción de estos y su desmantelamiento (p.e.: abanicos de Frigiliana, de la Torre de Maro y de los Colmenarejos). Así, los diferentes colectores que dieron lugar a los abanicos comienzan a encajarse en estos, produciéndose cambios de dirección, como en el caso del arroyo de los Colmenarejos, e incluso capturas, como ocurre con el río Higuierón, capturado por el Chillar. Todos los ríos de la zona sufren un fuerte encajamiento (Río de la Miel, arroyo de los Colmenarejos, Barranco de Maro y sistema Chillar Higuierón), destacando el profundo cañón que origina el Barranco de Maro en los materiales del abanico de Maro, al igual que el originado por el sistema de los ríos Chillar Higuierón en los mármoles y esquistos alpujárrides y en los materiales del abanico de Nerja. Apenas se detectan restos de la sedimentación producida por estos sistemas fluviales, existiendo terrazas aisladas a diferentes niveles en casi todos los cursos fluviales, con una cronología Pleistoceno superior. Únicamente presentan una mejor representación cartográfica las terrazas bajas del río Chillar, ya holocenas.

Posteriormente al abanico de Maro y de forma prácticamente simultánea con la formación del abanico de Nerja y de niveles de terrazas fluviales en otros puntos, se desarrolla al E de Maro un importante sistema de sedimentación travertínica ligado a la surgencia kárstica de la Fuente de Maro, que da lugar al travertino del mismo nombre. Además, durante el Pleistoceno y en relación con los niveles de base marcados por los diferentes sistemas de abanicos aluviales tiene lugar la karstificación del macizo de Almijara, ya iniciada en el Plioceno, dando lugar a la Cueva de Nerja, y a la mayoría de los rasgos geomorfológicos kársticos del macizo. También se desarrollan durante el Pleistoceno plataformas de abrasión ligadas a las oscilaciones del nivel del mar. La plataforma de abrasión situada a +5 m en la playa de Burriana correspondería a la transgresión del Tirreniense III (Pleistoceno superior) (Zazo, 1980), mientras que las plataformas situadas a +2 m en la playa de la Torrecilla y en la playa de Burriana corresponderían a la transgresión Flandriense del comienzo del Holoceno (Zazo, 1980).

Las características paleogeográficas de la zona durante el tránsito Pleistoceno-Holoceno se conocen bien gracias a la interpretación del registro estratigráfico y paleobiológico del yacimiento arqueológico de la Cueva de Nerja (Jordá *et alii*, 1990, 2003). Durante el Pleistoceno Superior final la costa del entorno de la Cueva de Nerja y por extensión de la zona aquí analizada, estaba configurada por una amplia franja litoral arenoso-fangosa (grandes playas y medios costeros restringidos, con estuarios en las zonas de desembocadura de los ríos y con grandes playas y *lagoons* en las zonas situadas entre desembocaduras) (Aura *et alii*, 1993, 2000, 2002). El Holoceno se inicia con una rápida transgresión que hace desaparecer los medios restringidos y de transición instalados a lo largo de la línea de costa durante las últimas etapas del Pleistoceno superior, a la vez que alcanzan los depósitos Pliocenos y Cuaternarios y en el zócalo esquistoso y dando lugar al desarrollo de acantilados y al rejuvenecimiento de los paleoacantilados existentes (Aura *et alii*, 1993, 2000, 2002).

Tanto la sedimentación como la paleogeografía de la costa durante el Holoceno presentan una gran similitud con la situación actual, observándose unas ligeras variaciones, si bien en determinados puntos de la línea de costa, ligados a desembocaduras de cursos fluviales estas variaciones alcanzan mayores magnitudes. La transgresión holocena hace que la costa pase a tener un carácter abrupto, desarrollándose importantes acantilados a lo largo de toda ella, tanto sobre los esquistos alpujarrides, mayoritarios, como en los materiales pliocenos y pleistocenos que la jalonan. Es en estos momentos iniciales del Holoceno cuando se retrabajan los acantilados de la playa de Burriana y se labran las plataformas de abrasión de la Torrecilla y Burriana. También comienza en estos momentos el retroceso de los acantilados del travertino del Llano de Maro. Por tanto, la línea de costa en los primeros momentos del Holoceno, estaba situada más hacia el interior que en la actualidad, coincidiendo en muchos casos su trazado con los límites de la terraza baja de los principales cursos fluviales. Esta línea de costa presentaba de esta forma gran sinuosidad, condicionada por los estuarios originados en las desembocaduras de los ríos, ahora colmatados, y en aquellos momentos invadidos por las aguas de la transgresión holocena. A medida que va avanzando el Holoceno, la transgresión pierde intensidad, retrayéndose el mar algunos metros, de forma que al pie de los acantilados comienzan a desarrollarse estrechas playas, en la mayoría de los casos asociadas a la desembocadura de pequeños curso fluviales.

