

## **TIAC'12. TECNOLOGÍA DE LA INTRUSIÓN DE AGUA DE MAR EN ACUÍFEROS COSTEROS.**



VISITA TÉCNICA A LA DESALINIZADORA DE ALICANTE Y HUMEDALES PRÓXIMOS. CAMPO DE ELCHE-SANTA POLA. ISLA DE TABARCA



### INDICE

1. Introducción
2. Campo de Elche-Santa Pola. Contexto geológico e hidrogeológico
3. Hidrología. Humedales de Agua Amarga y Clot de Galvany
4. Desalinizadora de Alicante. Sistemas de captación de agua y formaciones permeables relacionadas
5. Acuífero de la Vega Baja del Segura
6. Descripción de las paradas
7. Referencias bibliográficas

ANEXO 1. Arrecife Messiniense del Cabo de Santa Pola

ANEXO 2. Geología de la isla de Tabarca

## 1.- INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos principales de la visita técnica de este congreso es dar a conocer las distintas posibilidades de captación de agua en plantas desaladoras de agua de mar, mediante acuíferos costeros, con sus ventajas e inconvenientes en cada caso. Se va a visitar la planta de la Mancomunidad de Canales del Taibilla, que abastece a Alicante y tiene una capacidad de producción próxima a los 50 hm<sup>3</sup>/año. Se localiza en el extremo norte del área comprendida entre la Sierra de Colmenar, o Colmenares, al norte, y el Cerro de Santa Pola, al sur. Presenta la peculiaridad de encontrarse próxima a dos humedales, Agua Amarga y El Clot de Galvany, con sus peculiaridades hidrogeológicas relacionadas. Además, el hecho de tratarse el primero de ellos de una antigua explotación salinera, abandonada en la actualidad, conlleva una serie de peculiaridades y dificultades a tener en cuenta en la explotación de la planta.

Para visualizar mejor el comportamiento hidrogeológico de la zona visitada, enmarcada en el Campo de Elche-Santa Pola, se va a realizar una parada en el mirador de Los Arenales, que domina la zona y se podrán explicar los distintos elementos y la relación entre ellos, además de ver la conexión con el acuífero de la Vega Baja. La excursión no se centra en este acuífero, dada su gran entidad, que haría necesaria una visita exclusiva al mismo, para comprender mejor su funcionamiento, pero sí se pueden esbozar sus características fundamentales que lo definen.

Por otro lado, aprovechando la proximidad de un punto de interés geológico singular, se van a describir las características esenciales del Cabo de Santa Pola, uno de los mejores ejemplos de construcción arrecifal del Messiniense, perfectamente conservado y objeto de numerosas visitas y estudios de expertos internacionales. Se va a tener la oportunidad de ver una panorámica del mismo y, si el tiempo lo permite, una breve parada para ver *in situ* los corales y algas que lo forman. En el anexo 1 se describen las principales características de este edificio arrecifal, además de incluirse esquemas y fotografías panorámicas y de detalle para su mejor comprensión.

Por último, tras embarcar en Santa Pola y realizar una travesía de unos 15 minutos, se acabará la excursión en la cercana isla de Tabarca degustando la comida local. En la travesía se podrá disfrutar de una buena panorámica del cerro que forma el arrecife. Al llegar a la isla se le podrá dar una vuelta desde el mar para observar sus peculiaridades geológicas esenciales. En este sentido, mejor visitaría paseando por ella, dadas sus

reducidas dimensiones, con la ayuda de las explicaciones geológicas guiadas del anexo 2, que incluye algunos puntos singulares de la isla.

## 2.- CAMPO DE ELCHE-SANTA POLA. CONTEXTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

### 2.1.-Contexto geológico regional y principales rasgos estructurales

El área comprendida entre Santa Pola y Alicante es una área tectónicamente activa, que coincide con la terminación oriental del accidente Cádiz - Alicante. Esta gran fractura, de tipo desgarre, limita las Zonas Externas e Internas de la Cordillera Bética (figura 1) y su período principal de actividad se registró en el Mioceno Inferior y Medio, si bien se tiene constancia de su actividad neotectónica.

Sobre la traza de esa gran fractura se han desarrollado diversas cuencas de tipo distensivo (pull - apart), donde se han acumulado importantes espesores de sedimentos. Este es el caso de la zona existente entre Elche y las Playas de El Altet, donde se ha generado una zona subsidente desde el Mioceno superior a la actualidad, teniendo como márgenes la Sierra de Colmenar al norte y las elevaciones del Faro de Santa Pola al sur, que serían los flancos de un amplio sinclinal de eje E-O (figura 2), que llega a implicar a los sedimentos marinos del Plioceno e incluso a los continentales del Villafranchense (Fm. Sucina) .

La configuración paleogeográfica descrita condicionó los ambientes sedimentarios y la naturaleza de las rocas que se formaron, que son marinos de tipo somero en los bordes de la cuenca, con desarrollo de calcarenitas, calizas y areniscas, y pelágico en el centro, con deposición de margas.

En los bordes de la cuenca afloran los materiales del basamento pertenecientes a dominios diferentes. En el borde septentrional del sector corresponden a secuencias mesozoicas de la Zonas Externas (Prebético Interno y en menor medida Subbético), mientras que en el sector meridional está constituido por materiales de las Zonas Internas,



Plioceno Inferior y Medio.- Esta unidad también se encuentra en los emplazamientos antes comentados. En Sierra Colmenar aflora como un nivel continuo, de unos 50 a 70 m de potencia, de areniscas de grano fino a medio en capas de 1 a 2 m de espesor e intercapas centimétricas de carácter limoso, que culminan con niveles de areniscas gruesas, calizas y limos rojos, de 40 m de espesor. En el flanco sur de la cuenca, en Los Arenales del Sol y Cabo de Santa Pola, esta unidad comprende una base margosa con intercalaciones de areniscas y calizas estromatolíticas, sobre la que se desarrolla un nivel de calcarenitas de 15 a 20 m de espesor.

Plioceno Superior (Villafranquiense).- Los materiales de esta edad se extienden ampliamente por el sector central del área cartografiada, en paraconformidad sobre el Plioceno inferior y en discordancia angular sobre los infrayacentes. Se corresponde con la Formación Sucina definida por Montenat (1973). Está conformado por una secuencia de limos arcillosos continentales, de típico color rojizo, con intercalaciones heterogéneas y discontinuas de arenas, gravillas y costras calcáreas; localmente también pueden incorporar limos blanquecinos con delgados niveles de calizas porosas de carácter lacustre. Pueden alcanzar más de 50 m de potencia. Las costras calcáreas son el tramo más característico de esta formación y ocupan importantes extensiones.

#### CUATERNARIO CONTINENTAL

Este conjunto está poco desarrollado en esta zona, correspondiendo a un nivel de 10 a 30 m de potencia constituido por limos, arcillas y arenas con costras calcáreas, localizándose en afloramientos continuos al pie de Sierra de Colmenares y Faro de Santa Pola, mientras que en el sector central sólo ocupan las vaguadas.

A la base de estos materiales se localiza los limos y costras calcáreas de la Formación Sucina. Hacia el oeste, hacia el Campo de Elche y la Vega Baja, estos depósitos detríticos continentales adquieren mucho más desarrollo, con mayor presencia de niveles arenosos.

#### CUATERNARIO COSTERO

Cuaternario antiguo (Pleistoceno-Tirreniense).- En la franja costera entre Cala de los Borrachos (extremo oriental de Sierra de los Colmenares) y el Faro de Santa Pola, se

extienden unos afloramientos de areniscas de grano medio y cementación débil, que se corresponden con una serie de depósitos de playa y cordones dunares desarrollados durante los últimos cambios eustáticos (nivel del mar) asociados a las glaciaciones cuaternarias.

