MANANTIALES

3



















Foto: R. M. Mateos

Beneïda l´hora
Que m´han duit aquí
La font qui no vessa, la font qui no plora
Me fa plorar a mi

La Relíquia **(fragment)**
Joan Alcover

El agua que vemos es siempre una pequeña parte de la que hay. El agua dulce se esconde tras las diferentes capas de la litosfera y aunque hayamos convertido la superficie en representante de todo lo demás, lo relevante queda oculto bajo la epidermis de la Tierra.

Ver brotar el agua, que ha permanecido oculta a nuestros ojos en el interior de los acuíferos, es un espectáculo maravilloso para nuestros sentidos. Nadie queda indiferente al contemplar y oír un manantial, surgen miles de sentimientos que nos abrazan y acercan a la naturaleza. El alumbramiento del agua es algo mágico, como todo lo que nace. Nuestro vocabulario es rico en verbos que aluden a este nacimiento; el agua brota, surge, nace, sale, aflora, mana... incluso algunos poetas dicen que llora.

Los manantiales han sido, a lo largo de toda la historia de la humanidad, lugares de encuentro y de vida. Numerosos pueblos y ciudades se han asentado en torno a ellos. La ciudad de Palma probablemente no existiría sin el manantial de la Font de la Vila que, desde tiempos inmemoriales, ha abastecido a la ciudad.

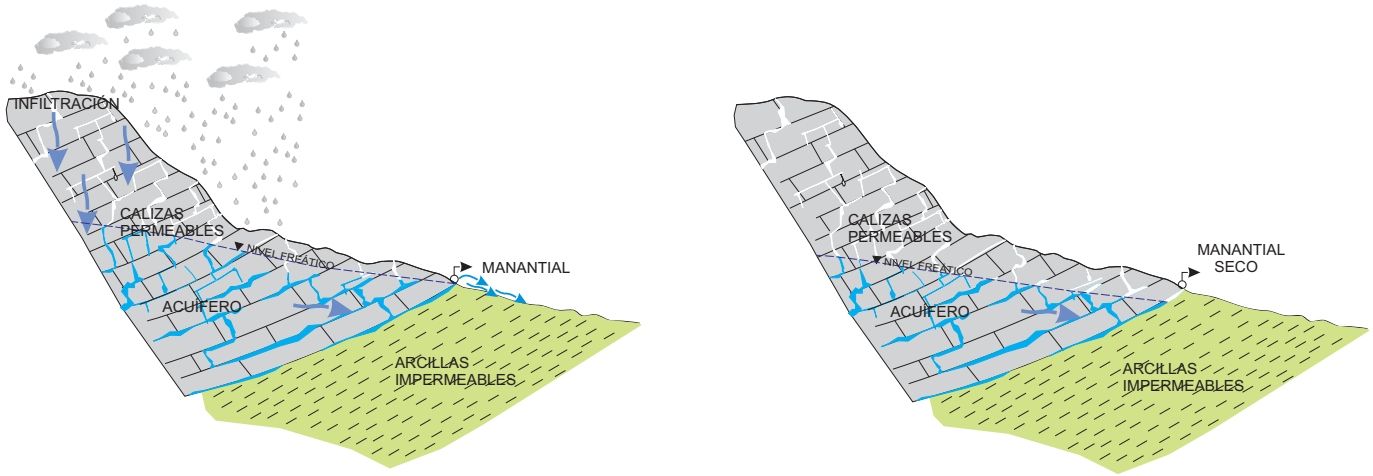
Ante la ausencia de ríos, todos los pueblos y ciudades de Baleares se han desarrollado al frescor de los manantiales. Es tremendamente rico el patrimonio de fuentes, aljibes, acequias, albercas etc., que han servido para captar, almacenar y transportar el agua de los manantiales. La cultura árabe dejó buena constancia de ello.

En el presente capítulo pretendemos que el lector comprenda por qué surge un manantial, qué condiciones del terreno determinan que se produzca la salida a la superficie del agua de nuestros acuíferos. Le llevaremos de la mano a conocer y entender nuestros manantiales más emblemáticos, esperando que disfruten de este paseo que, sin duda, aumentará su conocimiento de la naturaleza.

¿Por qué surge un manantial?

Un manantial es una salida natural de agua del acuífero a la superficie del terreno, constituye pues una zona de descarga preferencial del agua subterránea.

El contexto geológico es determinante. Generalmente, un manantial surge donde aflora el contacto entre los materiales permeables del acuífero (en la parte alta de la montaña) con materiales impermeables en la zona baja del macizo. Éstos últimos actúan de barrera e impiden que el agua subterránea circule a mayor profundidad, tendiendo a salir a la superficie cuando se acumula en el acuífero la suficiente cantidad de agua. En numerosas ocasiones, este contacto entre materiales de diferente



La geología determina la salida del manantial. El acuífero drena a través del contacto entre los materiales permeables que constituyen el acuífero y los materiales impermeables que actúan de barrera, e impiden una circulación en profundidad del flujo subterráneo. Cuando el nivel freático del acuífero desciende, el manantial puede secarse.

naturaleza es una **falla** en el terreno, que constituye una zona donde el agua fluye con mayor facilidad (al estar las rocas y sedimentos fracturados), favoreciendo la salida del agua a la superficie.

Un manantial puede surgir también, cuando la topografía del terreno corta el nivel freático del acuífero, originándose de esta forma una salida del agua subterránea. Esto ocurre principalmente en los cauces de algunos torrentes, así como en zonas bajas muy deprimidas, como son la mayoría de los humedales de nuestro territorio. La palabra *ullal* —ojo de agua— alude a este tipo de surgencias en zonas húmedas.

Foto: M. Juncosa.

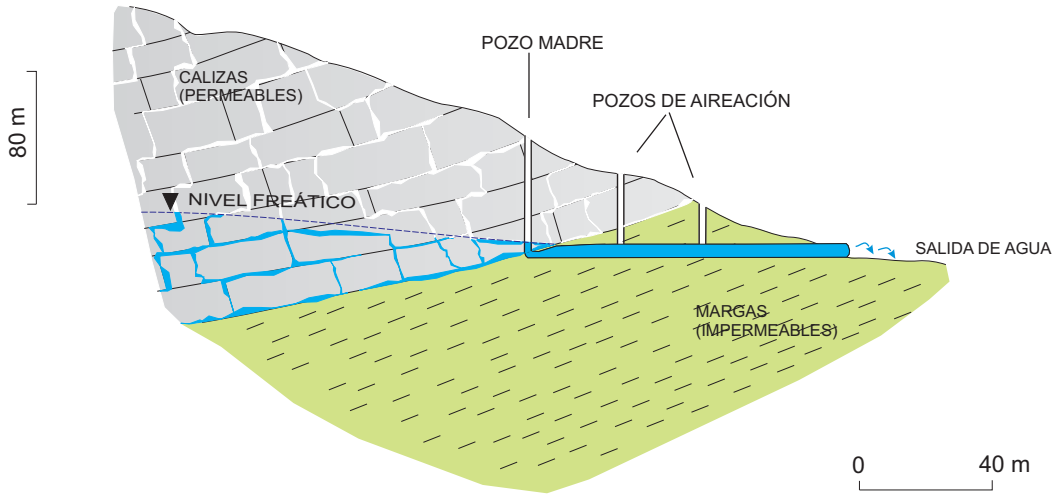


Font de Sant Joan, un *ullal* en el perímetro del Parque Natural de la Albufera de Mallorca.
El nivel freático del acuífero surge a la superficie en esta zona topográficamente hundida, alimentando de agua al humedal.

Los *Qanats* — manantiales forzados

La cultura árabe dejó en Baleares una técnica de captación por drenaje de las aguas subterráneas denominada *qanat*, presente también en otros países como Irán, Pakistán, Afganistán y Marruecos, entre otros. Se trata de forzar la salida del agua del acuífero y, en cierto modo, generar un manantial. Un *qanat* es una técnica minera que consiste en abrir un **pozo madre** en un punto donde se sospecha la existencia de agua. Cuando se ha llegado al nivel freático del acuífero, se traza una galería desde el pozo madre hasta la superficie del terreno, donde se conduce el agua por gravedad. Estas galerías pueden tener cientos de metros de longitud y, a lo largo de su recorrido, se realizan varios pozos de aireación. Entre los *qanats* de mayor longitud en Baleares destacan el de Son Reus en Llucmajor (299 m), el de la Mare de Déu en Biniaraix (300 m) y sobre todo el de Crestatx en Sa Pobla (540 m).

Qanats, manantiales forzados por el hombre, muy característicos de la cultura árabe. Se construye un pozo madre hasta que se atraviesa el nivel freático del acuífero y posteriormente se conduce el agua hasta la superficie mediante una galería inclinada de baja pendiente. Según la longitud de la galería, ésta puede ser atravesada por varios pozos de aireación.



PERFIL ESQUEMÁTICO DE UN “QANAT”



Foto: R. M. Mateos

Pozo medieval de aireación en el *qanat* de Crestatx (Sa Pobla, Mallorca).

Manantiales más emblemáticos de las Islas Baleares

Son muy numerosos los manantiales que existen en nuestro territorio. En cada pueblo existe una *Font de la Vila* que capta uno o varios manantiales y que ha sido generalmente el centro de vida de la localidad.

En el presente libro se han elegido una serie de manantiales muy significativos del territorio balear, bien por su copioso caudal, por su interés hidrogeológico o su importancia social. En la isla de Mallorca se ha seleccionado la Font de Sa Costera, Ses Fonts Ufanes de Gabellí, La Font de la Vila, las Fuentes de Sóller, la Font Santa de Sant Joan y la Font de la Almadrava. En Menorca trataremos las fuentes de Santa Galdana y en Ibiza, Es Broll de Buscatell. Un conjunto de 8 manantiales muy representativos del patrimonio hidrogeológico de las Islas Baleares.

La gran mayoría de los manantiales seleccionados drenan acuíferos de naturaleza kárstica, localizados en materiales calizos de elevada permeabilidad. Por ello suelen ser manantiales con grandes variaciones de caudal, que responden rápidamente a las precipitaciones acaecidas en la zona.

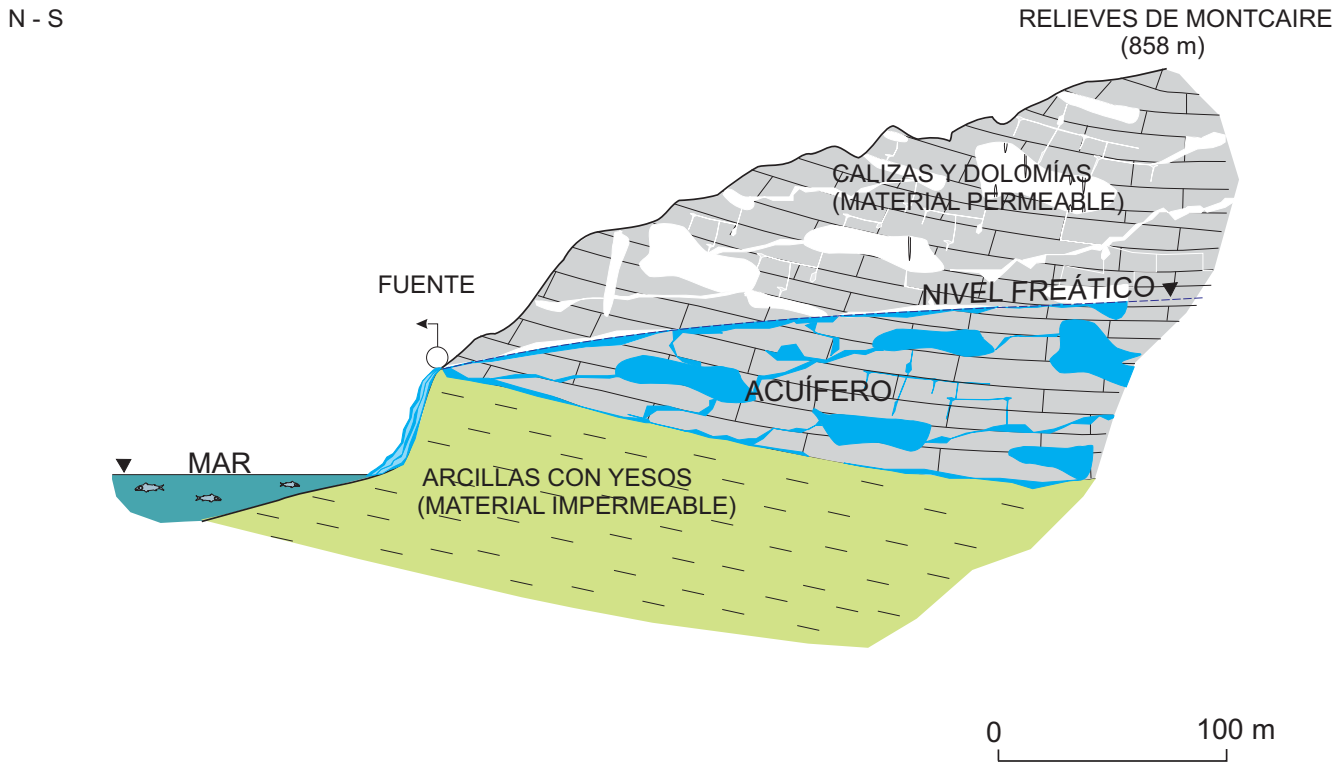
Sa Costera o Font des Verger (Escorca, Mallorca)

Es uno de los manantiales más caudaloso de nuestro territorio. Surge en las escarpadas laderas de la vertiente litoral de la Serra de Tramuntana de Mallorca, en el término municipal de Escorca, a pocos metros del mar.

Este manantial drena un acuífero de naturaleza kárstica, formado por las rocas calcáreas que constituyen los relieves de Montcaire, donde se observan espectaculares formas de lapiaz, dolinas y sumideros. El agua de lluvia se infiltra con gran facilidad a través de estos materiales muy karstificados pero, poco antes de llegar al mar, se encuentra con una barrera impermeable formada por arcillas rojas y yesos, que afloran en la línea de costa. Este hecho determina la surgencia de esta fuente, que drena prácticamente durante todo el año, con un caudal medio de 8 millones de metros cúbicos anuales y en años húmedos de hasta 20 millones de metros cúbicos (casi el triple de la capacidad de regulación de los pantanos de Cúber y Gorg Blau).