Hacia la parte media del Holoceno, la actividad antrópica provoca el inicio de la deforestación, lo que conlleva la destrucción de los suelos y el arrastre de materiales hacia los cursos fluviales, lo que conducirá a su progresiva colmatación. No obstante, la situación permanece estable hasta aproximadamente los 2.700 años BP, momento a partir del cual los aportes sólidos de los cursos fluviales van incrementándose produciéndose una lenta colmatación de los estuarios (Hoffmann, 1988). Además, la situación climática de estos momentos ca-

racterizada por unas condiciones de altas temperaturas y sequedad, con precipitaciones concentradas en determinadas épocas del año, intensifica y favorece el desarrollo de este tipo de procesos. En el río Chillar, el pequeño estuario existente a principios del Holoceno se colmata progresivamente a partir de la segunda mitad de este periodo, fundamentalmente en el último milenio, dando lugar a la terraza baja y a un pequeño delta. Este hecho viene determinado por el abandono de las prácticas agrícolas que siguió a la expulsión de los árabes y a la posterior expulsión de los moriscos, y por las deforestaciones masivas llevadas a cabo a lo largo de los últimos cinco siglos con objeto de obtener combustibles vegetales y madera para industrias de transformación del mineral de hierro y astilleros. Con todo esto, la línea de costa va adquiriendo su fisonomía actual, detectándose a partir de los dos últimos siglos un ligero avance de las aguas del mar, que producen un pequeño retraimiento de algunas playas, hecho que se observa en las torres del vigilancia costera construidas durante la Edad Moderna, que en algunos casos se encuentran descalzadas y parcialmente destruidas por el oleaje.

---

#### Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el Museo Nacional de Ciencias Naturales mediante una beca del P.F.P.I. del Ministerio de Educación y Ciencia, en el marco de los proyectos "Génesis, estructura y desarrollo de la cueva de Nerja" dirigido por el Dr. Manuel Hoyos Gómez (M.N.C.N., C.S.I.C.) e "Investigaciones Prehistóricas en la Cueva de Nerja" dirigido por el Dr. Francisco Jordá Cerdá (Universidad de Salamanca), subvencionados por el Patronato de la Cueva de Nerja (Málaga), y constituye una parte de la tesis doctoral del autor, dirigida por el Dr. Manuel Hoyos Gómez.

---

#### Bibliografía

- ANDREO, B.; CARRASCO, F. Y SANZ DE GALDEANO, C. (1993): "Estudio geológico del entorno de la Cueva de Nerja". En F. CARRASCO CANTOS (Ed.): *Geología de la Cueva de Nerja*. Trabajos sobre la Cueva de Nerja, 3: 23-50. Patronato de la Cueva de Nerja.
- AURA TORTOSA, J.E.; JORDÁ PARDO, J.F. Y RODRIGO GARCÍA, M.J. (1993): "Variaciones en la línea de costa y su impacto en la explotación de los recursos marinos en el límite Pleistoceno-Holoceno. El ejemplo de la Cueva de Nerja (Málaga)". *El Cuaternario en España y Portugal*, 1: 369-377. I.T.G.E. Madrid.
- ; —; — (2000): "Sobre dunas, playas y calas. Los pescadores prehistóricos de la Cueva de Nerja (Málaga) y su expresión arqueológica en el tránsito Pleistoceno – Holoceno". *Archivo de Prehistoria Levantina*, XXIV: 9-39.
- ; —; —; PÉREZ RIPOLL, M.; BADAL GARCÍA, E. Y GUILLEM CALATAYUD, P. (2002): "The far south: the Pleistocene-Holocene transition in Nerja Cave (Andalucía, Spain)". *Quaternary International*, 93-94: 19-30.
- BENAVENTE, J. Y ALMECÍJA, C. (1993): "Estudio geomorfológico del entorno de la Cueva de Nerja". En F. CARRASCO CANTOS (Ed.): *Geología de la Cueva de Nerja*. Trabajos sobre la Cueva de Nerja, 3: 117-158. Patronato de la Cueva de Nerja.
- BIROT, P. Y DRESCH, J. (1966): "Pédiments et glacis dans l'Ouest des Etats Unis". *Ann. Géographie*, 75: 513-552.
- CARRASCO CANTOS, F. (1993) (Ed.): *Geología de la Cueva de Nerja*. Trabajos sobre la Cueva de Nerja, 3. Patronato de la Cueva de Nerja.
- CHAVES, SR. (1898): Sesión del 9 de febrero de 1898. *Actas de la Sociedad Española de Historia Natural*: 46-48.
- COUVREUR, G. ET VOGT, T. (1976): "Sur quelques croûtes calcaires du Haut Atlas Central (Maroc) et leur signification geomorphologique". *Rech. Geogr. Stasbourg*, 3: 5-28.