En el sector de Agua Amarga, se ha podido diferenciar mediante columnas de perforaciones un tramo superior, de 10 a 15 m de espesor, de areniscas de grano medio con algún lentejón métrico de limos margosos, y un tramo inferior, de calcarenitas de grano grueso y carácter oqueroso (karstificación), de otros 15 m de potencia. El espesor conjunto se incrementa de norte a sur, alcanzando entre Urbanova y Arenales del Sol hasta 60 m de potencia.

Estas areniscas tienen continuidad bajo el mar, mientras que hacia el continente, bajo las arcillas que cubren las antiguas salinas de Agua Amarga, se interdigitan con facies de marisma, en este caso representadas por un nivel basal de areniscas limosas de grano fino, seguido de limos más o menos arcillosos, de tonalidades blanquecinas.

Cuaternario reciente (Holoceno).- Los sedimentos más recientes se corresponden con las arenas de playa asociados a la línea de costa, de hasta 4 m de espesor, Arcillas vadosas asociadas al saladar de agua Amarga, de hasta 6 m de potencia, derrubios de ladera asociados a relieves y los suelos que cubren amplias extensiones al E del saladar de Agua Amarga, sobre la Formación Sucina.

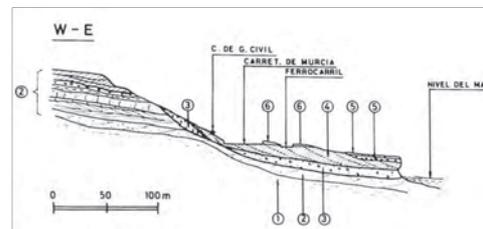


Figura 3.- Corte geológico de la zona de la Cala de los Borrachos (norte del área visitada, en el extremo este de la Sierra de Colmenar): 1.- Plioceno inferior; 2.- Plioceno areniscoso; 3.- Limos y brechas rísenses; 4.- Duna eutirrenense; 5.- Playa eutirrenense; 6 Limos rojos holocenos. (Según Box Amorós, 1987).

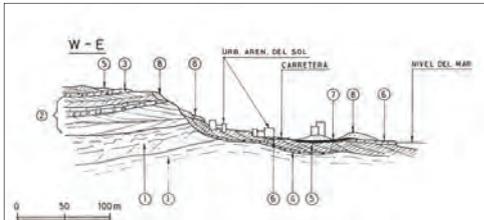


Figura 4.- Corte geológico de la zona de Los Arenales del Sol. 1.- Margas y areniscas del Plioceno inferior; 2.- Calcarenititas del Plioceno superior; 3.- Brechas encostradas del Villafranquense; 4.- Costras y limos rísenses; 5.- Duna eutirrenense; 6.-Playa eutirrenense; 7.-Nivel de turba; 8.-Dunas actuales. (Según Box Amorós, 1987).

### **2.3.- Acuíferos existentes en la zona**

Los depósitos detríticos cuaternarios, de carácter aluvial, aflorantes entre Elche, Santa Pola y la Sierra del Colmenar formarían la prolongación oriental del acuífero de la Vega Baja del Segura, con continuidad hidráulica con este, aunque con menor permeabilidad y espesor. Por ello se suele considerar un único acuífero a todo el conjunto. Infrayacentes a estos se encontrarían los niveles permeables del Plioceno y Mioceno superior, de carácter confinado o semiconfinado. El sustrato del sector central y meridional probablemente correspondiente a carbonatos triásicos, también tendría carácter permeable.

Así pues, en la vertical de esta zona se pueden localizar hasta 5 formaciones geológicas permeables, que infieren carácter multicapa. De muro a techo:

- Carbonatos triásicos
- Calcarenititas del Tortoniense superior
- Areniscas y calizas del Messiniense
- Areniscas del Plioceno

- Formaciones detríticas del Cuaternario, de carácter aluvial, salvo en la línea de costa, en donde aparecen depósitos costeros, de especial relevancia en las captaciones de la planta desaladora.

### **ACUÍFERO TRIÁSICO**

El afloramiento del sustrato más próximo se localiza en la isla de Tabarca, donde afloran unas dolomías del Triás, asignables al Dominio Alpujárride, bajo sedimentos del Mioceno superior. Estos mismos materiales han sido reconocidos en sondeos profundos de prospección de hidrocarburos realizados en la costa del sur de la provincia de Alicante, localizándose entre 800 y 1.000 m de profundidad.

Al oeste, estas rocas se encuentran en afloramientos aislados dentro de la Vega Baja del Segura. En estos emplazamientos se encuentran unas dolomías marmóreas con muy escasas formas externas de carstificación, pero con notable fracturación y formas de disolución localizadas, presentando una transmisividad muy elevada.

La Diputación Provincial de Alicante y el Instituto Geológico y minero de España han investigado este nivel profundo como posible almacén del rechazo salobre de plantas de desalación.

### **ACUÍFERO TORTONIENSE (ACUÍFERO SANCHO)**

Está formado por areniscas calcáreas, calcarenitas y niveles calizos. Aflora principalmente en la Sierra de la que toma el nombre, que se extiende por el sector septentrional del municipio de Elche y suroeste de Alicante, más al norte del escarpe de la Sierra del Colmenar, conformando un afloramiento alargado de 25 km de longitud y de 0,2 a 2 km de anchura. Aflora también al pie de los escarpes del Faro de Santa Pola, en facies de calizas de algas rodofíceas.

En el afloramiento de la Sierra de Sancho, su potencia llega a alcanzar hasta 300 m, y presenta buzamientos de 20 a 30° y sentido S, hacia el Campo de Elche. La superficie del área permeable es de 36 km<sup>2</sup>.

En sentido N - S existe una progresiva disminución en el tamaño de grano, en el espesor de los tramos, así como un cambio de facies con margas. Estas últimas confinan los niveles permeables a techo, con una potencia de hasta 300 m. El impermeable lateral y de base, en el norte, estaría compuesto por formaciones arcillosas cretácicas y, localmente, afloramientos de Triás en facies *Keuper*. Hacia el centro de la cuenca deben tener conexión con los niveles permeables carbonatados triásicos y en la línea de costa, bajo el cerro de Santa Pola, tendrían conexión directa con el mar. Bajo el Campo de Elche se han captado estos materiales mediante sondeos profundos, obteniéndose permeabilidades moderadas, del orden de  $K = 10^{-6}$  m/s.

Los recursos hídricos estimados para este acuífero son de alrededor de 1,15 hm<sup>3</sup>/año por infiltración en afloramientos permeables, siendo de ese orden las salidas laterales subterráneas junto con el bombeo en las escasas captaciones existentes. Una de ellas captó el acuífero a 800 m de profundidad, con una temperatura del agua una vez bombeada a la superficie de 43 ° C.

#### MESSINIENSE (ANDALUCIENSE)

Los niveles permeables Messinienses conforman una estructura sinclinal en la zona reconocida, presentando litologías diferentes en sus flancos. En el norte se encuentra como un nivel de areniscas, o areniscas y conglomerados, de 30 a 50 m de potencia, que ocupa las cotas más elevadas de Sierra del Colmenar, mientras que en el sur se encuentra como un tramo de calizas arrecifales que llega a 150 m de potencia, observándose un cambio lateral de facies a margas arenosas (albarizas) hacia el centro de la cuenca. A techo presentan un tramo de 20 a 50 m de margas, que en el extremo este de Sierra Colmenar y en Faro de Santa Pola no afloran, entrando este acuífero en contacto con las areniscas del Plioceno.