Durante años, esta surgencia se utilizó para la generación de energía eléctrica. Aún hoy en día pueden verse las «Casas de Luz», hoy convertidas en refugio de montaña. En enero de 2009 ha entrado en funcionamiento el trasvase de Sa Costera, que conduce, en parte por vía submarina, el agua de esta fuente hasta la ciudad de Palma, contribuyendo también al abastecimiento de numerosos pueblos del entorno del trasvase.

SA COSTERA O FONT DEL VERGER



Perfil esquemático de la Font de Sa Costera.

El manantial drena el acuífero de naturaleza kárstica que constituye las montañas de Montcaire. La surgencia se produce en el contacto entre los materiales muy permeables que constituyen el acuífero (calizas principalmente) y los materiales impermeables formados por arcillas con yesos, que afloran en el margen litoral.



Foto: R. M. Mateos

Manantial de Sa Costera.

Punto de encuentro de excursionistas y amantes de la montaña. En años húmedos drena hasta 20 millones de metros cúbicos de agua (casi el triple de lo que pueden regular los pantanos de Cúber y Gorg Blau). Hoy en día el agua se conduce mediante una tubería submarina hasta el Port de Sóller, desde donde es bombeada y conducida para el abastecimiento a la ciudad de Palma y pueblos del entorno.





Salida al mar de la Font de Sa Costera, en la vertiente marina de la Serra de Tramuntana de Mallorca.

El manantial surge al pie de los relieves calcáreos, donde afloran unos materiales de muy baja permeabilidad que actúan de barrera al flujo subterráneo.

Foto: R. M. Mateos



El Castell del Rei i el Secret de les Cinc Llegendes (Adaptació)
Llorenç Giménez

Conten el més vells que, a la costa nord de Mallorca
Prop d´una zona pedregosa, hi havia una fonteta
d´aigua ben dolça que es trobava quasi al costat de la mar.

Prop d´allà hi vivia una al.lota molt bella i encisadora
que s'estimava molt la mar. Desitjava viure a la mar, però
No a la vorera, no, sinó dins la mar.
Tots els dies baixava a un racó que només
ella coneixia i, aleshores, plorava en silenci.

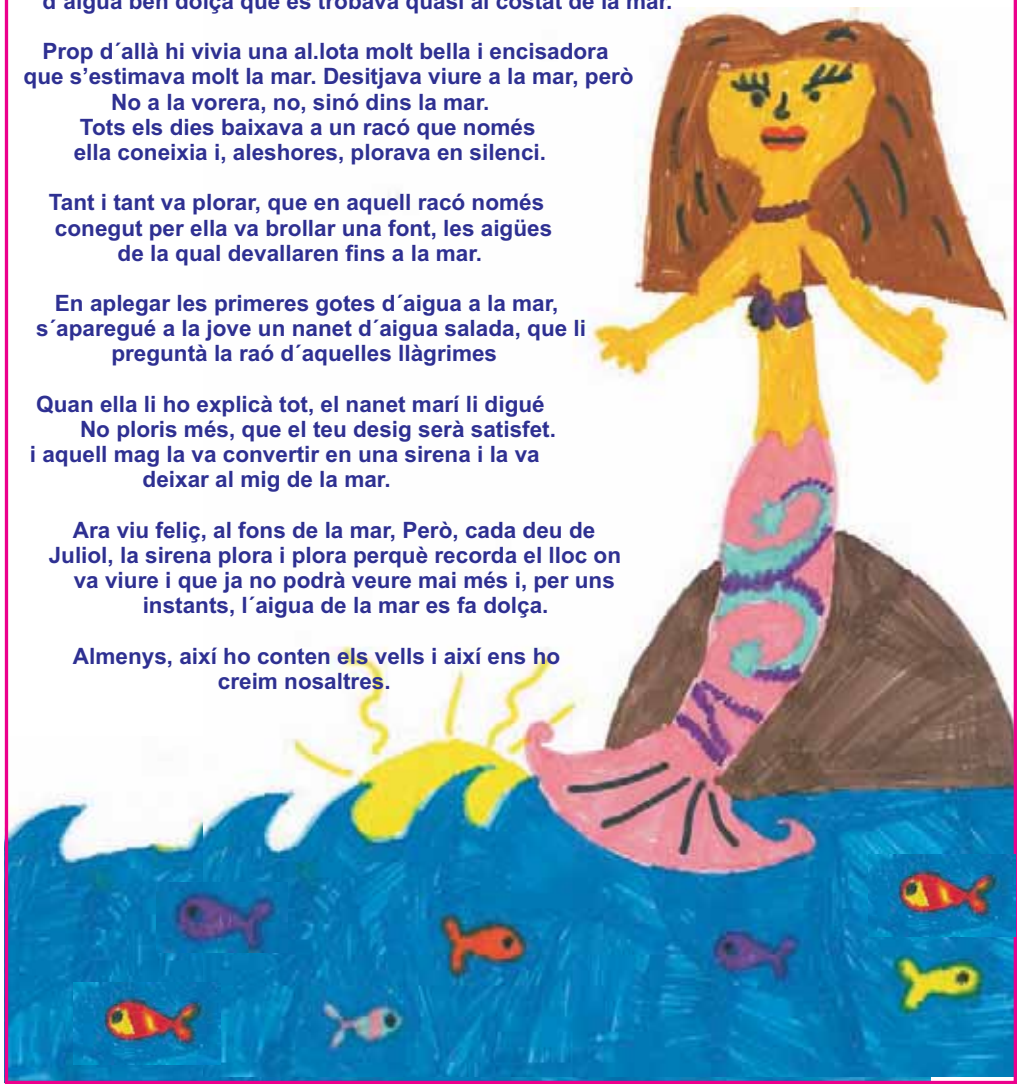
Tant i tant va plorar, que en aquell racó només
conegut per ella va brollar una font, les aigües
de la qual devallaren fins a la mar.

En aplegar les primeres gotes d´aigua a la mar,
s´aparegué a la jove un nanet d´aigua salada, que li
preguntà la raó d´aquelles llàgrimes

Quan ella li ho explicà tot, el nanet marí li digué
No ploris més, que el teu desig serà satisfet.
i aquell mag la va convertir en una sirena i la va
deixar al mig de la mar.

Ara viu feliç, al fons de la mar, Però, cada deu de
Juliol, la sirena plora i plora perquè recorda el lloc on
va viure i que ja no podrà veure mai més i, per uns
instants, l´aigua de la mar es fa dolça.

Almenys, així ho conten els vells i així ens ho
creim nosaltres.



Cuento de Llorenç Giménez sobre la Font de Sa Costera.

Dibujo: Guillermo Martín

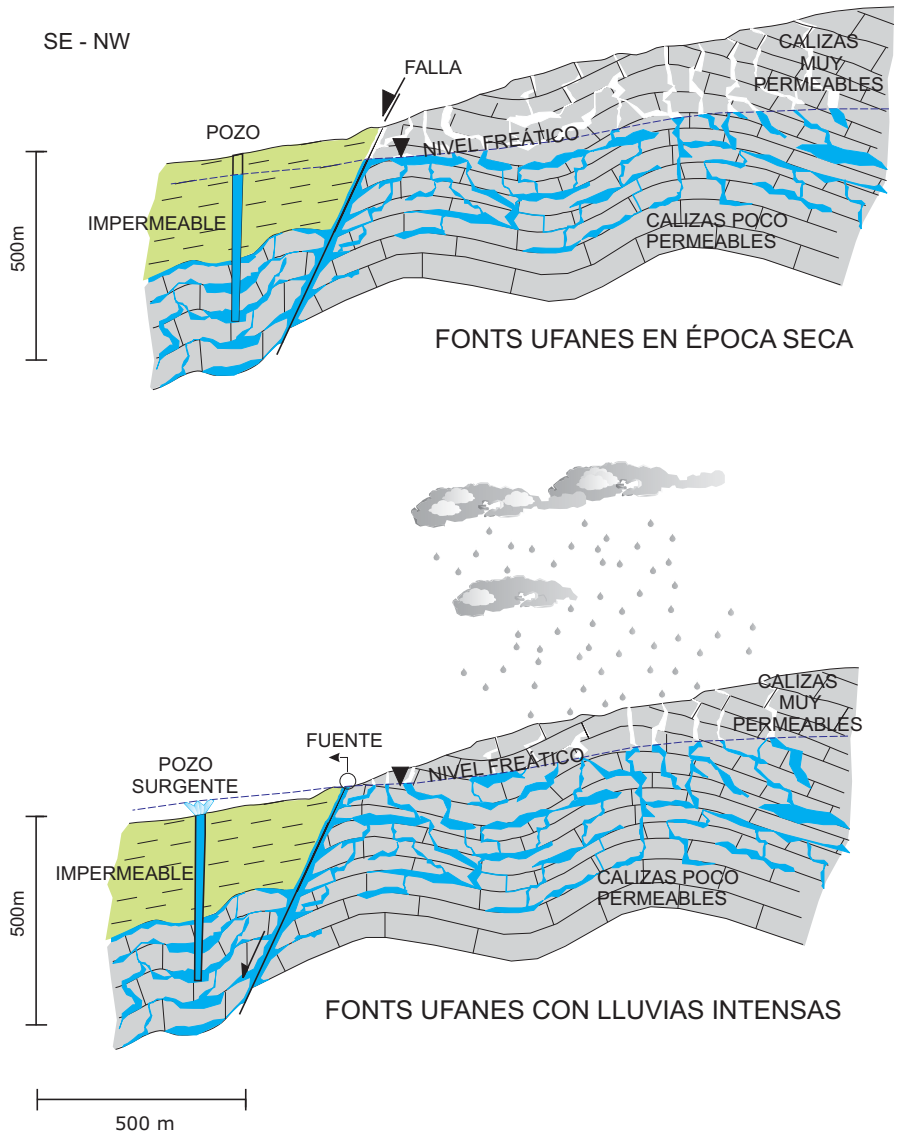
Fonts Ufanes de Gabellí (Campanet, Mallorca)

Constituyen el conjunto de manantiales más emblemático de las Islas Baleares. Se localizan en la vertiente meridional de la Serra de Tramuntana de Mallorca, en el término municipal de Campanet y muy cerca de las cuevas del mismo nombre. Se trata de un conjunto de surgencias más o menos alineadas a lo largo de una falla, que salen invadiendo un maravilloso y tupido encinar. El conjunto ha sido declarado recientemente Monumento Natural por el Gobierno Autonómico.

Las Fonts Ufanes de Gabellí permanecen secas durante la mayor parte del año y solo surgen cuando las lluvias en la zona son intensas y continuas durante varios días. El caudal medio anual de estas fuentes es de 15 millones de metros cúbicos, con caudales punta de hasta 70.000 litros por segundo; existiendo años en los que no surgen ni una sola vez y otros, en los que manan varias veces, dependiendo del régimen de precipitaciones.

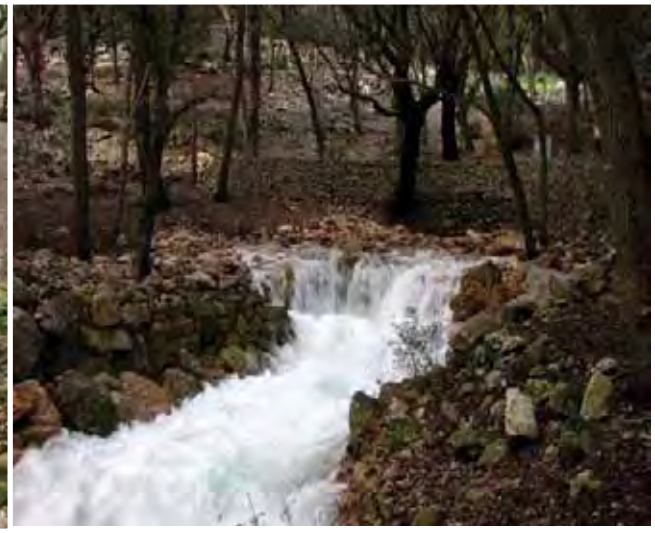
De nuevo, la geología es la clave del funcionamiento de este conjunto de manantiales. Existe un acuífero de naturaleza kárstica, que tiene una mayor capacidad de almacenamiento en su parte alta y superficial, mientras que, en profundidad, la karstificación de la roca disminuye, y por lo tanto, su capacidad de almacenar agua. Además existe una falla que pone en contacto los materiales permeables del acuífero con unos materiales impermeables de naturaleza margosa (arcillas blancas muy ricas en carbonatos). Cuando la lluvia es muy intensa y permanente, el acuífero no es capaz de absorber toda el agua que se infiltra; se llena rápidamente la zona menos karstificada y se eleva considerablemente el nivel freático del acuífero. Pero el agua no puede seguir su curso en profundidad, debido a la baja permeabilidad de las calizas en la parte más profunda del acuífero y busca una salida lateral —en este caso la falla—, produciéndose el conjunto de manantiales a lo largo de la misma.

Aguas abajo de las fuentes, al terminar el encinar, puede verse una serie de pozos surgentes que sorprenden al visitante.



Funcionamiento de las Fonts Ufanes de Gabellí. Cuando llueve intensamente, el agua acumulada en la zona más karstificada del acuífero drena a través de la falla, dando lugar al conjunto de manantiales que caracterizan este Monumento Natural.





Una de las surgencias de las Fonts Ufanes de Gabellí, cuando no mana el agua (la mayor parte del año) y el mismo punto cuando surgen las fuentes.

Fotos: R. M. Mateos



Encinar donde brotan las fuentes. Lugar de cuento, lleno de magia y belleza.

Font de la Vila (Palma, Mallorca)

Este manantial se ubica en el contacto entre el borde meridional de la Serra de Tramuntana y el Llano de Palma, a unos 8 km de la Ciudad, cerca del Campus de la Universitat de Les Illes Balears.

Cuando el Rey Jaume I conquista Mallorca en el año 1229, encuentran en el término de la ciudad una importante red de canalizaciones que distribuían el agua de este manantial y de los cercanos Font de Na Bastera y Font del Mestre Pere, para el regadío de numerosos huertos de la zona y para el abastecimiento a la ciudad de Palma. Existen numerosas referencias históricas de los siglos XI y XII sobre la existencia de la Acequia de la Vila, que llevaba el agua a la ciudad de *Madina Mayurka* desde la Font de la Vila (*Ayn al-amir*). Han pasado diez siglos desde entonces y el agua de esta fuente sigue abasteciendo los grifos de la ciudad.