- DUMAS, B. (1966): "Les mecanismes d'elaboration des glacis d'apres l'exemple du centre du Levant spagnol". *C. R. Acad. Sci. Paris*, 262: 20-23.
- (1977): *Le Levant spagnol. La genèse du relief*. Thèse d'Etat. Univ. Paris Sorbonne.
- DURÁN VALSERO, J.J. (1985): "Síntesis geológica de la región de Nerja Maro". *La Cueva de Nerja*. Grupo de Exploraciones Subterráneas de la Sociedad Excursionista de Málaga: 21-26. Málaga.
- (1996): *Los sistemas kársticos de la provincia de Málaga y su evolución: contribución al conocimiento paleoclimático del Cuaternario en el Mediterráneo Occidental*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- , GRÜN, R. Y FORD, D. (1993): "Dataciones geocronológicas absolutas (Métodos E.S.R. y Series de Uranio) en la Cueva de Nerja y su entorno. Implicaciones evolutivas, paleoclimáticas y neosismotectónicas". En F. CARRASCO CANTOS (Ed.): *Geología de la Cueva de Nerja*. Trabajos sobre la Cueva de Nerja, 3: 231-248. Patronato de la Cueva de Nerja.
- , GUMIEL, P.; CARRASCO, F.; ANDREO, B.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; GONZÁLEZ-CASADO, J.M. Y SANZ DE GALDEANO, C. (1998): "Recent fracturing in speleothems of bigs cavities: study and modelling attempt at the Nerja Cave (Betic Cordillera, Spain)". *Spéléochronos*, hors-série: 65-70.
- , LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; MARTÍN DE VIDALES, J.L.; CASAS, J. Y BAREA, J. (2001): "El moonmilk, un depósito endokárstico singular. Presencia en cavidades españolas". *Geogaceta*, 29: 43-46.
- ELORZA, J.J. Y GARCÍA-DUEÑAS, V. (1981): *Mapa Geológico de España a E. 1:50.000. Hoja 1.054 (Vélez-Málaga)*. 2ª serie. I.G.M.E. Madrid.
- FAIRBRIDGE (1969): *The Encyclopedia of Geomorphology*. Reinhold Book Corporation. New York-Amsterdam-London.
- FOURNIGUET, J. (1975): *Neotectonique et Quaternaire marin sur le littoral de la Sierra Nevada, Andalousie (Espagne)*. Thèse de 3<sup>me</sup> Cycle. Univ. Orleans.
- Y LE CALVEZ, Y. (1975): "Sur le Pliocene de la cote d'Andalousie (Espagne)". *Bull. Soc. Geol. France* (7ª serie), 17 (4): 604 611.
- GALLART GALLEGU, F. (1977): "Los glacis: problemas de nomenclatura, clasificación y génesis (Estudio bibliográfico)". *Acta Geológica Hispánica*, 12 (1-3): 12-16.
- GARCÍA-DUEÑAS Y AVIDAD (1981): *Mapa Geológico de España a E. 1:50.000. Hoja 1.055 (Motril)*. 2ª serie. I.G.M.E. Madrid.
- GUERRA-MERCHÁN, A.; RAMALLO, D. Y SERRANO, F. (1999): "Evolución tectosedimentaria del entorno de la Cueva de Nerja durante el Plio-Cuaternario". En B. ANDREO, F. CARRASCO Y J.J. DURÁN (Eds.): *Contribución del estudio científico de las cavidades kársticas al conocimiento geológico*: 35-45. Patronato de la Cueva de Nerja.
- Y SERRANO, F. (1993): "Análisis estratigráfico de los materiales neógeno-cuaternarios de la región de Nerja". En F. CARRASCO CANTOS (Ed.): *Geología de la Cueva de Nerja*. Trabajos sobre la Cueva de Nerja, 3: 53-90. Patronato de la Cueva de Nerja.
- GUMIEL, P.; DURÁN, J.J.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; GONZÁLEZ-CASADO, J.M.; ANDREO, B. Y CARRASCO, F. (1999): Análisis de la fracturación reciente en los espeleotemas de la Cueva de Nerja. En B. ANDREO, F. CARRASCO Y J.J. DURÁN (Eds.): *Contribución del estudio científico de las cavidades kársticas al conocimiento geológico*: 47-56. Patronato de la Cueva de Nerja.
- HOFFMANN, G. (1988): *Holozänstratigraphie und Küstenlinien verlagerung an der andalusischen Mittelmeerküste*. BERICHTe aus dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen, 2: 173.