#### PLIOCENO

Las areniscas del Plioceno se encuentran como un nivel continuo de hasta 50 m de potencia al pie de Sierra de los Colmenares, en el flanco norte del sinclinal, y adosados a los relieves del Faro de Santa Pola, en el flanco sur, con espesores reducidos, de apenas 10 m de potencia. En detalle, esta formación presenta dos niveles de areniscas, separados por otro de margas, siendo el superior de carácter transgresivo y llega a

solapar las margas, contactando directamente sobre el infrayacente. A techo presenta los limos y arcillas rojas con niveles de arenas y costras calcáreas de la Formación Sucina, de edad Plioceno superior (Villafranquiense).

El conjunto de tramos permeables messinienses y pliocenos descritos forman el Acuífero Colmenar, que tendrían como impermeable de base y lateral principalmente los tramos margosos del Tortoniense superior y del propio Messiniense hacia el centro de la cuenca.

#### CUATERNARIO CONTINENTAL

Los depósitos detríticos aluviales mayoritariamente aflorantes en la zona forman un auténtico acuífero sobre todo hacia el Campo de Elche y especialmente dando lugar al acuífero de la Vega Baja en sentido estricto. En la zona entre la Sierra de Colmenar y el Cerro de Santa Pola presenta unas pobres características hidráulicas, que dificultan su explotación, aún más considerando el carácter salobre de sus aguas. Infrayacente a este se localizan los limos y costras calcáreas de la Formación Sucina, conformando entre ambos una cobertera poco permeable en este sector.

#### CUATERNARIO COSTERO

Este conjunto permeable se localiza en una franja de 100–300 m de anchura junto a la línea de costas, desde la Cala de los Borrachos hasta el pie de los acantilados del Cabo de Santa Pola. Se define sobre una Formación de areniscas y calcarenitas asociadas a una playa que se desarrolló en el Cuaternario antiguo (Tirreniense, Pleistoceno), que incluye facies de dunas eólicas, playa y plataforma marina somera. Hacia el continente cambian a facies de marismas, bajo las arcillas vadosas del Saladar, con una capa inferior de areniscas de grano fino y otra superior con predominio de arcillas limosas blanquecinas. Más al oeste se sustituyen por facies continentales.

Entre Cala de los Borrachos y Urbanova las areniscas tienen un espesor continuo entre 26 y 28 m, mientras que al S. de esa localización las potencias se incrementan hasta cerca de 60 m. Hacia el W. la formación se adelgaza, quedando las areniscas reducidas a una capa de 8 m, confinada entre arcillas, que se ha llegado a localizar a 600 m de la línea de costa bajo el saladar. En dirección E. estos materiales se extienden bajo el mar, correspondiendo con sus afloramientos los fondos rocosos de esta franja costera.

El acuífero es de carácter libre, presentando dos capas de diferente permeabilidad, de unos 250 m/día la inferior y de 10 a 20 m/día la superior, lo que induce comportamiento de acuífero semiconfinado en la capa de calcarenitas inferiores, debido al diferencial de permeabilidad que presenta con la superior. Como impermeable de base tiene la Formación Sucina, descrita anteriormente. Dada su conexión con el mar y la elevada permeabilidad de la capa inferior su principal uso es para captación de agua para la desaladora, no existiendo otros usos conocidos salvo las posibles aportaciones a la zona húmeda de Agua Amarga.

En la figura 5 se representa la distribución de los principales acuíferos descritos, y la relación entre ellos se puede apreciar en el corte esquemático de la figura 2. La continuidad de los niveles areniscosos pliocenos en el centro de la cuenca debe ser algo mayor que la reflejada en dicha figura, favoreciendo la conexión hidráulica entre los niveles permeables del acuífero Colmenar y las calizas arrecifales messinienses, si bien la escasez de datos en esa zona dificulta su comprobación.

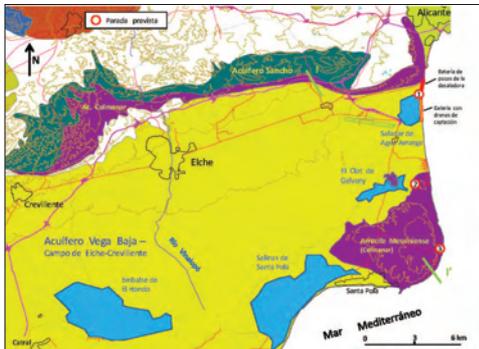


Figura 5. Principales acuíferos y humedales presentes en el área visitada

### 3.- HIDROLOGÍA. HUMEDALES DE AGUA AMARGA Y CLOT DE GALVANY

La red fluvial en el entorno de Santa Pola – Sierra del Colmenar está poco jerarquizada y carece de cauces definidos, existiendo vaguadas donde se concentran las escorrentías cuando se generan. Existen tres cuencas endorreicas, en cuyas áreas más bajas se encuentran varias zonas húmedas, de norte a sur, saladar de Agua Amarga, Fon de la Senieta y Clot de Galvany, no existiendo cauces que viertan la mar. Estas cuencas están separadas por pequeños repliegues que forman los ejes anticlinales de El Altet y los domos pliocuaternarios del Carabassí, respectivamente.

Ampliando la zona de referencia más al oeste y suroeste aparecen otras dos humedales, de mayor entidad al estar considerados ambos como Parques Naturales. Se trata de las Salinas de Santa Pola y la Laguna del Hondo. Ambos están relacionados con un antiguo entrante de la línea de costa en la zona, a modo de albufera, denominada *Sinus Illicitanus*, de la que se tienen referencias históricas. Esta zona se fue desecando y aterrando hasta dar lugar a las actuales zonas húmedas relictas mencionadas.

Actualmente la Laguna del Hondo está acondicionada como embalse de riego por Riegos de Levante, quedando como surgencias naturales pequeñas charcas perimetrales al mismo, alimentadas por el acuífero de la Vega Baja.

El hecho de que el Río Vinalopó desembogue actualmente en una acequia, sin llegar directamente al mar, dan prueba también de la evolución geográfica mencionada y los procesos de aterramiento que tuvieron lugar.

#### 3.1.- Saladar de Agua Amarga

El saladar de Agua Amarga corresponde a una extensa zona deprimida adjunta a la playa de Agua Amarga, de 1,8 km<sup>2</sup> de extensión, que fue utilizada como salina durante el siglo pasado, estando abandonada en la actualidad, por problemas económicos de la empresa explotadora. Cuenta con la calificación ambiental de Zona Húmeda y hasta el inicio del bombeo de la batería de pozos de la planta desaladora presentaba una lámina de agua la mayor parte del año, quedando sólo reducida en el periodo estival.

Tras la puesta en marcha de la nueva planta sólo tras fuertes lluvias vuelve a anegarse parcialmente, sin llegar a cubrir el agua la superficie anterior y volviendo a desecarse con cierta rapidez, lo que evidencia la clara relación con las aguas subterráneas de este entorno.



Diversas panorámicas del Saladar de Agua Amarga, con Alicante (izqda.) y Urbanova (dcha.) al fondo

El origen del humedal debe encontrarse en la generación de una albufera durante el Pleistoceno, condicionada por la presencia de una zona deprimida por la subsidencia de la cuenca que se fue aislando progresivamente de mar abierto por la formación de un cordón dunar o restinga gracias a los materiales alineados por el oleaje y la deriva litoral, procedentes de los aportes de la Rambla de las Ovejas y el Barranco de Agua Amarga, situados ambos al norte. Con el tiempo se iría colmatando hasta llegar a la situación actual.