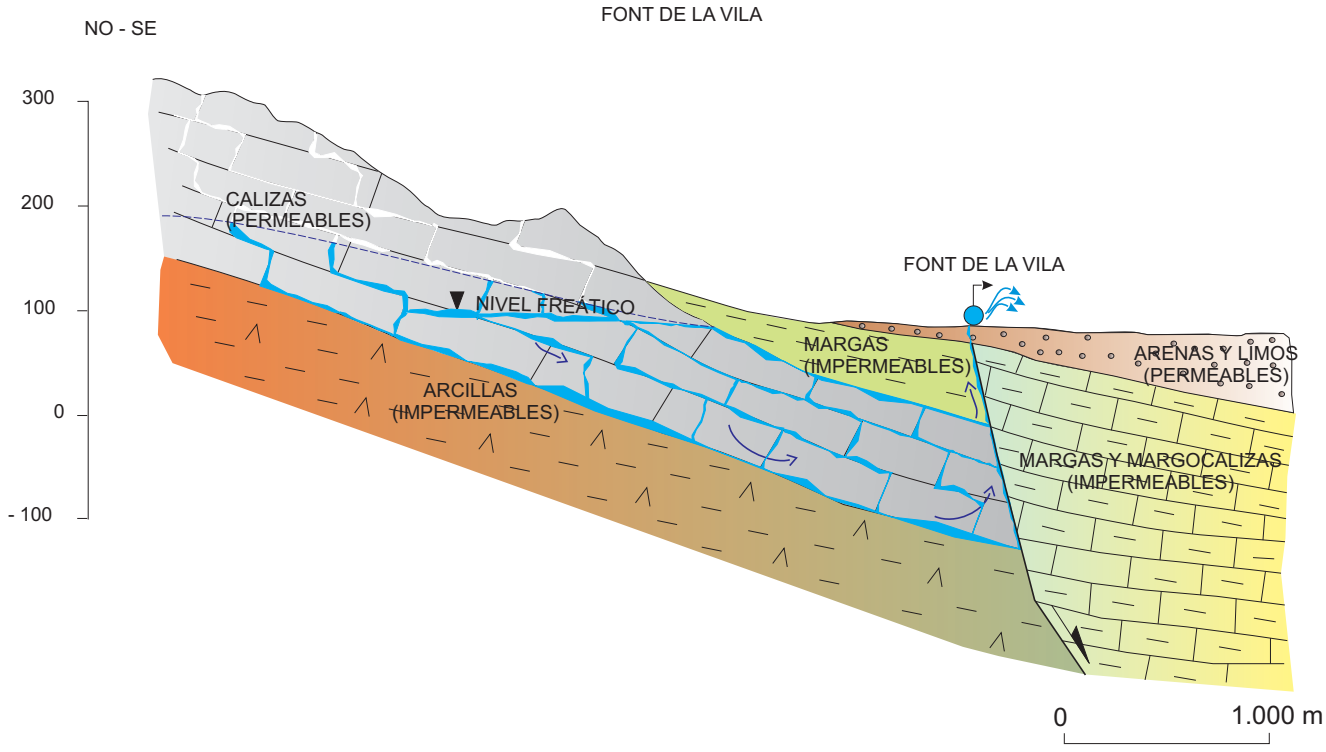
La Font de la Vila mana agua prácticamente durante todo el año, con una media anual de casi 5 millones de metros cúbicos (la capacidad del embalse de Cúber), variando según la pluviometría anual. Al igual que Ses Fonts Ufanes, el conjunto de manantiales de la Font de la Vila, Mestre Pere y Na Bastera, surge a través de una falla que pone en contacto los materiales permeables (acuífero) que constituyen las calizas de la sierra, con materiales de muy baja permeabilidad que afloran en el Llano.



Foto: J. M. López

Entrada a la Font de Na Bastera (Esporles).

Desde tiempos inmemoriales, esta fuente, junto a la Font de la Vila y Font de Mestre Pere, han abastecido a la ciudad de Palma y regado numerosos huertos de su entorno.



Perfil esquemático que explica la salida de la Font de la Vila (Palma).

El acuífero confinado formado por las calizas de la Sierra drena a través de la falla, ya que se encuentra con los materiales de muy baja permeabilidad que afloran en el Llano.

Fonts de Sóller (Sóller, Mallorca)

En el borde meridional del Valle de Sóller, en el contacto entre los materiales calizos de la Serra de Tramuntana y las margas y arcillas impermeables del valle, surgen una serie de fuentes que constituyen el drenaje de los acuíferos calcáreos de la Serra de Alfàbia. Las más importantes por su caudal son la Font de S´Olla y Font de Lladonera, que se localizan muy cerca de la población de Sóller.

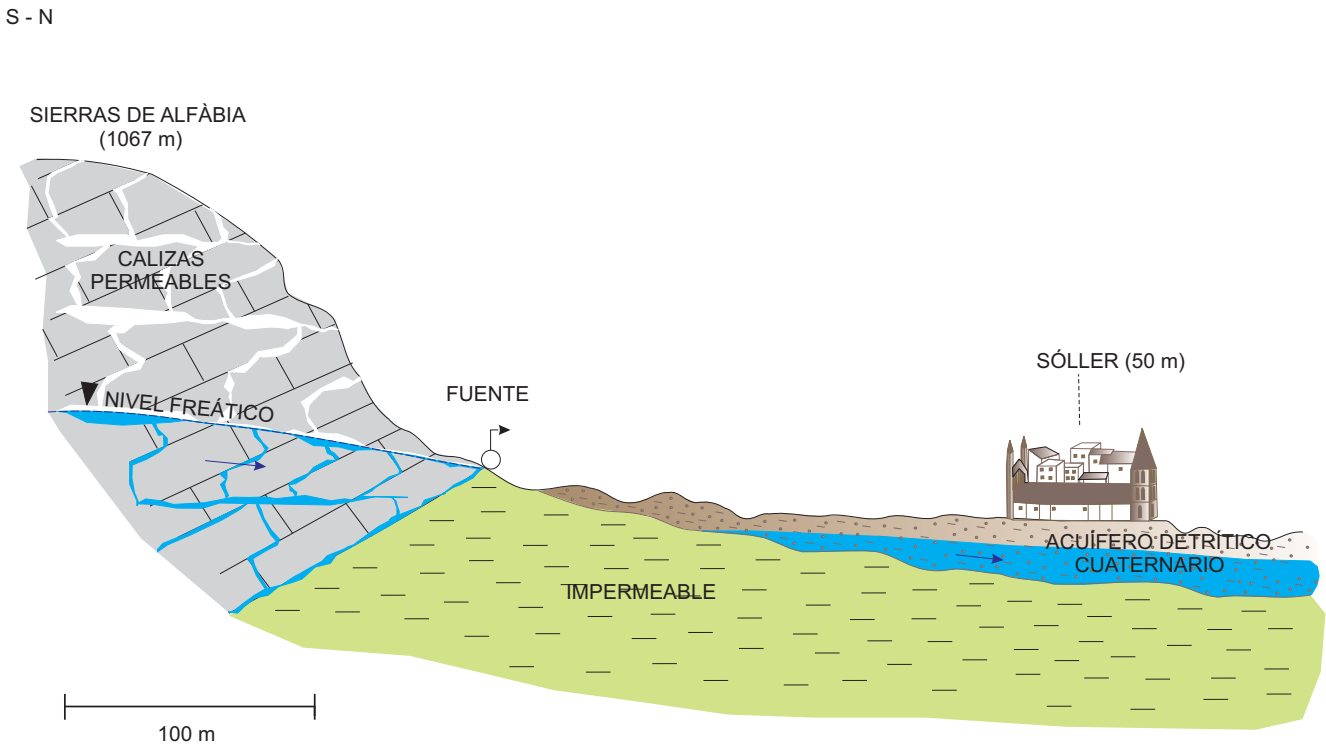
Estas fuentes, junto con otras del valle de Sóller, se usaban ya en la época de dominación musulmana para el regadío de numerosos huertos (fundamentalmente cítricos), configurando una notable red de acequias que aún hoy perviven y que distribuyen el agua por gravedad a los fértiles campos del valle. Las fuentes continúan siendo el principal pilar para el abastecimiento al pueblo de Sóller.

El caudal de estas fuentes es muy variable, si bien nunca han llegado a estar secas. En años muy lluviosos como el 2001-2002, se han registrado valores de casi 15 millones de metros cúbicos anuales, mientras que los valores medios se estiman en 6,5 millones de metros cúbicos al año.

Salida de la Font de s´Olla (Sóller).
Uno de los pocos manantiales con agua permanente durante todo el año.



Foto: J. M. López y A. Galmés



Las Fuentes de Sóller drenan el acuífero kárstico que constituye gran parte de los relieves de la Serra de Alfàbia.

La impermeabilidad de los materiales del Valle de Sóller determina la salida de este conjunto de manantiales.

Aguas termales. La Font Santa de Sant Joan (Campos, Mallorca)

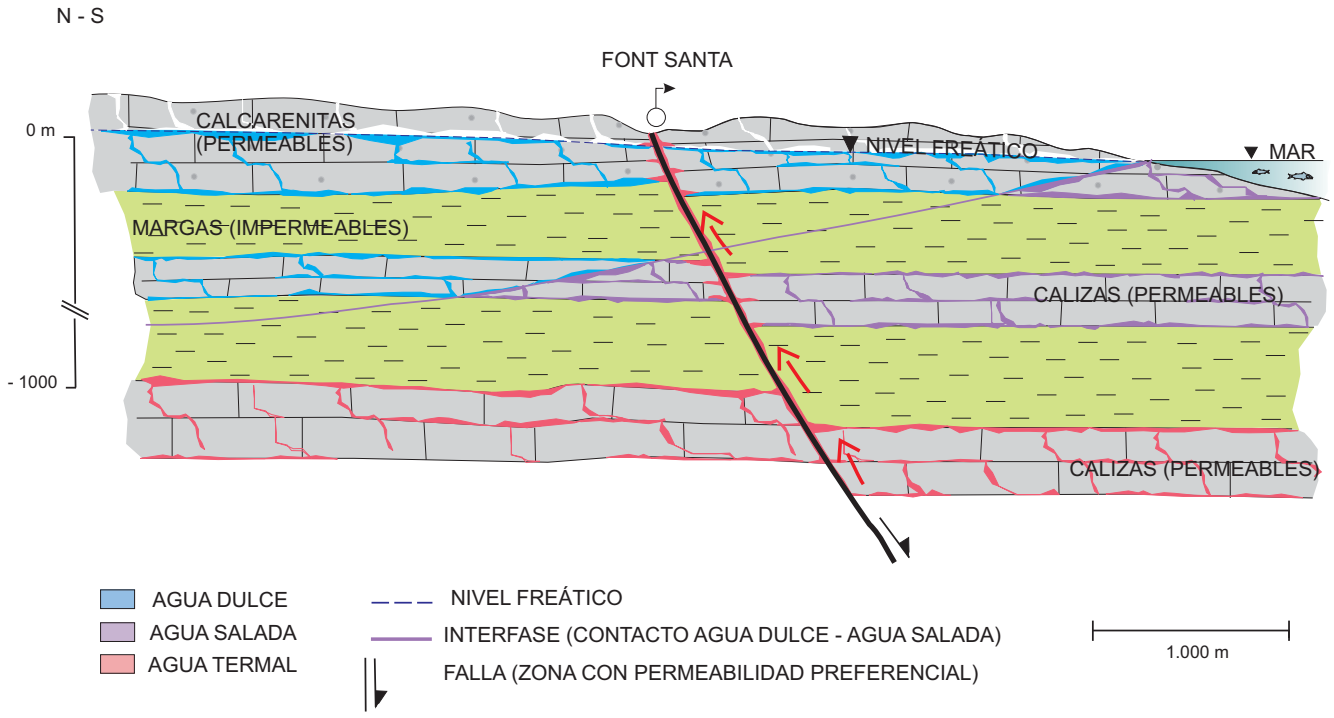
La existencia de manantiales termales constituye una de las evidencias más notables del calor interno de la tierra. Este tipo de manantiales no se encuentran necesariamente relacionados con zonas de vulcanismo reciente, sino que pueden aparecer también en áreas con un gradiente geotérmico normal, como es el caso de Baleares. Si se realizara un pozo profundo e introdujéramos un termómetro, observaríamos que la temperatura aumenta a medida que profundizamos, a razón de 3ºC cada 100 m, este valor corresponde a un gradiente geotérmico normal. Por lo tanto, el agua subterránea que circule a grandes profundidades estará a elevadas temperaturas, por el propio calor interno de la tierra. Si el agua caliente de acuíferos profundos fuera capaz de ascender rápidamente hasta la superficie del terreno —a través de una falla por ejemplo— tendríamos en superficie un manantial de agua termal.

Todas las anomalías geotérmicas conocidas en el Archipiélago Balear se localizan en la isla de Mallorca y entre ellas destacan una serie de pozos al sur de la localidad de Llucmajor, que alumbran aguas a 51ºC, así como una serie de captaciones de agua subterránea en el centro de la isla (Lloret y Costitx) con temperaturas de hasta 41ºC, todos ellos valores muy superiores a la temperatura media del agua subterránea en las islas, que es de 18ºC.

La Font de Sant Joan en Campos es el único manantial natural de agua termal en las Islas Baleares. Empleada como balneario por sus propiedades minero-medicinales desde su construcción en 1844, algunos historiadores aseguran que ya fue utilizada por los romanos, aunque las primeras referencias escritas de su uso datan de comienzos del siglo XVI. El agua mana a una temperatura de 38ºC. Esta elevada temperatura es consecuencia del ascenso de aguas muy profundas (y por lo tanto calientes) a tra-

vés de una falla, arrastrando agua marina a su paso, ya que la interfase agua dulce-agua salada se encuentra en su recorrido. Debido a la temperatura, mineralización y salinidad del agua surgente, se viene utilizando este manantial con fines terapéuticos, indicada para combatir enfermedades de la piel, del aparato respiratorio, reúma, artrosis, etc.