- I.G.N. (1990): *Boletín de Sismos Próximos, año 1987*. Instituto Geográfico Nacional. Madrid.
- JORDA PARDO, J.F. (1986) (Ed.): *La Prehistoria de la Cueva de Nerja*. Trabajos sobre la Cueva de Nerja, 1. Patronato de la Cueva de Nerja.
- (1988): "Los travertinos del extremo oriental de la costa de Málaga". *2º Congr. Geol. Esp. S.G.E. Granada, comunicaciones*, 1: 391 394. Sociedad Geológica de España y Universidad de Granada.
- (1992): *Neógeno y Cuaternario del extremo oriental de la costa de Málaga*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.
- ; AURA TORTOSA, J.E. Y JORDA CERDÁ, F. (1990): "El límite Pleistoceno Holoceno en el yacimiento de la Cueva de Nerja (Málaga)". *Geogaceta*, 8: 102 104.
- ; —; RODRIGO GARCÍA, M.J.; PÉREZ RIPOLL, M. Y BADAL GARCÍA, E. (2003): "El registro paleobiológico cuaternario del yacimiento arqueológico de la Cueva de Nerja (Málaga, España)". *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., Sección Geológica*, 18(1-4): 73-89.
- LARIO, J., ZAZO, C., SOMOZA, L., GOY, J.L., HOYOS, M., SILVA, P.G. Y HERNÁNDEZ-MOLINA, F.J. (1993): "Los episodios marinos cuaternarios de la costa de Málaga (España)". *Rev. Soc. Geol. España*, 6 (3-4): 41-46.
- LHÉNAFF, R. (1981): *Recherches geomorphologiques sur les cordilleres Bétiques centro occidentales (Espagne)*. Thèse de 3<sup>me</sup> Cycle. Université de Lille III.
- LLOPIS LLADÓ, N. (1970): *Fundamentos de Hidrogeología Kárstica*. Ed. Blume.
- LÓPEZ ARROYO, A.; MARTÍN MARTÍN, A.J. Y MEZCUA RODRIGUEZ, J. (1980): "Terremoto de Andalucía. Influencia en sus efectos de las condiciones del terreno y del tipo de construcción". *El Terremoto de Andalucía del 25 de diciembre de 1884*. Instituto Geográfico Nacional. Madrid.
- LÓPEZ SÁNCHEZ-VIZCAINO, V. Y GÓMEZ-PUGNAIRE, M.T. (1993): "Introducción a la petrología de los mármoles de la Cueva de Nerja y materiales asociados". En F. CARRASCO CANTOS (Ed.): *Geología de la Cueva de Nerja*. Trabajos sobre la Cueva de Nerja, 3: 189-229. Patronato de la Cueva de Nerja.
- MAYORAL, E. Y RODRIGUEZ-VIDAL, J. (1990): "La actividad bioerosiva como indicadora de episodios marinos en depósitos continentales (costa de Málaga)". En J. CIVIS Y J.A. FLORES (Eds.): *Actas de las IV Jornadas de Paleontología*: 247-254. Universidad de Salamanca.
- MEZCUA, J. Y MARTÍNEZ SOLARES, J.M. (1983). *Sismicidad del área ibero-magrebí. Publicación 203*. Instituto Geográfico Nacional. Madrid.
- RODRIGUEZ-VIDAL, J. (1979): "Variaciones climáticas en el ecosistema de la Cueva de Nerja (provincia de Málaga)". *Tecniterrae*, 29: 41-48.
- SANZ DE GALDEANO (1986): "Structure et stratigraphie du secteur orientale de la Sierra Almijara (Zone Alpujarride, Cordilleres Bétiques)". *Estudios Geológicos*, 42: 281-289.
- (1989): "Estructura de las Sierras Tejeda y de Cómpeta (Conjunto Alpujarride, Cordilleras Béticas)". *Rev. Soc. Geol. España*, 2: 77-84.
- (1993): "La fracturación en el entorno de la Cueva de Nerja". En F. CARRASCO CANTOS (Ed.): *Geología de la Cueva de Nerja*. Trabajos sobre la Cueva de Nerja, 3: 93-114. Patronato de la Cueva de Nerja.
- SCHULZ, H.D. (1983): "Zur Lage holozäner Küsten in den Mündungsgebieten des Rio de Vélez und des Rio Algarrobo (Málaga)". *Madridier Mitteilungen*, 24: 59-64.
- TARLING, D.H. (1983): *Paleomagnetisme*, Ed. Chapman and Hall.
- VIDAL SÁNCHEZ, F. (1986): *Sismicidad de la Región Béticas-Mar de Alborán*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- ZAZO CARDEÑA, C. (1980): *El Cuaternario marino continental y el límite Plio Pleistoceno en el litoral de Cádiz*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.