Como reseña histórica cabe comentar el intento de urbanización del lugar, con la creación de un área residencial (*Lucentia*, proyectada para más de 20.000 habitantes) salpicada de canales con conexión marina para ser utilizados a modo de embarcaderos privados. Tras litigio entre los ayuntamientos de Elche y Alicante y una vez llegado a un acuerdo el Ministerio de la Vivienda desestimó el proyecto.

En régimen *natural* el humedal se anega por la escorrentía superficial (se trata de una zona endorreica, con cotas inferiores a 1 m.s.n.m. en buena parte de su superficie) y por la aportación de las aguas subterráneas. La escorrentía superficial no es muy relevante dada la escasez de precipitaciones en la zona, con una media pluviométrica del orden de 280 mm/año, siendo la más baja de la provincia. No obstante, la antigua explotación salinera disponía de un canal perimetral para derivar las aguas de arroyada y evitar su efecto de dilución.

También, hasta el cierre de la gola que conectaba el saladar con el mar, y aprovechaba la antigua explotación salinera, el agua marina entraba en episodios de fuerte oleaje a través de esta anegando las zonas más deprimidas del saladar.

Las aguas subterráneas deben ser especialmente relevantes, dada la proximidad del nivel freático en régimen natural. En algunos piezómetros realizados con anterioridad a la construcción de la desaladora el nivel se encontraba en el emboquille de los mismos, y en muchos de ellos la profundidad del agua era inferior a un metro.

Aunque el fondo aflorante del saladar presenta carácter poco permeable, con la presencia de un nivel arcilloso típico de zonas de marjal, a escasos metros de profundidad, según las zonas, aparecen niveles arenosos de mayor permeabilidad que favorecerían el aporte de agua. Las formaciones de mayor permeabilidad asociadas al humedal deben ser, principalmente los depósitos de arenas y areniscas del cuaternario costero, que dan lugar a la restinga que cierra el humedal y que hacia el interior van cambiando a facies de marismas, más arcillosas, pero todavía con presencia de niveles permeables en la vertical del saladar, según la información aportada por algunos piezómetros.

La formación *Sucina*, de limos y costras calcáreas e infrayacente al saladar en buena parte de su extensión, a pesar de su carácter poco permeable en conjunto, debía de encontrarse también saturada con los aportes de los depósitos cuaternarios anteriormente mencionados e incluso de las areniscas pliocenas inferiores que confinan. Al deprimirse los niveles en estas últimas formaciones afectarían al nivel piezométrico de aquella, con lo que los aportes que pudiera dar al saladar, especialmente a través de limos más arenosos o costras con mayor karstificación, desaparecerían igualmente. Cabe recordar que dada la escasa altura de la lámina de agua en el saladar, descensos decimétricos en la piezometría afectan sensiblemente a la extensión anegada de este.

En la figura 6 se realiza un corte geológico esquemático en donde se puede apreciar la relación de las distintas formaciones con el humedal.

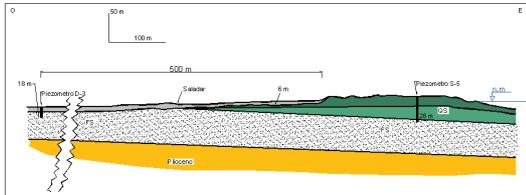


Figura nº 6.- Corte geológico del sector central del saladar de Agua Amarga. QS: areniscas del Tirreniense. FS: Formación Sucina. (origen: Proyecto Nueva desaladora del Canal de Alicante)

Inmediatamente al sur del saladar, pero separado de este, se localiza otra zona húmeda, pero de reducidas dimensiones, denominado *Fondo de la Senieta*. Corresponde a una zona deprimida carente de lámina de agua, pero con un nivel freático muy próximo a la superficie, lo que le infiere carácter de criptohumedal.

### 3.2.- Clot de Galvany

Es otro humedal protegido, que al igual que en el caso anterior, tiene una estrecha relación tanto con las aguas subterráneas como con las aportaciones superficiales, por su carácter endorreico, si bien, salvo episodios de fuertes aguaceros, parecen tener más importancia las primeras, dado el reducido tamaño de la cuenca vertiente y la escasez de precipitaciones en la zona. Su sustrato estaría también relacionado con la formación pliocuaterna de limos y costras calcáreas (Form. Sucina) aunque en este caso las areniscas pliocenas se sitúan a menor profundidad, como evidencian los afloramientos cercanos localizados en la vertiente norte del Cerro de Santa Pola. Este relieve debe dar tanto aportes superficiales, a través de sus barrancos que desembocan en la zona deprimida del Clot, como sobre todo subterráneos, procedentes principalmente de la infiltración que debe tener lugar en las calizas arrecifales que lo forman, de elevada permeabilidad.

El sector localizado al W está formado por una amplia zona de humedales estacionales, conocidos como Els Bassars, que deben también alimentarse de los aportes subterráneos procedentes de los tramos permeables más superficiales del detrítico cuaternario del Campo de Elche.

El Clot ha visto también reducida en los últimos años la superficie de la lámina de agua, quedando en numerosas ocasiones solamente anegada de forma artificial una pequeña parcela de 1 ha aproximadamente, con el agua procedente de la depuradora de Los Arenales. La cota de fondo se sitúa próxima a los 10 m.s.n.m, siendo incluso inferior en los sectores más deprimidos.



Figura 7.- Foto aérea con la localización del Clot de Galvany en un momento de gran extensión de la lámina de agua, y su relación con el resto de humedales próximos

Es una zona de especial valor medioambiental, con la presencia de varios ecosistemas: las charcas, los saladares y los montes, por lo que se pueden observar dos grandes agrupaciones vegetales: el espinar-tomillar en las lomas (palmito, espino negro, lentisco, tomillo) y la vegetación típica de marjales y saladares (sosa, carrizo, tarai, plantas acuáticas). Se puede igualmente destacar la presencia de especies de avifauna como la

cerceta pardilla, la garcilla cangrejera, la malvasía y el porrón pardo. Entre los anfibios destacan el sapo partero y la rana verde común, así como una gran variedad de reptiles. Existen también endemismos como los *limonius furturaceum* y *supinum*.

Como curiosidad histórica se encuentran en el entorno una notable red de *Bunkers* construidos en la guerra civil por los republicanos, destacando especialmente las instalaciones relacionadas con artillería antiáerea pesada.



Detalle de una de las charcas anegada y bunker de la guerra civil

Al igual que en Agua Amarga hubo un intento de urbanizar la zona, también con canales para embarcaderos privados conectados con el mar, pero las presiones de los grupos conservacionistas paralizaron el proyecto.

#### **4.- DESALINIZADORA DE ALICANTE. SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA Y FORMACIONES PERMEABLES RELACIONADAS**

La planta de Alicante, destinada a desalinizar agua marina para el abastecimiento urbano, especialmente de la comarca de l'Alacantí, junto con el agua procedente de la Mancomunidad de Canales del Taibilla. Ha tenido dos fases de realización, Alicante I y II, con una capacidad de producción máxima conjunta cercana a los 50 hm<sup>3</sup>/año, estando en la actualidad produciendo algo más de la mitad.

El rechazo de salmuera es vertido en la Cala de los Borrachos, a aprox. Un kilómetro al norte de la planta, previa dilución con agua de mar en proporción 2/1 (doble volumen de agua de mar) para minimizar el impacto ambiental.