SANT JOAN DE LA FONT SANTA



El agua termal de la Font Santa (38ºC) tiene su origen en acuíferos muy profundos (más de 1000 m), donde el agua está caliente por el propio gradiente geotérmico de la Tierra. Este agua (que presenta una elevada presión al estar en un acuífero confinado) asciende a través de una falla, que constituye una vía muy permeable de circulación preferente, arrastrando a su paso agua marina de la interfase, lo que confiere una elevada salinidad al agua termal.

Balneario de la Font Santa de Sant Joan, Campos (Mallorca), la única fuente termal de Baleares.

Fotos: J. M. López y A. Galmés






H
ESTACION
TERMAL

La Almadrava (Pollença, Mallorca)

Esta fuente está constituida por una serie de surgencias de agua denominadas *Ulls del Rec*, asociadas al lecho del torrente del mismo nombre. Se ubica en el término municipal de Pollença, donde comienza el humedal costero que constituye la Albufereta de Pollença. El caudal medio de la fuente es del orden de los 12,3 millones de metros cúbicos anuales (muy superior a lo que regulan los pantanos de la Sierra), con caudales punta que pueden alcanzar los 8.500 litros por segundo. A pesar de que está a una cota de 8 metros sobre el nivel del mar, se trata de una fuente que proporciona agua salobre de origen marino, con un contenido muy variable de su salinidad (su concentración en ión cloruro puede variar entre 1.000 y 9.000 mg/L).

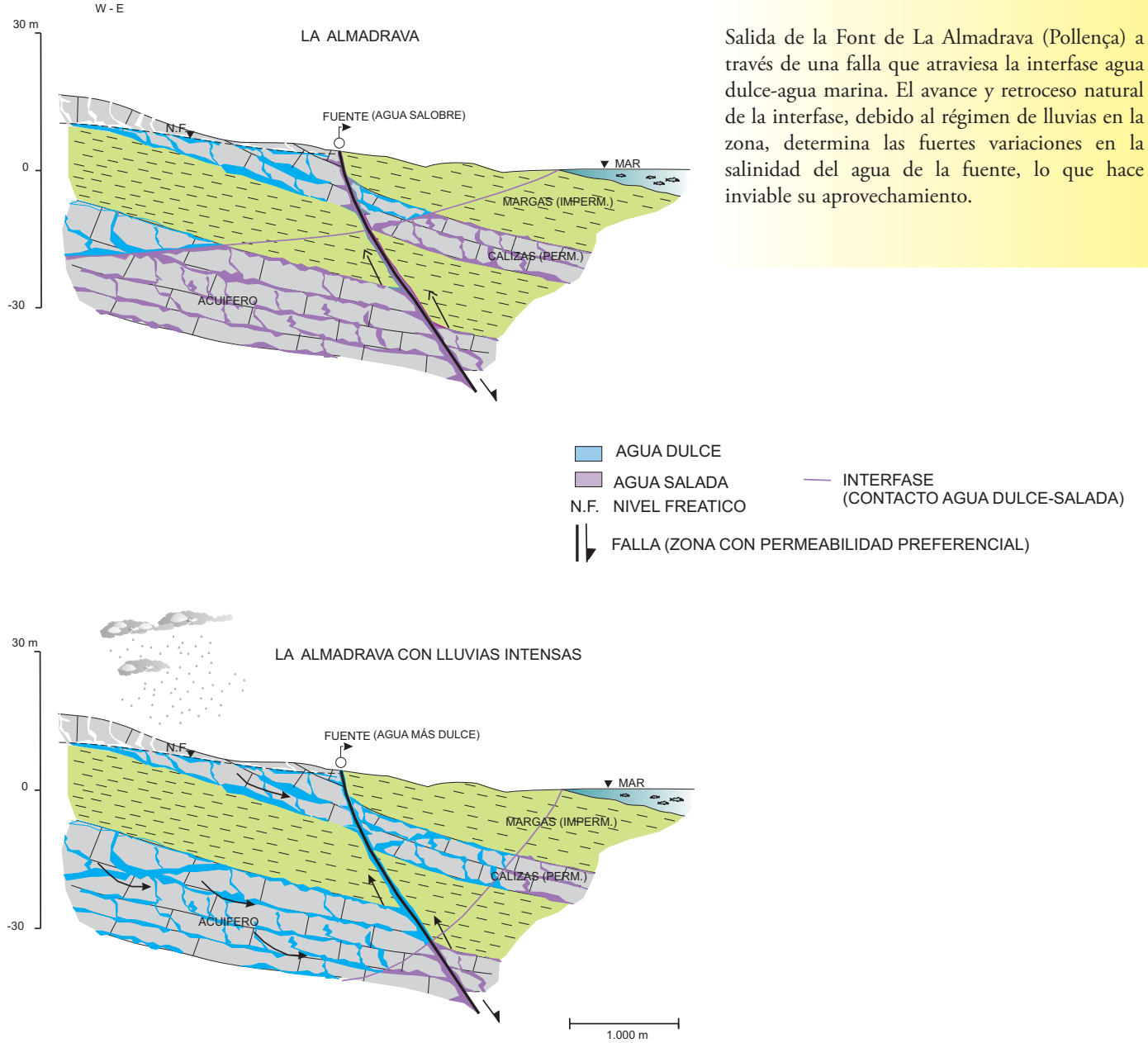
La diferente proporción de la mezcla del agua dulce del acuífero con el agua salada del mar determina esta variación en la salinidad de la fuente. La fuente surge a través de una falla, que atraviesa la interfase agua dulce-agua marina. En épocas de lluvias, se produce una mayor aportación de agua dulce del acuífero, retrocediendo de forma natural la interfase y brotando un agua con menor salinidad. En épocas secas y de estiaje, la interfase avanza de nuevo tierra adentro, generándose una mayor proporción de agua marina, lo que da como resultado un agua más salobre.

Estas fuertes variaciones en la salinidad de la fuente determinan la inviabilidad de su aprovechamiento, ya que la calidad del agua puede variar de un día para otro.



Foto: B. Martín

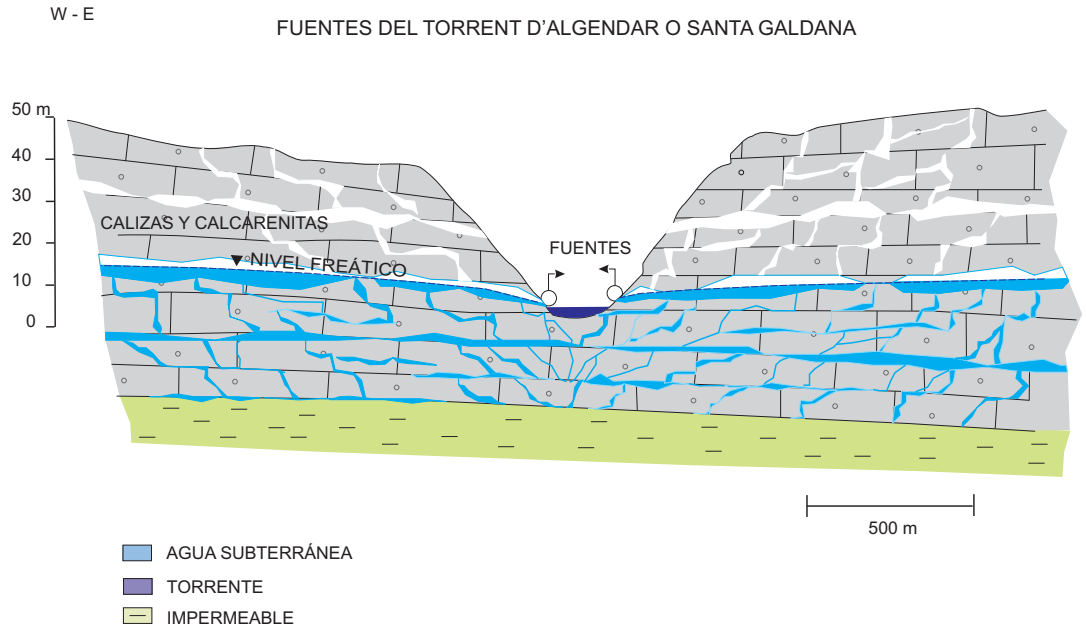
Salida de la Font de la Almadrava, que da lugar al caudal casi permanente del Torrente del Rec, muy cerca de la Albufereta de Pollença.



Salida de la Font de La Almadrava (Pollença) a través de una falla que atraviesa la interfase agua dulce-agua marina. El avance y retroceso natural de la interfase, debido al régimen de lluvias en la zona, determina las fuertes variaciones en la salinidad del agua de la fuente, lo que hace inviable su aprovechamiento.

Fuentes de Santa Galdana (Menorca)

En el curso del Barranco d´Algendar (términos municipales de Ciutadella y Ferreries), existen una serie de fuentes que drenan un acuífero formado por materiales muy característicos del Migjorn menorquín, constituidos por calcarenitas y calizas del Mioceno superior (se depositaron hace unos 6 millones de años). Estas fuentes surgen porque el lecho del torrente corta el nivel freático del acuífero, alimentando de esta forma las aguas subterráneas al torrente y generando una amplia zona húmeda en la desembocadura del mismo. En la actualidad, la explotación del acuífero mediante pozos ha causado un notable descenso en el nivel freático del acuífero y, consecuentemente, una disminución en los caudales que drenaban las fuentes e incluso algunas han desaparecido. La Font d´Eucaliptus, una de las más caudalosas del conjunto de Santa Galdana, ofrece un caudal medio anual del orden de los 35.000 m³.



Cala Galdana (Menorca).

El curso del torrente es alimentado por una serie de fuentes que surgen aguas arriba de su desembocadura, conformando un curso de agua casi permanente todo el año.



Foto: J. J. Pons

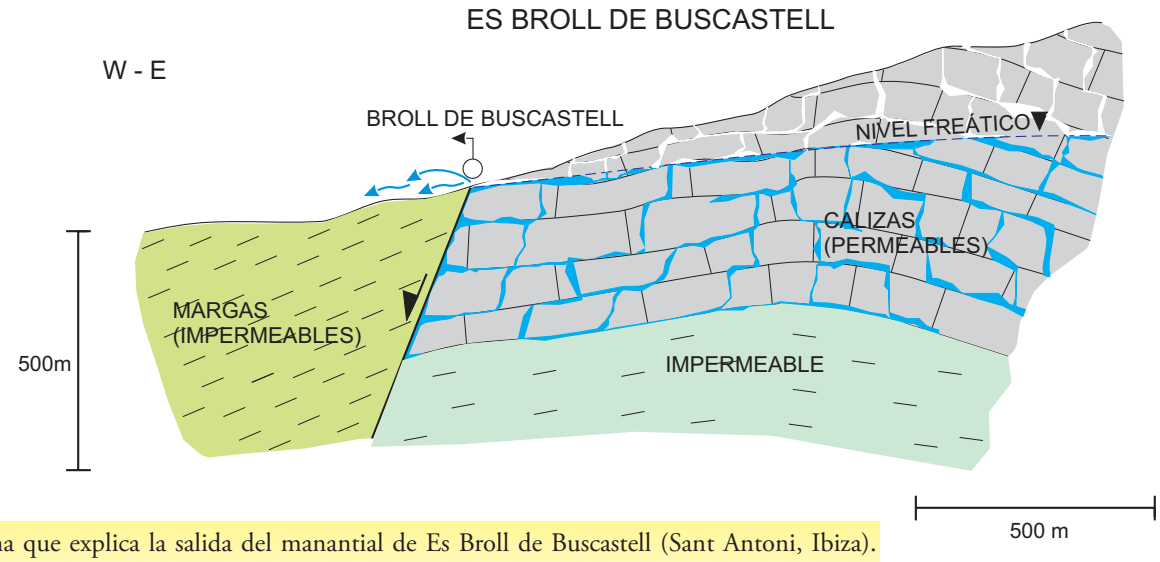
Cala Galdana (Menorca).

El curso del torrente es alimentado por una serie de fuentes que surgen aguas arriba de su desembocadura, conformando un curso de agua casi permanente todo el año.

Es Broll de Buscastell (Ibiza)

Este manantial se ubica en el término municipal de Sant Antoni, en las cercanías del pueblo de Santa Agnes y alimenta, aún hoy en día, un sistema hidráulico de origen andalusí, totalmente adaptado a la morfología del valle y que, mediante una entramada red de acequias, llevaba el agua a los huertos y molinos del entorno. La surgencia se produce a través de una falla que pone en contacto los materiales permeables del Puig des Buscastell (calizas) con las arcillas muy poco permeables que afloran en el valle.

El caudal de Es Broll es muy variable, dependiendo de la época del año y de las lluvias. Según algunos autores, este caudal es de unos 12.000 litros por hora, durante los meses de verano y de hasta 60.000 litros por hora en un invierno lluvioso.



Esquema que explica la salida del manantial de Es Broll de Buscastell (Sant Antoni, Ibiza). El acuífero carbonatado drena a través de una falla que pone en contacto los materiales permeables del acuífero con sedimentos impermeables constituidos por margas (arcillas calcáreas).



Valle de Es Broll de Buscastell.





El manantial surge por el pozo circular y el agua se conduce,
por una entramada red acequias, a los numeroso huertos de la zona.
Este sistema hidráulico tiene un origen andalusí.

Foto: O. Blasco

4

ACUÍFEROS Y ABASTECIMIENTO URBANO



















Foto: J.J. Pons

A la vila hi ha una síquia
que vé d´una font preciosa,
plena d´un aigua verdosa
que mereix estar en relíquia;
i per repartir·la hi ha
persones de molt «d´arraigo»
que entenen això de «l´aigo»
i el com l´han d´aprofitar

La font de la Vila

Pere d´Alcàntara Penya

Como elemento básico, el agua es el alma de la Tierra y de todos los seres vivos que en ella habitan. Participa en todos los procesos de la vida. No solo está presente en nuestros actos cotidianos, como la comida, el aseo y la higiene, sino también en casi todas las actividades productivas que realizamos.