Dispone de tres sistemas de captación de agua de mar de diferentes características: pozos verticales en la línea de costa, perforaciones horizontales dirigidas y una galería excavada igualmente en la costa con drenes perpendiculares que se dirigen bajo el fondo marino.

#### **4.1 Batería de pozos costeros**

Consta de 22 pozos, realizados para la fase inicial de Alicante I, puesta en marcha en 2003. Están localizados junto a la línea de costa inmediatamente al norte de la planta (figura 9), 18 de ellos con una profundidad ligeramente superior a 50 metros y los cuatro restantes con poco más de 100 metros. Los caudales de producción varían entre 22 y 120 l/s, con niveles dinámicos entre 8 y 20 m bajo el nivel del mar y una capacidad de producción conjunta de 65.000 m<sup>3</sup>/día.

Al localizarse muy cerca de la terminación costera del afloramiento plioceno de la Sierra de Colmenar captan esta formación permeable. También captan los depósitos cuaternarios costeros suprayacentes de areniscas pleistocenas, y con continuidad hidráulica en este sector. Igualmente algunos de los pozos más profundos llegan a captar los niveles permeables inferiores de areniscas messinienses, también con continuidad hidráulica al no aparecer aquí el paquete de margas confinantes que existe en la mayor parte de la zona.

En la figura 8 se detalla un corte esquemático en donde se puede apreciar con claridad los distintos acuíferos captados por la batería de pozos y la relación entre ellos.

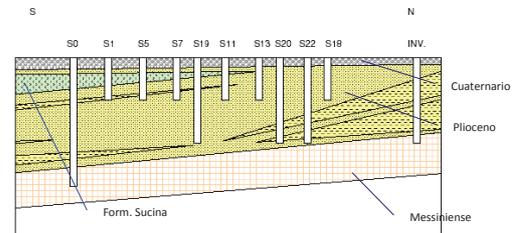


Figura 8. Corte geológico esquemático e la batería de pozos Alicante I

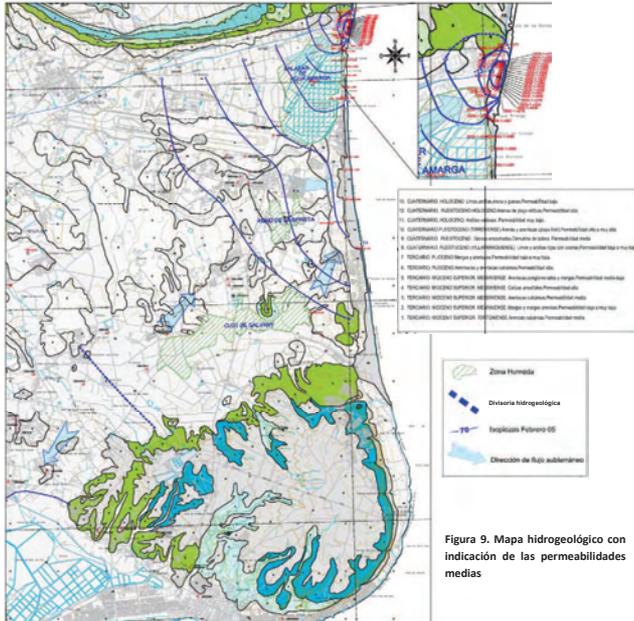
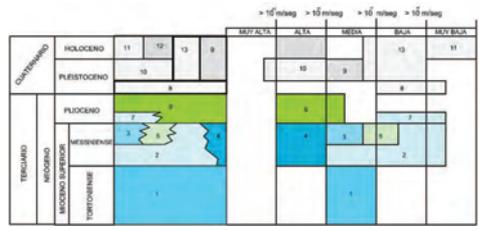


Figura 9. Mapa hidrogeológico con indicación de las permeabilidades medias



El acuífero messiense ha sido captado con facies de areniscas con algunos niveles de caliza arrecifal. Las transmisividades obtenidas varían de 180 a 200 m<sup>2</sup>/día y conductividades de hasta 73.000. μS/cm, al inicio de la explotación.

La transmisividad del acuífero plioceno es bastante elevada. En los bombeos de ensayo de los sondeos de alimentación a la Desaladora Alicante I, que captan estas areniscas, se obtuvieron valores de transmisividad muy altos, entre 500 y 5.000 m<sup>2</sup>/día, con un máximo de 15.300 m<sup>2</sup>/día

En cuanto al acuífero cuaternario costero (areniscas pleistocenas), los parámetros hidráulicos disponibles muestran una heterogeneidad, fruto de un esquema de circulación por fracturas y conductos preferenciales. Las transmisividades se encuentran entre 500 y 3.800 m<sup>2</sup>/día, mientras que la porosidad eficaz es del 0,02% al 0,17%.

**4.2 Piezometría**

En la figura 9 se representan las isopiezas para una campaña realizada en febrero de 2005, antes de la construcción de la Fase Alicante II. La mayor parte de estas medidas se han realizado en los pozos de bombeo de la desaladora Alicante I y en los piezómetros y pozos construidos para el seguimiento de niveles e investigación hidrogeológica para el proyecto de toma de la desaladora Alicante II.

Existen medidas de equipotencial hidráulico en el acuífero libre Cuaternario (playa fósil), tanto en superficie como a 30 m de profundidad y en los acuíferos Plioceno y Messiense subyacentes, no existiendo diferencias de nivel significativas entre ellos.

Se observan variaciones en la cota del nivel piezométrico entre los 10 m s.n.m a la altura del aeropuerto de El Altet, que se incrementarían a 30 m.s.n.m más al este, ya en el Campo de Elche, y los -20 m s.n.m, correspondiente al nivel dinámico más profundo de los sondeos de la toma de agua de la desaladora Alicante I. Las isopiezas muestran una dirección de flujos genérica hacia el NE, hacia las playas del N y S de Urbanova, pero los bombeos de la toma de la desaladora han alterado ligeramente los flujos del sector septentrional, creando un conoide de elevado gradiente hacia el mar y que se extiende ampliamente tierra adentro.

#### **4.3. Concentración salina del agua captada**

El efecto de la antigua explotación salinera ha generado una pluma de salmuera en el subsuelo con concentraciones de sal claramente superiores a la del mar, llegando hasta 120 g/l. Ello explica la elevada salinidad del agua captada, con conductividades superiores a la marina, si bien con el tiempo tiende a disminuir dicha concentración salina, por efecto de la dilución que causa el régimen de flujo extractivo en torno a las captaciones. En la actualidad la salinidad del agua captada por Alicante I y II, respectivamente, sería de 41 y 42 g/l, mientras que la del agua de mar se situaría en torno a 39 g/l. A este respecto se recomienda la lectura de la comunicación presentada en este congreso por Alhama, Rodríguez Estrella y García García, que profundiza en la cuestión descrita.

#### **4.4 Galería con drenes**

Es el tipo de captación realizado en la Desaladora de Alicante II. Consiste en una galería de 1.000 m de longitud perforada paralela a la línea de costa, y a 50 m de esta, con 3,14 m de diámetro. En su interior se han perforado en perpendicular y en sentido mar adentro 103 drenes, con una inclinación sobre la horizontal entre 30 y 60 °. Tienen 25,5 m de longitud y están distanciados entre sí 9,6 m. Se han acondicionado con tuberías de 130 mm de diámetro, con filtro en los 18 m finales.



Construcción del túnel y detalle interior con dren surgente (fuente: Pulido-Bosch y Rodríguez Estrella 2007)

El caudal surgente aportado por cada dren es de 25-30 l/s. El túnel parte de un gran cilindro vertical, de 25 m de diámetro (cántara), desde donde se bombea el agua a la planta. La cota de base de la cántara es de -14,75 m, y -12,75 m la base del túnel, por lo que se llena sin necesidad de bombeo en los drenes. Estos tienen válvula de cierre en cabecera, que tendrá que ser cerrada por buzos cuando hayan de realizarse operaciones de mantenimiento en las instalaciones.

La galería está perforada en los depósitos cuaternarios (Pleistoceno) en facies de dunas eólicas, playas y plataforma continental somera.

Como complemento de captación se han realizado también 11 perforaciones horizontales dirigidas por debajo del fondo marino.

#### **5.- ACUÍFERO DE LA VEGA BAJA DEL SEGURA**

El acuífero de la Vega Baja, junto con la Vega Media, representan uno de los sistemas subterráneos más extensos y con mayores reservas de la provincia de Alicante. A partir de los años 90 su explotación ha sido fundamental como fuente de recursos hídricos, destinados a la agricultura, dada su elevada salinidad, como apoyo para riegos de socorro en ciclos secos a las principales fuentes de recursos hídricos de la zona: el trasvase Tajo-Segura y los desembalses al río Segura. Del volumen total de explotación de este acuífero en torno al 13% se localiza en la provincia de Alicante, según los balances generales recogidos en el Mapa del Agua de la Provincia (DPA, 2007), alcanzando un volumen medio de 33 hm<sup>3</sup>/año.

Desde el punto de vista geológico regional, se caracteriza por materiales pertenecientes a la cuenca sedimentaria del bajo Segura, situada en el extremo oriental de la Cordillera Bética. Su historia geológica comienza en el Mioceno superior, momento en el que se individualizó después de los movimientos orogénicos causados por la colisión de las Zonas Internas contra el paleomargen sudibérico de las Zonas Externas. La cuenca del bajo Segura se trata de una continuación hacia el NE de la fosa tectónica del Guadalentín, representando la más extensa de la zona oriental de la Cordillera Bética. La Vega Baja y Media constituyen buena parte de dicha cuenca, con una extensión de 1.046 km<sup>2</sup>.

El relleno sedimentario comenzó en el Tortoniense y llega hasta el Cuaternario. Presenta una amplia variedad de facies continentales, marinas someras y de plataforma profunda en relación a variaciones del nivel del mar ligadas a la tectónica en diferentes edades.

La formación acuífera corresponde al relleno de la llanura aluvial del río Segura, de edad Plió-Cuaternario. Formada por gravas y arenas con intercalaciones arcillosas, cuya proporción con respecto a los tramos permeables aumenta hacia el NE. De este modo, en el sector de la Vega Media, el acuífero parece disponerse prácticamente en un único nivel permeable libre, mientras que en la Vega Baja, este se dispone en al menos 5 niveles que son semiconfinados por niveles de permeabilidad escasa o nula, pudiéndose observar en algunas columnas de sondeo una alternancia irregular de capas permeables, semipermeables e impermeables. Esta disposición podría ser debida a la indentación producida por el cambio lateral de facies de ambiente fluvial a marisma, dada su proximidad al mar Mediterráneo.

El nivel permeable más superficial (acuífero superficial) tiene un carácter libre. Su composición litoestratigráfica es variable entre limos, limos arenosos, margas arenosas y arcillas limosas. En general, existe una interconexión bastante limitada entre este acuífero y los infrayacentes. Según los datos de explotación y parámetros hidráulicos consultados, este nivel es de baja productividad hidrogeológica.

Los niveles semiconfinados infrayacentes (acuífero profundo) funcionan como un acuífero multicapa, cuando existe conexión entre las mismas, o bien como niveles independizados. En general presentan mejores características hídricas y contienen el volumen más importante de recursos del sistema hidrogeológico debido a que están constituidos por materiales detríticos groseros (gravas y arenas).

La profundidad del agua en ambos acuíferos es pequeña. Escasos metros en la mayoría de las ocasiones, llegando incluso a ser surgente en algunas ocasiones.

Desde el punto de vista geométrico, el sistema acuífero de la Vega Baja y Media, se caracteriza por la disposición horizontal de niveles detríticos heterométricos cuya característica principal reside en una fuerte anisotropía en su distribución tanto horizontal como vertical. Este hecho afecta directamente a la permeabilidad. La

potencia total del sistema puede superar los 250 metros, incluyendo los paquetes arcillosos intermedios, en el sector oriental.

Aparte de los términos descritos, en la zona centro occidental afloran las sierras de Orihuela y Callosa, constituidas fundamentalmente por materiales metamórficos del substrato regional, de edad Permo-Trias. Sus niveles potencialmente acuíferos corresponden sobre todo a importantes tramos carbonatados con abundante fracturación que se encuentran independizados por tramos esquistosos o pizarrosos impermeables. Su potencia es del orden de unos 300 m, aunque en la sierra de Orihuela podría superar los 1000 m.

Respecto a la conexión entre la sierra de Orihuela y Callosa, existe un importante accidente estructural determinado por anomalías gravimétricas que probablemente independice los niveles acuíferos relativos a cada una de las sierras. Asimismo existen diferencias significativas entre las facies hidrogeoquímicas y los niveles piezométricos de ambas sierras.

A pesar de que estas formaciones tienen una escasa representación en el sistema presentan un importante interés hidrogeológico, ya que se encuentran en conexión hidráulica con los niveles detríticos permeables, sobre todo en los niveles más profundos, con los que se ponen en contacto. Por otro lado, se localizan en ellas las captaciones de mayor productividad, con pozos, en ocasiones, que superan los 100 l/s sin casi diferenciarse los niveles estáticos y dinámicos.

Los límites hidrogeológicos del sistema en general son cerrados, excepto al NE donde entra en conexión con el campo de Elche. Asimismo existe conexión hidráulica con el mar Mediterráneo en prácticamente la totalidad del borde oriental.

La conexión entre la Vega Baja y la Vega Media es de carácter abierto. Las sierras carbonatadas, sin embargo, presentan también buena conexión, excepto en el sector oriental de la sierra de Orihuela, donde afloran materiales esquistosos y pizarrosos que podrían estar aislando en cierta medida dicho sector.

La alimentación viene dada por el retorno de riego, la infiltración de lluvia útil, las pérdidas en las redes de distribución e influencia del río Segura. De este modo, la circulación del agua subterránea tiene lugar en sentido SO-NE, hacia el mar. Las



## **6.- DESCRIPCIÓN DE LAS PARADAS**

### **PARADA 1.- PLANTA DESALADORA DE ALICANTE.**

El objetivo es visitar las instalaciones de una de las plantas desaladoras de abastecimiento urbano mayores de la provincia, con un peculiar sistema de captación de agua marina como es el túnel con drenes, además de una batería de pozos costeros. Presenta peculiaridades propias como es la presencia cercana de un humedal y antigua explotación salinera, que ha generado una pluma de salmuera en el subsuelo a tener en cuenta en la explotación. En la parada, además de ver las instalaciones se explicará el entorno inmediato, relacionado con el Saladar de Agua Amarga, y los afloramientos próximos, especialmente de la Sierra del Colmenar y su relación con los acuíferos existentes.