Baleares destina en la actualidad unos 156 millones de metros cúbicos de agua al año para abastecer a la población, el equivalente a unas 12 veces la capacidad máxima de los embalses de Cúber y Gorg Blau. De cada 100 litros de agua que usamos en los núcleos urbanos, 80 de ellos proceden de los acuíferos. En numerosos pueblos y ciudades de Baleares esta dependencia de las aguas subterráneas es aún mayor, siendo el agua de los acuíferos el único recurso disponible.

Desde mediados del siglo pasado, coincidiendo con la llegada del turismo, la demanda de agua para uso urbano se ha incrementado notablemente. Un consumo que, si se dividiera por la población, ofrecería un saldo de 270 litros por persona y día. En la actualidad, el abastecimiento de agua constituye uno de los principales problemas de nuestra sociedad. La calidad de las aguas y las reservas disponibles son el desvelo de numerosos municipios insulares.

En los países desarrollados gastamos entre un 15-30% más del agua necesaria. Equivocadamente, consideramos que el agua es un recurso infinito y hemos llegado a confundir progreso con despilfarro. Una sociedad nunca debería considerarse avanzada y culta si no utiliza sus recursos de forma racional, en la medida de la estricta necesidad. El agua es de todos en general y de nadie en particular, su carácter público nos obliga a reflexionar en la responsabilidad que tenemos cada uno de nosotros en su buen uso y gestión.

El abastecimiento público y las aguas subterráneas

La ausencia de ríos en Baleares hace que los acuíferos tengan una importancia capital, ya que constituyen la principal fuente de recursos hídricos de nuestro archipiélago. Los acuíferos actúan como verdaderos depósitos reguladores de las lluvias y, gracias a ellos, disponemos de agua durante los meses secos del verano, período que coincide con la temporada de mayor demanda de agua por la actividad turística.

Muchas mujeres africanas recorren unos 10 km diarios para buscar agua potable y transportan en su cabeza el mismo peso en agua que el que se nos permite facturar en los aviones, 20 kilos. Nosotros tenemos siempre el agua disponible en el grifo, las 24 horas del día y los 365 días del año.

El uso de las aguas subterráneas para el abastecimiento de los núcleos de población es una parte importante de nuestra historia. El amplio legado cultural de obras de captación, conducción y almacenamiento de agua, desde las primeras colonizaciones del archipiélago hasta la actualidad, hace de Baleares un lugar de culto al agua, donde cada gota tiene un enorme valor.

En el presente capítulo vamos a analizar cómo se ha realizado el abastecimiento de agua a nuestras principales ciudades, remarcando el relevante papel que han jugado en todas ellas las aguas subterráneas.

Cisterna de las Cases de *Ca les Bales* (Bàlitx, Sóller).

De las más antiguas que se conservan en Baleares (posible origen romano), con una original cúpula semiesférica. Las cisternas se utilizaban habitualmente para la recogida del agua de lluvia y se empleaban para los diferentes usos domésticos.



Foto: J. Rodríguez



Foto: R. M. Mateos

Aljibe público de Santa Eugènia (Mallorca).

Su origen se remonta al siglo XIV, seguramente construido a partir de otro de la época islámica, cuando Santa Eugènia era la Alquería de Benibazari. El aljibe se llenaba con el agua de lluvia y de escorrentía superficial y se utilizaba, tanto para los usos domésticos de la población, como para dar de beber a los animales.

El abastecimiento a la ciudad de Palma (Ciutat)

Como se ha comentado en el capítulo anterior, desde la fundación de la ciudad de Palma hasta bien entrado el siglo xx, el abastecimiento de la capital balear se ha venido realizando con el agua procedente de la Font de la Vila, situada a unos 8 km al norte de la ciudad. Las aguas de esta fuente y de otras aledañas (Na Bastera y Mestre Pere) se distribuían mediante una compleja red de acequias a todos los huertos del entorno y, parte del caudal, se transportaba hasta Palma por la acequia de la Vila que penetraba hasta la misma muralla de la ciudad. También cabe decir que cada vivienda tenía su propio sistema de recogida y almacenamiento de agua de lluvia. En las más antiguas aún se conservan las *«cisternes de teulada»*, así como aljibes donde se iba acumulando el agua de lluvia para todos los usos domésticos.

A principios del siglo xx, en 1910, el abastecimiento urbano comienza a tener importancia. Los 70.000 habitantes de Ciutat demandan mayores recursos, lo que desencadena la expropiación de todo el caudal de la Font de la Vila para el abastecimiento a la ciudad. En la década de los 40 ya no es suficiente este caudal y se crea en 1943 el Servicio Municipal de Aguas y Alcantarillado (entonces SMAYA) que comienza a dar los primeros pasos para realizar una serie de pozos y sondeos en el acuífero del Llano de Palma. Los pozos de Pont d´Inca y Virgen de Montserrat (1950-1956) son los primeros sondeos de captación de aguas subterráneas destinados al abastecimiento de Palma, que proporcionaban entre 4,5 y 5,5 millones de metros cúbicos al año, respectivamente. Comienza así una nueva etapa de la mano de la llegada del turismo, donde el acuífero del Llano de Palma pasa a tener una enorme importancia en el desarrollo económico de Ciutat.

Foto: R. M. Mateos



Acequia en galería que une la Font de Na Bastera con la Font de la Vila. Hasta bien entrado el siglo xx, el agua de ambas fuentes era conducida hasta Palma por la «Acequia de la Vila». Aún hoy en día continúan siendo una fuente de recursos hídricos para la capital balear.

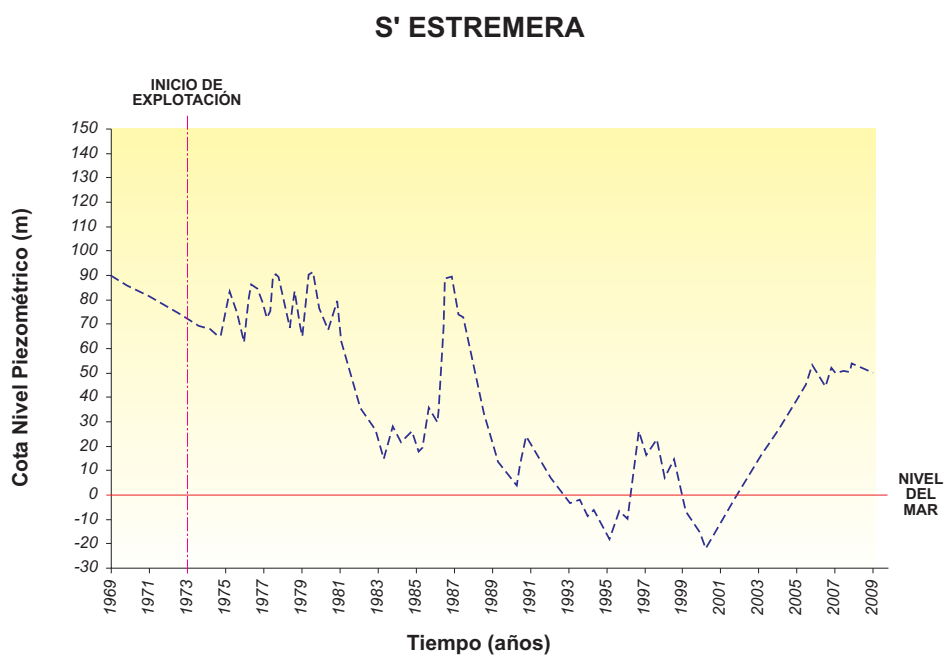
De nuevo, el aumento de la demanda de agua, debido a un incremento de la población y al desarrollo turístico, hace que sean insuficientes los caudales de agua disponibles. También cabe destacar que comienzan los primeros síntomas de salinización de los pozos del Pont d´Inca, lo que obliga, a finales de los años 60, a buscar nuevos recursos subterráneos. En 1968 comienza la explotación del acuífero de Na Burguesa, una sierra calcárea situada en el extremo occidental de la ciudad, que viene a aportar unos 11 millones de metros cúbicos adicionales al abastecimiento de Palma. Paralelamente, en el año 1969, se autorizó la construcción de los embalses de Gorg Blau y Cúber en la Serra de Tramuntana, situados en la zona de mayor pluviometría de la isla, llegando las primeras aguas a Palma a mediados de 1971. Los dos embalses están conectados a un único sistema, y ambos aportan un caudal medio anual de 7 millones de metros cúbicos.

Pero los embalses no fueron las únicas infraestructuras puestas en funcionamiento para satisfacer la expansiva demanda del boom turístico. En 1973 comienza a explotarse el acuífero de S´Estremera, un excelente acuífero kárstico que comprende los últimos relieves de la Tramuntana, entre las localidades de Bunyola y Santa María. Este acuífero tiene además la particularidad de encontrarse aislado geológicamente del mar, por lo que no hay riesgo de intrusión marina en el mismo y el consecuente deterioro de su calidad por salinización. S´Estremera es una «joya» natural que se ha utilizado siempre de comodín en épocas de sequía y falta de recursos, y que aporta unos 5 millones de metros cúbicos de agua para el abastecimiento de la capital balear, cantidad que puede duplicarse en caso de necesidad.

En la década de los ochenta, los acuíferos más cercanos a Palma estaban sometidos a una fuerte explotación, debido al notable incremento de la demanda, lo que generó una progresiva salinización por intrusión marina en los pozos del Pont d´Inca y de Na Burguesa, así como un fuerte descenso del nivel piezométrico del acuífero de S´Estremera. Ante la pérdida de calidad del agua de consumo y la reiterada falta de recursos, se procedió a la perforación de nuevas captaciones, esta vez en los municipios de Alaró (pozos de Son Perot Fiol en 1984 y Can Negret en 1987) y

Binissalem (pozo de Borneta en 1990). Cabe decir que las nuevas técnicas de perforación permitieron la ejecución de pozos cada vez más profundos, destacando los de Can Negret y Borneta que superan los 500 m de profundidad.

El período de sequía que comenzó en 1993 y finalizó en 1995, desencadenó de nuevo la falta de agua para abastecer a la ciudad de Palma, así como las áreas turísticas del entorno. El denominado «trasvase de Sa Marineta» fue la solución adoptada a este problema y, desde 1994, se conduce el agua extraída del acuífero de Sa Marineta, situado en el término municipal de Llubí, hasta la Bahía de Palma y Calviá. La polémica social que surgió con este trasvase determinó un exhaustivo control técnico de las extracciones que se llevan a cabo en el acuífero, con el objetivo de extraer tan solo aquellos recursos excedentarios del mismo. De tal forma, dependiendo del régimen



Evolución de la posición del nivel piezométrico del acuífero de S´Estremera desde el inicio de su explotación en 1973.

Se observan dos momentos críticos, en 1995 y 2001, que coinciden con sendos períodos de sequía. En aquellos momentos el acuífero fue intensamente explotado para garantizar el abastecimiento a Palma.

A pesar de extraer el agua del acuífero por debajo del nivel del mar, la calidad del agua ha sido siempre excelente, ya que el acuífero se encuentra aislado del mar y no hay riesgo de salinización.

anual de lluvias y del llenado del acuífero, se extrae una media de 4,5 millones de metros cúbicos de agua anuales. No obstante, si el año es muy lluvioso, se ha llegado a extraer hasta 7 millones de metros cúbicos anuales e incluso los excedentes se han utilizado parta recargar el acuífero de S´Estremera.

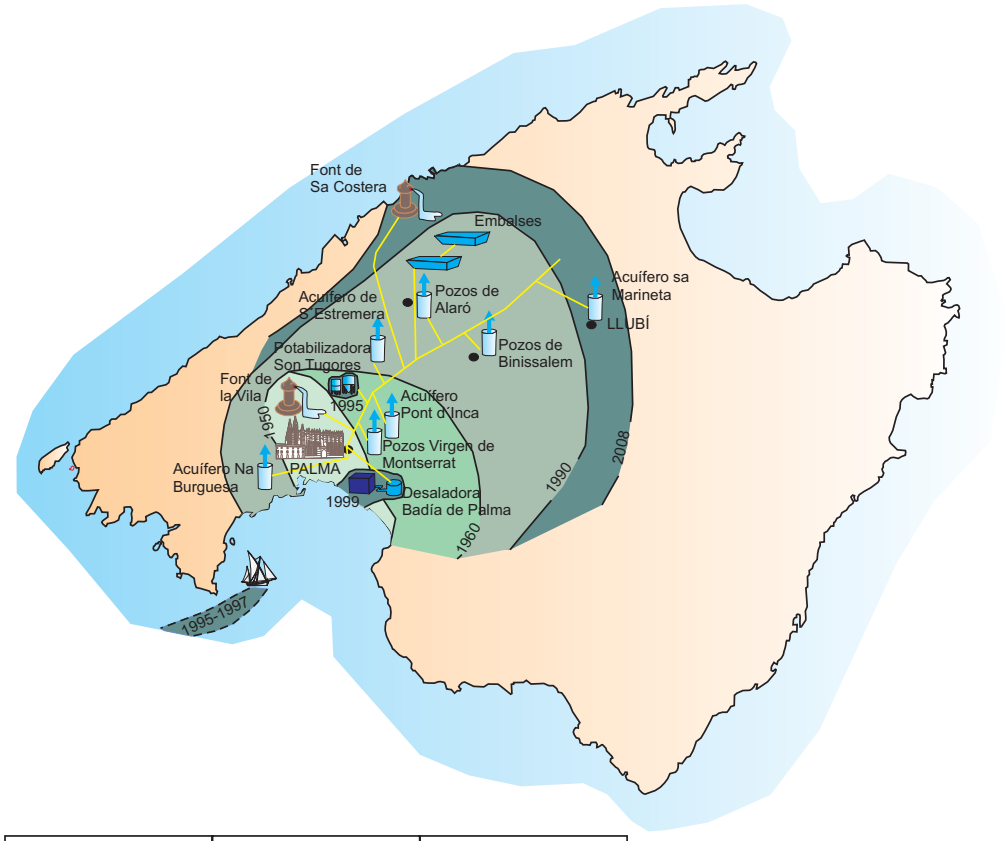
Ante la mala calidad del agua que abastecía a Palma, debido principalmente a la salinización de los acuíferos de Na Burguesa y Pont d´Inca, se construye en abril de 1995 la planta potabilizadora de Son Tugores, que trata las aguas de los acuíferos anteriormente citados. Esta planta suministra a la red de la ciudad una media de 7,5 millones de metros cúbicos anuales.