### **PARADA 2. MIRADOR DE LOS ARENALES**

Se tendrá una perspectiva del Campo de Elche-Santa Pola y del humedal del Clot de Galvany para explicar en vista panorámica el conjunto de los acuíferos existentes y los humedales relacionados. Igualmente se podrán describir los rasgos esenciales y funcionamiento del vecino acuífero de la Vega Baja, localizado en el horizonte. También se describirán los rasgos esenciales de la cercana y visible Sierra de Santa Pola, como punto de interés geológico por el alto grado de conservación del edificio arrecifal Messiniense que la forma. Así mismo, en esta parada junto con la siguiente se describirán los rasgos geológicos esenciales de la Isla de Tabarca, como punto final de destino de la excursión.

### **PARADA 3. BASE DEL ARRECIFE.**

Se trata de una breve parada para poder familiarizarse con las formas coralinas presentes en el arrecife, así como con los restos de algas y morfología general de la construcción arrecifal.

### **PARADA 4. ISLA DE TABARCA.**

En el anexo 2 queda descrita en detalle la geología de algunos puntos de la isla, para la libre visita de los mismos durante la estancia en ella, si da tiempo tras la degustación de la cocina típica del lugar.

## **7.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Pulido Bosch, A. y Rodríguez Estrella, T. *Los acuíferos costeros y el suministro de agua de mar a las plantas desaladoras*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Volumen 15. Nº 3. (2007).
- Alhama Manteca, I; Rodríguez Estrella, T y García García, C. *Efectos de la actividad salinera en el saladar costero de Agua Amarga (Sureste de España) sobre la captación de aguas para las plantas desaladoras de Alicante I y II*. TIAC (2012).
- Estudio de la viabilidad de acuíferos costeros provinciales para abastecimiento y en usos urbanos directos no restringidos. Memoria Alicante Sur-Santa Pola. Diputación de Alicante 2005.
- Migración de los modelos de simulación numérica en los acuíferos Jumilla-Villena y Vega Baja a la aplicación MOFA. Implantación en el Sistema de Información Hidrológica. Acuífero de la Vega Baja. Diputación de Alicante 2011
- Humedales y áreas lacustres de la provincia de Alicante. Box Amorós, Margarita. Publicaciones Universidad de Alicante. 1987.
- Itinerarios geológicos por el litoral de la provincia de Alicante. Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad de Alicante (1999).
- Geología de Alicante. Alfaro, P. et al (editores) 2004
- Senderos Geológicos. Guía de lugares de interés geológico de la provincia de Alicante. Diputación de Alicante 2010.

## EL ARRECIFE FÓSIL DE SANTA POLA

El arrecife messiniense de Santa Pola es uno de los pocos ejemplos de atolón “fósil” encontrados en el mundo. Hacer un trayecto por la sierra de Santa Pola es como recorrer un arrecife actual, pero sin necesidad de bucear. Es posible observar su morfología general y diferentes detalles de su estructura, incluyendo distintas morfologías de las colonias de coral en posición de vida. Su interés científico es tan alto que ha sido objeto de estudio por compañías de petróleo con el fin de establecer un modelo sedimentario general de este tipo de arrecifes.

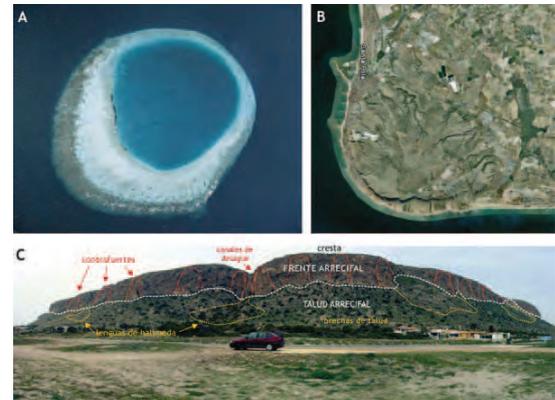


Figura 1. A: Vista aérea de un atolón actual del pacífico. Además de su forma circular, destaca su asimetría, con mejor desarrollo del arrecife en el sector orientado a barlovento. B: Foto aérea del Cabo de Santa Pola. Su similitud morfológica con la figura A resulta evidente, incluida su asimetría, con la pared arrecifal mucho mejor desarrollada en el sector oriental del cabo, que correspondería a la zona de barlovento del antiguo arrecife. Hace 6 millones de años, el aspecto del Cabo de Santa Pola debía ser muy parecido al del atolón de la foto. C: el frente arrecifal en el sector de barlovento. Además del frente, se observan otros elementos del antiguo arrecife (talud, canales, lenguas de halimeda y contrafuertes)

## ANEXO 1. Arrecife Messiniense del Cabo de Santa Pola

(fuente: Senderos Geológicos. Guía de lugares de interés geológico de la provincia de Alicante; [www.senderosdealicante.com](http://www.senderosdealicante.com))

El atolón de la Sierra de Santa Pola se formó durante el Messiniense, hace unos 6 millones de años, en la denominada Cuenca del Bajo Segura. Esta cuenca, que se extiende entre Alicante y Murcia, se originó en el Mioceno Superior y su relleno registra con gran precisión la evolución del Mar Mediterráneo en tiempos geológicos recientes

Desde la Ermita (Fig. 2) es posible observar los tres componentes básicos de este antiguo arrecife:

1. Frente arrecifal. Coincide con el acantilado actual y su altura llega a alcanzar 50 m cerca del Faro, aunque en este sector su altura es menor. Está constituido fundamentalmente por colonias del coral *Porites* que muestran diferentes morfologías de acuerdo con la profundidad. Así, en la parte inferior dominan las morfologías planares, mientras que en la superior dominan las formas en bastón (Fig. 3). En la parte más alta, en la antigua cresta arrecifal, son frecuentes las colonias masivas semiesféricas.
2. Talud arrecifal submarino donde, durante el Messiniense, se acumulaban los fragmentos caídos del arrecife. Coincide con el talud actual y, por ello, sus depósitos están parcialmente cubiertos por fragmentos caídos en época más reciente y en condiciones subaéreas
3. Abanico de Halimeda. Se desarrolló sobre el talud justo en frente de un canal de desagüe que conectaban la laguna interna del atolón y el mar abierto

Durante el Messiniense las *Halimeda* (Fig.4), algas verdes articuladas, colonizaban las zonas de la laguna próximas a los canales. Al morir, se desarticulaban y sus placas componentes eran arrastradas por las corrientes acumulándose sobre el talud.

La formación del arrecife tuvo lugar poco antes de la Crisis de Salinidad Messiniense que culminó con la desecación del Mediterráneo y la formación de inmensas llanuras salinas. El atolón de Santa Pola sería un testigo privilegiado de aquel extraordinario episodio.