La «Operación Barco» se puso en marcha para paliar la sequía de 1995. Constituye la primera actuación de entada de recursos hídricos externos al archipiélago. Entre el mes de junio 1995 y el mes de diciembre de 1997, cada tres días, el buque «Móstoles» transportó en su bodega 63.000 m^3 de agua procedente del río Ebro, para abastecer a la ciudad de Palma.

En la actualidad, se abre un nuevo panorama a la gestión de los recursos hídricos para el abastecimiento de la capital balear. En el año 1999 entró en servicio la desaladora de agua de mar de la Badia de Palma, que genera unos 45.000 metros cúbicos diarios de agua potable, lo que equivale a unos 16,5 millones de metros cúbicos anuales, de los cuales entre 8-10 se destinan a la red de la ciudad. Esta tecnología conlleva un coste económico y medioambiental, ya que para desalar 1000 litros de agua de mar se necesita la misma electricidad que para refrigerar durante dos horas una habitación de 30 m^2.

El abastecimiento de agua a la Ciudad de Palma de Mallorca.

Desde que comenzó la explotación de los acuíferos del Llano de Palma en los años 50 hasta la actualidad, la búsqueda de recursos se ha llevado a cabo cada vez más lejos del núcleo urbano. La desaladora de agua de mar y el trasvase de Sa Costera abren un nuevo panorama a la gestión de los recursos hídricos que abastecen a la Ciudad.



ORIGEN DEL AGUA	INICIO EXPLOTACIÓN	EXTRACCIONES MEDIAS (millones de m^3 /año)
Font de la Vila	Fundación ciudad hasta la actualidad	5
Pozos Pont d´Inca y Virgen de Montserrat	1950-1956	Potabilizadora Son Tugores (1995)
Acuífero Na Burgesa	1968	7,5
Embalses Gorg Blau y Cuber	1971	7
Acuífero de S´Estremera	1973	5
Pozos de Alaró y Binissalem	1984-1987 1990	3,5
Acuífero Sa Marineta	1994	4,5
Desaladora Badía de Palma	1999	8-10
Font de Sa Costera	2009	8

En el mes de enero de 2009 ha entrado en funcionamiento el trasvase de agua procedente de la Font de Sa Costera. El agua de la fuente se transporta mediante una tubería submarina hasta el Port de Sóller, desde donde es bombeada hasta el túnel de Sóller. Posteriormente, llega por gravedad a la ciudad de Palma, así como a varios pueblos y núcleos urbanos en el entorno del trasvase. Se espera que dicha fuente aporte unos 8 millones de metros cúbicos al año para el abastecimiento de estos núcleos de población.

En resumen, podemos decir que la búsqueda de nuevas fuentes de recursos de agua para abastecer a la capital balear, ha ido en paralelo con el desarrollo turístico de la isla y con la mejora del nivel de vida de la población. Esta búsqueda se ha realizado cada vez más alejada del núcleo urbano, incorporando recursos de acuíferos que están a más de 40 km de la ciudad, como es el caso del acuífero de Sa Marineta; o de manantiales situados en lugares inaccesibles de la Tramuntana, como la Font de Sa Costera. Estas nuevas fuentes de recursos, unido a la tecnología de desalación de agua de mar, pretenden sustituir progresivamente a los acuíferos en mal estado, debido al régimen de sobreexplotación al que han sido sometidos. En el futuro, se pretende abandonar las extracciones en los acuíferos de Pont d´Inca, Na Burgesa y Virgen de Montserrat, con un elevado grado de salinización por intrusión marina, esperando así recuperar la calidad original de sus aguas. También se le dará un papel estelar al acuífero de S´Estremera, que se recargará con las aguas excedentarias del resto de las fuentes de abastecimiento, especialmente en aquellos momentos en que la demanda sea baja. S´Estremera será el «aljibe» de Palma para épocas de escasez.

Menorca: el abastecimiento a las ciudades de Maó y Ciutadella

La isla de Menorca es la única del conjunto balear que se abastece totalmente de las aguas subterráneas. Actualmente, se ha iniciado la construcción de una Planta desalinizadora de agua de mar que apoyará el abastecimiento a Ciutadella pero, hasta el momento, los acuíferos juegan un papel primordial en el abastecimiento a los principales núcleos de población de esta isla, la más oriental de las Baleares.

La geología determina que la mitad septentrional de la isla sea pobre en recursos subterráneos. Efectivamente, en la región de la Tramuntana predominan materiales de naturaleza muy poco permeable (esquistos, filitas, areniscas muy cementadas etc.), por lo que constituyen muy malos acuíferos. Sin embargo, la mitad meridional conocida como Migjorn, está constituida por calizas y calcarenitas principalmente, materiales bastante permeables, que constituyen excelentes acuíferos. Los acuíferos del Migjorn han sido el elemento básico para el desarrollo económico de la isla, siendo la fuente principal de los recursos hidráulicos de la misma. El 90% de los pozos de Menorca explotan estos acuíferos desarrollados en los sedimentos carbonatados del Mioceno superior (6,5 millones de años).

Maó

La ciudad de Maó, al levante de la isla de Menorca, se abastecía desde antaño de una serie de fuentes y pozos de gran diámetro (excavados a mano), que se situaban en la Colàrsega del puerto. En la primera mitad del siglo xx se instala la primera red de distribución de agua potable a la ciudad.

Como en el resto de las Baleares, la llegada del turismo en la década de los 50 trae como consecuencia una mayor demanda de agua. El desarrollo de las máquinas perforadoras en esta época permite la construcción de los primeros pozos de explotación de aguas subterráneas para el abastecimiento a la ciudad. De esta forma, se perforan una serie de pozos en la zona de Malbuger, localizada entre el núcleo urbano de Maó y el antiguo aeródromo, así como los pozos situados en el actual Polígono Industrial.

En las décadas de los sesenta y setenta, el aumento de la población residente y turística demanda mayores caudales y se realizan una serie de captaciones en la zona de Turó Amagat y Llucmaçanes. Todos estos pozos de abastecimiento explotan el acuífero formado por las calizas y calcarenitas del Mioceno, anteriormente mencionadas.

En la actualidad, la ciudad de Maó, con 30.000 habitantes censados, se abastece de 22 pozos que proporcionan un volumen anual de agua del orden de 2 millones de m^3.



Foto: J. J. Pons

La ciudad de Maó se abastece única y exclusivamente de las aguas subterráneas.

Una serie de pozos, en el entorno de la ciudad, proporcionan un volumen anual de dos millones de metros cúbicos para su abastecimiento.

Foto: J. L. Cantón



Pozo de captación de aguas subterráneas en Menorca.

Ciutadella

Ciutadella, al poniente de la isla de Menorca, ha sido desde la Prehistoria lugar de paso de numerosas civilizaciones, gracias a su situación estratégica en el Mediterráneo occidental. En la actualidad, además de la industria del calzado y la bisutería, el turismo es la principal fuente de ingresos para la mayoría de sus habitantes. Este hecho ha condicionado, como en el resto de las ciudades de Baleares, una incesante búsqueda de recursos hidráulicos para cubrir la demanda de la población.

Inicialmente Ciutadella se abastecía de un antiguo pozo de sillería de marés, de gran diámetro y excavado a mano, situado en la Colàrsega del puerto (en la zona denominada «Tres Alqueries»). Este pozo, cortaba el nivel freático de un acuífero superficial constituido por las calizas y calcarenitas del Mioceno superior, los materiales geológicos característicos del Migjorn menorquín. Cabe decir que, como en el resto de las poblaciones insulares, en Menorca había una gran cultura del uso del agua, aprovechando el agua de lluvia en todas las viviendas, mediante la construcción de aljibes y cisternas.

El incremento de la demanda en la década de los setenta trae como consecuencia la perforación de los primeros pozos de abastecimiento a la ciudad, que se construyen en el sector de Es Caragolí (al este de Ciutadella). Se realizan un total de 9 pozos que, de nuevo, explotan un acuífero formado por las calizas y calcarenitas del Mioceno. La conexión hidráulica de este acuífero con el mar y su explotación excesiva durante los últimos 35 años, ha condicionado un proceso de intrusión marina en el acuífero con una notable pérdida de su calidad por salinización (hasta 4,700 mg/L de sal). Este hecho determinó la búsqueda de nuevos recursos, perforándose en el año 2000 dos pozos en la zona de Ses Arenetes, situados más hacia el interior que los de Caragolí.

Ciutadella dispone en la actualidad de 12 pozos de abastecimiento que extraen un volumen anual del orden de 2 millones de metros cúbicos. Debido a la falta de recursos y ante la mala calidad del agua de los acuíferos, afectados por intrusión marina, está en construcción la Planta desalinizadora de agua de mar que abastecerá, no solo la ciudad de Ciutadella, sino también la costa sur de su término municipal, donde se asienta la principal zona turística de la isla.

Depósito regulador de Es Caragolí (Ciutadella).

Desde 1973 los pozos de Es Caragolí abastecen a Ciutadella. En la actualidad la salinización del acuífero, por la intrusión de agua de mar, ha determinado el abandono de algunos de estos pozos, así como la búsqueda de nuevos recursos hídricos.



Foto: J. L. Cantón

La intrusión salina en un acuífero se mide controlando el contenido en ión cloruro del agua. Para aguas potables se recomienda que este contenido no supere los 250 miligramos por litro. Concentraciones en cloruro superiores a 1000 miligramos por litro indican ya una intensa salinización del acuífero.

El abastecimiento a la ciudad de Ibiza

La ciudad de Ibiza, Vila para los ibicencos, fue fundada en el año 654 a. J.C. por los fenicios. Con posterioridad a ellos se instalaron diversos pueblos y culturas como los cartagineses, romanos, vándalos, árabes y finalmente los cristianos. La elección de la zona del asentamiento de la ciudad puede atribuirse a diversos factores, pero destaca la existencia de fuentes de agua a poca distancia. La presencia de las zonas húmedas del Prat de la Vila (junto al Port de Eivissa) y el Prat de ses Monges (en la zona de Talamanca), así como la existencia del manantial de Es Gorg, al norte del núcleo urbano, han condicionado el desarrollo social y económico de esta ciudad.

En la década de los años cuarenta del siglo xx, cuando la ciudad de Ibiza superó los 10.000 habitantes, se estableció la primera red de abastecimiento público a la ciudad. Esta red se nutría básicamente de las aguas que manaba el manantial de Es Gorg y de algunos pozos de gran diámetro (*sínies*) excavados en las zonas húmedas anteriormente mencionadas.

En los años sesenta, con la llegada del turismo, el volumen suministrado por estas fuentes no era suficiente y fue necesario la búsqueda de nuevos recursos. Además de reprofundizar el manantial de Es Gorg, se perforaron una serie de pozos en el Torrente de Llavanera y en el Prat de la Vila. Estos pozos aprovechaban las aguas de un acuífero muy superficial, conectado con el mar, por lo que muy pronto la intrusión marina afectó al acuífero y comenzó la salinización de gran parte de las *feixes* (zonas húmedas) que rodean la ciudad.

Debido al empeoramiento de la calidad del agua y ante la necesidad de mayores recursos, se opta por la explotación del acuífero de la Serra Grossa de Ibiza, al norte de la ciudad. Numerosos pozos fueron perforados en la década de los 70 en las faldas de la montaña, algunos con profundidades que superaban los 200 m. De nuevo, la intensa explotación de este acuífero kárstico, también conectado hidráulicamente con el mar, condujo a la salinización de gran parte de los pozos de explotación. De esta forma, si a mediados de los años setenta las aguas de la Serra Grossa no superaban los 200 mg/L de ion cloruro, a finales de los 80 la mayoría superaban ya los 1000 mg/L. Esta situación fue empeorando progresivamente y por ello, en 1994, se construyó en Ibiza la primera planta desalinizadora de agua de mar de Baleares, curiosamente en la misma finca donde entonces manaban las aguas del manantial de es Gorg. Esta planta genera unos 2,5 millones de metros cúbicos de agua potable al año.



Foto: O. Blasco

Pozo muy antiguo, de gran diámetro y excavado a mano, en las zonas húmedas (Feixes) que rodean la ciudad de Ibiza.

En la actualidad la población de la Vila supera los 44.000 residentes, lo que supone un consumo mínimo del orden de 3,2 millones de metros cúbicos de agua al año. Casi el 80% del agua de abastecimiento a la ciudad proviene de la planta desalinizadora. El resto, de las extracciones de los pozos de la Serra Grossa.



Fotos: O. Blasco



Curiosidad ibicenca.

El pozo de Can Guasch es un «autoservicio» de agua potable. Por un euro, dispone de 190 segundos de agua para llenar garrafas y depósitos varios.

Formentera

El agua en Formentera ocupa sin duda un lugar preferente en la historia de la Isla. Al ser un recurso tan escaso y apreciado, sus habitantes han aprendido a lo largo del tiempo a aprovechar cada gota de agua dulce. En casi todas las casas rurales hay una cisterna *d´aigua d´el cel*. La utilización conjunta de agua subterránea y de lluvia, que aún se practica en las labores de campo, constituye un ejemplo admirable de la gestión de un recurso tan frágil.

La isla de Formentera constituye en sí misma un único acuífero. Formada por materiales permeables de edad reciente, podría decirse que es una «esponja en medio del mar». Este hecho determina que el agua marina penetre tierra adentro de forma natural, dando lugar a numerosas lagunas de agua salobre, como el *estany* Pudent. En el centro de la isla y en los extremos más elevados existen pozos que extraen agua dulce del acuífero. Antiguamente estos pozos, conocidos como *sínies*, eran de gran diámetro y excavados a pico y pala. Hoy en día se llaman *perforades* y se realizan con las modernas máquinas de perforación. En ambos casos, el pozo se ejecuta hasta llegar a cortar el nivel freático del acuífero, y no mucho más, ya que si se extrae el agua a mayor profundidad se induce la entrada de agua marina.

El aislamiento y las necesidades de superviviencia hacían unir esfuerzos a los vecinos de Formentera. Así, numerosos pozos antiguos eran comunitarios, como el Pou de Ses Illetes, el Pou des Verro, fomentando una cultura de protección y buen uso del agua.