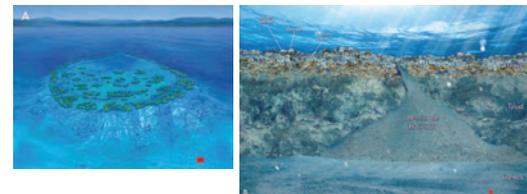


Figura 2. Frente arrecifal visto desde la ermita y aspecto del atolón de Santa Pola hace 6 millones de años. En ese momento, la línea de costa estaría situada a unos 20 km al oeste del litoral actual. El cuadrado rojo representa la posición actual de la ermita, que "se encontraría" a unos 90 m de profundidad, según la reconstrucción de la imagen B. La morfología que desarrollaron las colonias de porites estaban controladas por la profundidad de las aguas, es decir, por la energía mecánica del oleaje y las corrientes, así como por la iluminación

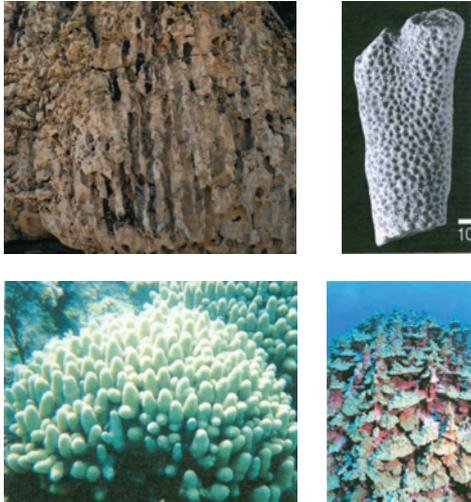


Figura 3. Detalle de porites fósiles y actuales, con morfologías de bastón y planares. La primera imagen es típica de la zona alta de la pared arrecifal, con predominio de "bastones" de Porites. Estas morfologías constituyen la parte fundamental de la pared arrecifal. Los bastones se agrupan formando "matorrales" que pueden alcanzar más de 2 m de altura y tienen un diámetro menor de 2 cm. En la mayor parte de los casos no se conservan los Porites originales, ya que su naturaleza aragonítica ha facilitado su disolución. Por esta razón lo más frecuente es que tan sólo se observen los moldes huecos, con frecuencia ferruginizados, de los Porites originales. La abundancia de huecos confiere al frente arrecifal una gran porosidad, convirtiéndolo en una potencial roca almacén de petróleo.

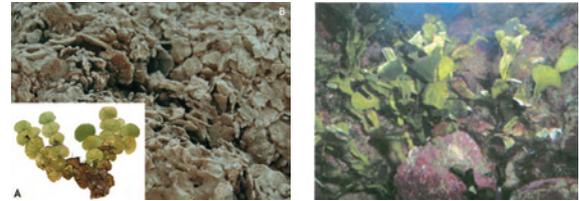


Figura 4: Las halimeda son algas verdes de talo articulado que viven en aguas poco profundas. Cuando mueren los talos se desarticulan, produciendo un gran número de placas sueltas, cuyo tamaño oscila alrededor de 1 cm. En el arrecife de Santa Pola las halimedas se acumulan en depósitos con morfologías linguales en las zonas correspondientes a los canales que conectaban la laguna interior con el mar abierto.

El bosquecillo de pinos, situado al sur del Faro es un punto de observación alternativo ya que hay muchos bloques caídos procedentes de la pared arrecifal y de los abanicos de Halimeda. En ellos, sin necesidad de ascender por el cantil, es posible observar las características de las colonias de coral y de las acumulaciones de Halimeda.

## LA ISLA DE TABARCA

También llamada L'illa Plana o de Nova Tabarca, se encuentra situada frente a la costa de Alicante, a la latitud de Santa Pola, de la que dista unos 5 km. Tiene forma alargada en dirección E-W, con unos 2800m de longitud y una anchura máxima de 400 m. El nombre se justifica por su escaso relieve (15 m de cota máxima) y por el origen de sus habitantes. Desde 1770 mantiene una pequeña población instaurada por Carlos III con cautivos genoveses rescatados de la península tunecina de Tabarca.

Aparte de varios islotes y escollos la isla está formada por dos partes bien diferenciadas, tanto litológicamente como por los usos que se les ha dado. Al este, la ciudad amurallada de San Pedro y San Pablo, construido sobre un sustrato fundamentalmente carbonatado (dolomías triásicas) y al oeste la zona sin urbanizar, con sustrato predominante de materiales subvolcánicos (ofitas, formadas por un entramado de cristalizaciones de piroxenos, anfíboles y plagioclasas). Ambas partes está unidas por un estrecho istmo, de menor altura, donde se sitúan el puerto y la playa principal.

Sus fondos marinos, de especial interés por su grado de conservación, forman la "reserva marina de Tabarca".

Geológicamente, pertenece a las Zonas Internas de la Cordillera Bética, siendo el extremo más oriental del Complejo Alpujárride. Uno de los rasgos de su pertenencia a las Zonas Internas es que sus materiales precámbricos han experimentado metamorfismo de poca intensidad durante las deformaciones alpinas, que se detecta por la transformación de los materiales arcillosos y margosos en filitas y calcoesquistos. Tabarca representaría la prolongación en el mar de las formaciones geológicas que forman las vecinas sierras de Orihuela y Callosa.

En la figura 1 del epígrafe 2, se indica el contacto geológico regional en el que se enmarca la isla y en la figura 1 de este anexo se muestra el mapa geológico de la misma, con la localización de las paradas descritas.

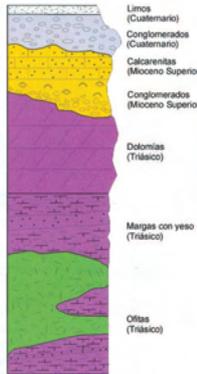
## ANEXO 2. Geología de la Isla de Tabarca



Figura 1. Mapa geológico de la Isla de Tabarca y parada seleccionadas

### Estratigrafía y litología

En Tabarca se encuentran representados tres conjuntos de materiales claramente diferenciados pertenecientes al Triásico, Neógeno y Cuaternario (Fig. 2). Del Triásico son las rocas subvolcánicas de la mitad oriental de la isla, que se encuentran fuertemente cuarteadas. También pertenecen a esta edad margas y dolomías margosas, ligeramente metamorfozadas a calcoesquistos, con algunos niveles de cuarcitas y, esporádicamente, yesos. Igualmente las dolomías negras recristalizadas, con aspecto brechoide, localizadas en los acantilados de la zona fortificada y algunos escollos e islotes del sur de la isla.



En discordancia angular y erosiva sobre estos materiales triásicos descansan rocas sedimentarias marinas, fundamentalmente detríticas y bioclásticas, del Mioceno Superior.

En contacto erosivo con estos o directamente sobre el Triásico aparecen los depósitos cuaternarios, formados por conglomerados

marinos y limos rojos continentales.

A continuación se detallan los puntos seleccionados, localizados en el plano de la figura 1, con su explicación geológica correspondiente.

### PARADA 1. FALLA DE LA PURISIMETA



Esta falla pone en contacto lasofitas con los calcoesquistos amarillos y las dolomías negras.

## PARADA 2. CALA DE LA MINA



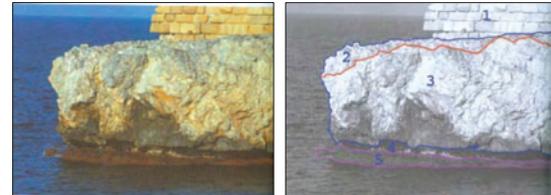
Calcoesquistos y cuarzos plegados, en contacto por falla normal con las ofitas. En la parte superior se observan los conglomerados tirrenienses discordantes que sellan la falla

## PARADA 3. PORT VELL



Discordancia angular erosiva del Mioceno superior (izqda.) sobre las dolomías oscuras triásicas.

## PARADA 4. ACANTILADO TRIÁSICO



Se trata de dolomías triásicas en el sector occidental de la isla. 1: muralla construida con calcarenitas. 2. Conglomerados tirrenienses. 3. Dolomías triásicas. 4. Socavadura basal desarrollada en las dolomías por abrasión y disolución. 5. Terracilla de bioconstrucción actual (verméticos)

## PARADA 5. CANTERA



Efectos de la extracción de sillares en el islote de la cantera para las fortificaciones y edificios de la isla .

Está localizada en el extremo occidental de la Isla, y está formada por calcarenitas miocenas de grano grueso, fundamentalmente bioclásticas, en donde se han localizado bivalvos (Ostreas y Chlamys) y erizos

(caparazones de Clypeaster), corales y gasterópodos.