La llegada del turismo modifica este panorama rural y, desde el año 1995, la fuente principal de abastecimiento a la población de Formentera proviene de dos plantas desalinizadoras de agua de mar; una de propiedad pública y otra privada. Durante los meses estivales se incrementa notablemente la demanda, estimándose un consumo medio anual de un millón de metros cúbicos.



Pozo antiguo para uso doméstico en la isla de Formentera.

Foto: O. Blasco

5

El agua subterránea y la agricultura

















El siquier, bona feina,
bona feina es la que té,
sempre donant aigua fresca
a l´horta i al moliner,
per regar bé la verdesca
del cortó i el sementer

Cançó popular

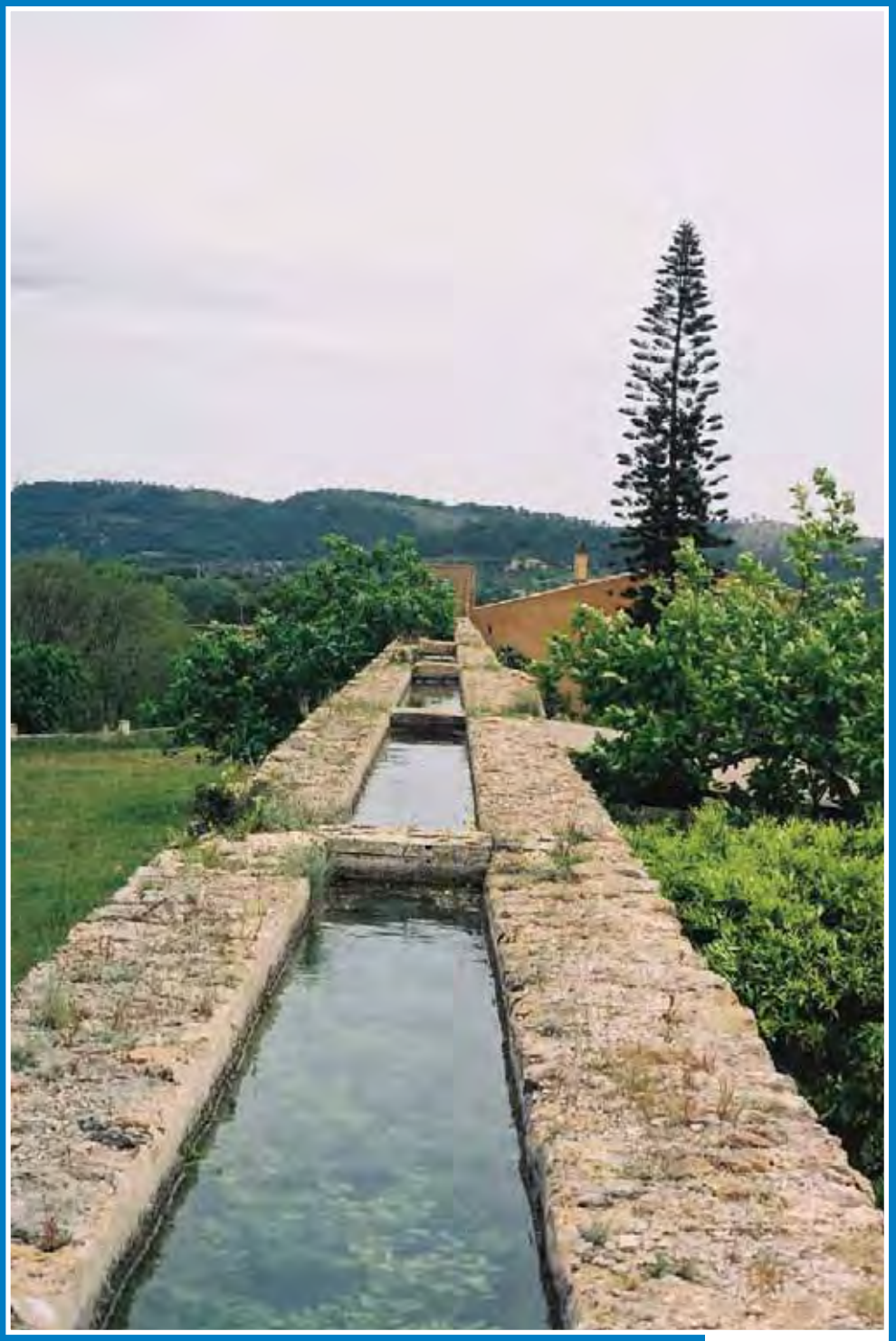


Foto: R. M. Mateos

Hasta mediados del siglo xx, la agricultura y la ganadería constituían la principal actividad de la población balear, llegando a ocupar al 70% de la población activa. Como herencia de las *villae* romanas, las *possessions*, *casaments*, *llocs* y *estàncies*, eran el centro económico y social del mundo rural, donde todo giraba en torno a la producción agraria. El ingenio para la disposición y buen uso del agua en el campo ha dado lugar a un rico patrimonio cultural, con innumerables ejemplos de la pequeña ingeniería hidráulica tradicional. Buena fe de ello son los *molins*, *sínies*, *síquies*, *basses*, *aljubs*, *safareigs*, etc., que aún se conservan en el campo balear y que jugaron en el pasado un papel fundamental.

En estos momentos la agricultura tiene solo un peso residual en la economía insular, representando tan solo el 1% de su PIB. El enorme desarrollo del turismo y la creciente urbanización del territorio han sido las principales causas del abandono progresivo del campo. Actualmente, se cultivan unas 120.000 hectáreas de terreno, de las cuales un 15% son de regadío.

Para uso agrícola, Baleares destina cada año unos 116 millones de metros cúbicos de agua, de los cuales el 83% proviene de los acuíferos. El campo balear ofrece el mayor número de pozos por unidad de superficie del país, siendo el agua subterránea el valor más preciado por los payeses.

El binomio agua y agricultura es indisoluble, y forma parte indiscutible de la cultura y el paisaje balear.

El agua y la agricultura

La agricultura constituye hoy en día una actividad minoritaria en nuestro territorio. Durante los últimos cuarenta años se ha abandonado una media de 2.000 hectáreas de tierra de cultivo cada año. La mayor regresión se produce en la agricultura de secano (olivar, algarrobo, viña y almendro principalmente), la predominante en Baleares y que tradicionalmente se ha cultivado hasta en las escarpadas laderas de las montañas. También el regadío está en recesión, ocupando en la actualidad una superficie de 18.500 hectáreas en el conjunto de las islas, siendo la isla de Mallorca la de mayor producción agrícola.

Históricamente, el regadío se ha localizado en aquellas zonas donde había una fácil disponibilidad del agua. Durante la dominación musulmana se impulsó ya el regadío de numerosas huertas mediante el aprovechamiento de manantiales. Tal es el caso del Valle de Sóller y de las huertas de Banyalbufar en la isla de Mallorca, o Es Broll des Buscastell en la isla de Ibiza. El agua de las fuentes se distribuía mediante una compleja red de acequias y movía a su paso numerosos molinos y norias.

También la agricultura se ha desarrollado en las comarcas con una topografía suave y donde existen acuíferos muy superficiales. En estas zonas era sencillo extraer el agua subterránea mediante pozos excavados de escasa profundidad, ya que el nivel freático del acuífero se encontraba muy cerca de la superficie del terreno (menos de 10 m). El Llano de Sa Pobla, el Llano de Campos y el Pla de Sant Jordi en Mallorca, así como los Llanos de Ibiza, son un excelente ejemplo de zonas agrícolas desarrolladas al amparo de acuíferos someros.



Sínia de Son Catlar
(Campos del Puerto, Mallorca).

Se trata de una noria de tracción animal que extraía el agua del acuífero superficial de Campos, cuyo nivel freático se encontraba muy cerca de la superficie.

Foto: R. M. Mateos

El desarrollo de las modernas máquinas perforadoras de pozos ha modificado también el panorama rural. La posibilidad de captar agua de acuíferos profundos ha permitido el desarrollo de nuevas zonas de cultivo en áreas donde antiguamente no había recursos.

La ganadería siempre ha sido una actividad importante en el campo isleño, especialmente en Mallorca y Menorca. Últimamente se van abandonando muchas explotaciones debido a su baja rentabilidad y a la falta de relevo generacional entre la población rural. En Mallorca se concentra un 67% de la producción ganadera de las islas, frente al 32% de Menorca y el 1% de Ibiza y Formentera.

El reducido tamaño de las explotaciones agrícolas en Baleares —casi dos tercios de las explotaciones tienen menos de 5 hectáreas— ha contribuido a una gran proliferación de pozos de uso privado. El Llano de Sa Pobla, el Pla de Sant Jordi y el Llano de Campos en Mallorca, constituyen una de las zonas con mayor densidad de pozos de todo el territorio nacional. Hoy por hoy, la agricultura y la ganadería demandan un 43% de los recursos hídricos disponibles, frente al 57% restante que se destina al abastecimiento urbano. La reutilización de aguas urbanas depuradas para el regadío de nuestros campos, que cubre ya un 16% de la demanda agrícola, abre una nueva perspectiva al aprovechamiento de recursos no convencionales en el campo balear.

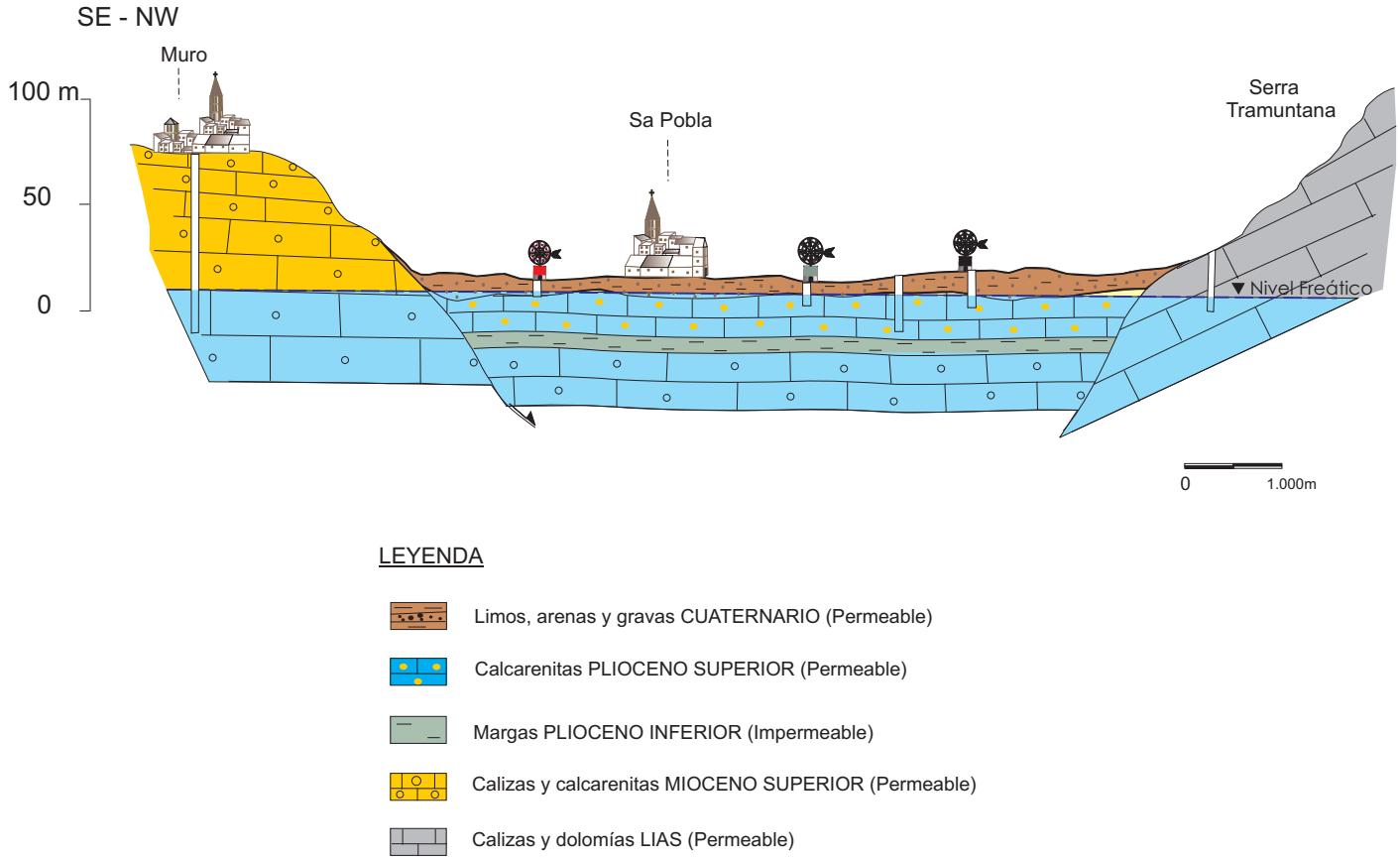
El Llano de Sa Pobla: una cultura del manejo del agua

El Llano de Sa Pobla es una llanura que se ubica al NE de la isla de Mallorca. Rodeada de montañas, y destacando la Serra de Tramuntana en su extremo septentrional, el Llano de Sa Pobla va a morir al mar a través del humedal más extenso de las Baleares, la Albufera de Mallorca.

En la actualidad el Llano de Sa Pobla, que incluye parte de los términos municipales de Sa Pobla, Muro, Santa Margalida, Llubí y Búger, presenta una de las mayores productividades agrícolas de todo Baleares, donde predomina el cultivo de regadío —hortalizas y patata principalmente. En la actualidad, la extensión regada en esta zona asciende a 3.660 hectáreas, frente a las 5.400 que se regaban en los años setenta.

La existencia de un acuífero de naturaleza detrítica, muy extenso y superficial, ha determinado sin duda su desarrollo agrícola. La presencia del nivel freático del acuífero muy cerca de la superficie del terreno —en determinadas zonas, a menos de 5 m— ha permitido la fácil disponibilidad del agua subterránea. Este hecho, unido a la suave y llana topografía, ha favorecido también una sencilla distribución del agua a todos los huertos.

También se ha ganado terreno a la Albufera para el desarrollo de la agricultura. El Marjal, que proviene del árabe *Almarjo* (prado de pasturas), constituye las tierras ganadas a la Albufera, cultivadas con el sistema tradicional de *velés*, donde proliferó el cultivo de regadío y particularmente de arroz, éste último en las zonas más anegadas. La abundante presencia de agua hacía necesario su evacuación y drenado hacia el mar, a través de numerosas canalizaciones y compuertas que aún se conservan.



Esquema hidrogeológico del Llano de Sa Pobla. La agricultura de regadío se ha desarrollado por la existencia de un acuífero superficial, cuyo nivel freático se encuentra a escasa profundidad (menos de 10 m). Numerosos molinos y norias explotaban antiguamente este acuífero, siendo sustituidas en la actualidad por un sinfín de pozos que «siembran» el Llano.

El agua subterránea se extraía inicialmente mediante pozos excavados de gran diámetro, forrados de sillería de marés; o bien mediante norias de tracción animal y molinos de viento, que aún se conservan en numerosos huertos de la zona. Una importante red de acequias distribuía el agua a todos los sectores de la huerta. A principios del siglo xx ya se instalaron los primeros motores de explosión adosados a una bomba hidráulica y, durante las últimas décadas, los sondistas de Sa Pobla han dominado el mercado de la ejecución y perforación de pozos en la isla, siendo ellos los inventores de las máquinas de perforación mallorquinas, que extraían el testigo continuo del material atravesado.

La tecnificación del campo ha llegado también al Llano de Sa Pobla. Del tradicional regadío «a manta», que se llevaba a cabo a través de una extensa red de acequias, se ha pasado al riego por «aspersión» y por «goteo», que minimizan el consumo de agua. Pero también las nuevas prácticas agrarias han traído como consecuencia efectos negativos sobre el acuífero. El uso excesivo de abonos nitrogenados ha provocado una elevada concentración de nitratos en el agua subterránea, produciendo la contaminación de numerosos pozos y, especialmente, a aquellos que abastecen a los núcleos urbanos de población.

La contaminación de un acuífero, debida a la actividad agrícola, se detecta por el contenido en ión nitrato (NO_3-) que presenta el agua. El límite máximo establecido para aguas potables es de 50 mg/L en este parámetro.



Foto: J.M. López y A. Galmés

Cultivo de patata en el Llano de Sa Pobla. Miles de pozos extraen el agua subterránea del acuífero superficial que tapiza el Llano. El uso excesivo de abonos en la agricultura ha provocado la contaminación del acuífero por nitratos.

La huerta medieval de Sóller

El Valle de Sóller se ubica al norte de la isla de Mallorca, en el dominio de la Serra de Tramuntana, y queda rodeado por un entramado montañoso que lo aísla del resto de la isla, destacando la Sierra de Alfàbia al sur, que presenta numerosas cimas con más de mil metros de altitud. Hacia el norte, el Valle de Sóller desciende lentamente hacia el mar, desapareciendo en uno de los puertos naturales más bonitos de la isla, el Port de Sóller.

El distrito árabe de *Shulyar* ya constituía el núcleo de población más importante del valle en la época islámica y, sin duda, la localización de este asentamiento guarda una estrecha relación con la existencia de numerosas fuentes en el entorno, destacando la Font de s´Olla y la Font de s´Ullet. De ambas fuentes surgía una red de acequias medievales que regaban los huertos de numerosas alquerías, destacando l´Alqueria del Comte, que poseía una de las huertas de cítricos más extensas del valle. El perímetro global del área de regadío del Valle de Sóller se encontraba ya consolidado en el siglo XIV. La viña tenía un peso importante en el municipio, junto a las huertas de cítricos y el olivar, éste último cultivado en las *marjades* de las escarpadas laderas de la sierra.



Foto: R. M. Mateos

Lo rossinyol refila
i en el silenci escolta
com l´acompanya l´aigua
que fil a fil degota
ben haja l´ombra quieta
dels taronjers de Sóller

Los tarongers de Sóller
Josep L. Pons i Gallarza

Foto:
R. M. Mateos



El Valle de Sóller,
con los imponentes relieves
de la Sierra de Alfàbia al fondo.





Foto: A. Galmés y J.M. López

Acequia de la Font de s´Olla. Distribuye el agua de la fuente, tanto al núcleo urbano de Sóller como a los numerosos huertos de cítricos que se asientan sobre el Valle.

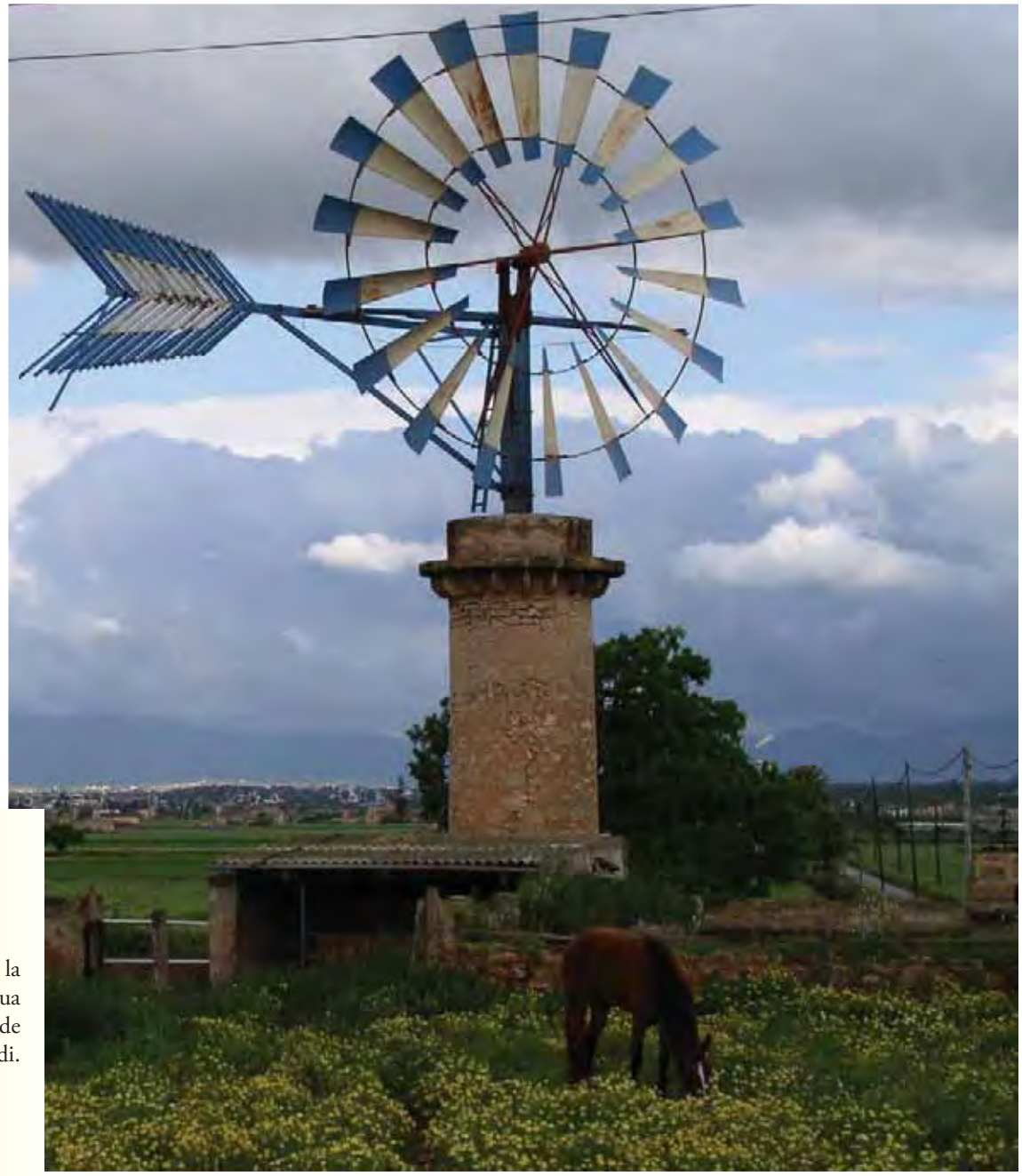
Puede que Sóller sea el mejor ejemplo que conocemos de localización de molinos medievales, tanto agrupados en las principales acequias, como dispersos aprovechando las pequeñas fuentes de las antiguas alquerías. En la acequia de la Font de s´Olla se disponía el mayor número de molinos, gran parte de ellos de origen andalusí. Eran molinos harineros y textiles que, aunque fueron transformados en los siglos XVIII y XIX, continuaron funcionando hasta bien entrado el siglo pasado. También en relación al desarrollo de los huertos, proliferaron numerosas norias que elevaban el agua hacia huertos y terrenos donde no llegaba el agua de las acequias. De esta forma el patrimonio hidráulico del Valle de Sóller es uno de los más ricos de todo Baleares y es un ejemplo magistral de huerta medieval.

Pero el período de mayor expansión de la agricultura de regadío en el Valle de Sóller comienza en el siglo XIX. Se abren numerosas galerías en las fuentes y comienza la explotación del acuífero superficial del valle. Este acuífero está formado por los sedimentos granulares procedentes de la denudación de las sierras —gravas, arenas y limos— cuya base impermeable está constituida por los materiales arcillosos del Triásico superior, que conforman el sustrato geológico del valle. Cientos de pozos explotan en la actualidad este acuífero, contribuyendo, junto a la red de acequias que aún se conserva, al regadío de los numerosos huertos de cítricos que hacen de este Valle uno de los lugares con mayor encanto del paisaje insular.

El Pla de Sant Jordi: de los molinos de viento a la reutilización de aguas regeneradas

Uno de los elementos más característicos del paisaje mallorquín son los molinos de viento. En la isla destacan dos tipos de molinos: los harineros y los utilizados para la extracción de agua. Los primeros, documentados ya a finales del siglo XIII, desarrollaron una importante labor en el mundo agrícola insular, y son muy abundantes a partir del siglo XV en todas las islas del archipiélago. En cuanto a los molinos de viento destinados a la extracción de agua, su introducción es más tardía. Entre 1845 y 1850 se desarrollaron las tareas de desecación de la zona pantanosa denominada *Prat de Sant Jordi*, actualmente Pla de Sant Jordi, situada en el municipio de Palma, en la zona donde hoy se encuentra el aeropuerto de Son Sant Joan. El ingeniero holandés Paul Bouvij proyectó la desecación de este antiguo humedal, e introdujo el primer molino de viento de extracción y elevación de agua. A partir de este momento, la presencia y generalización de estos molinos es espectacular, hasta aproximadamente el año 1960, donde los motores de gasoil y eléctricos sustituyen la fuerza del viento, perdiendo éstos su función y siendo paulatinamente abandonados.

La isla de Mallorca tiene catalogados algo más de 2.500 molinos de extracción de agua, estando localizados el 93% de ellos en los municipios de Palma, Campos, Sa Pobla, Muro y Ses Salines. Curiosamente, esta distribución está directamente relacionada con la existencia de un acuífero superficial, donde el agua subterránea está muy cerca de la superficie del terreno y es fácil extraerla y elevarla.

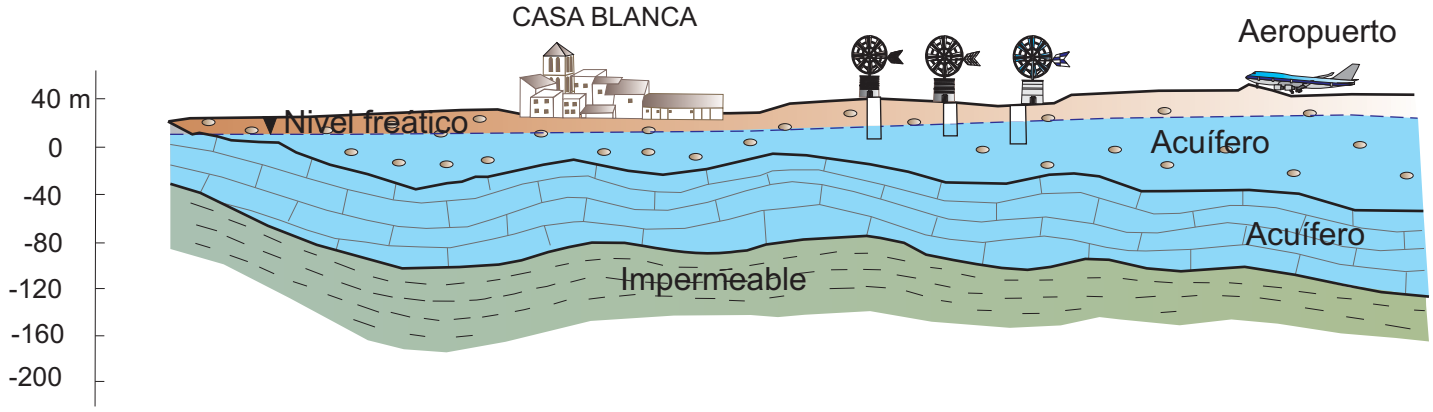


Molino de viento para la extracción de agua subterránea en el Pla de Sant Jordi.

Foto: J.M. López

En el Pla de Sant Jordi el acuífero superficial está constituido por sedimentos granulares en superficie y por unas calizas muy porosas a mayor profundidad. La base impermeable del mismo está formada por arcillas carbonatadas (margas) que contienen un fósil muy característico denominado *Amussium*, un bivalvo que sirve para datar estos sedimentos en el Plioceno (hace unos 3 millones de años). El nivel freático del acuífero está a menos de 10 m de profundidad, localizándose muy cerca de la superficie del terreno en la franja cercana al mar.

A raíz de su desecación, el Pla de Sant Jordi se convirtió en una de las zonas agrícolas más productivas de la isla, donde predomina el cultivo de regadío, principalmente forrajeras y cereal. La enorme proliferación de pozos tras el abandono de los molinos de viento, y el gran volumen de extracciones, trajo como consecuencia una progresiva salinización del acuífero por entrada de agua de mar, siendo el contenido en ión cloruro de las aguas alumbradas de hasta 4000 mg/L, durante la década de los ochenta. El elevado contenido en sal del agua de riego comenzó a producir graves problemas en la calidad del suelo, así como en la producción agraria. Por esta razón, a mediados de los años setenta comenzó el primer proyecto de reutilización de aguas depuradas urbanas para uso agrícola en el archipiélago Balear y, desde entonces, el agua regenerada en las plantas de depuración del agua urbana de Palma se utiliza para regar numerosas hectáreas de cultivo del Pla de Sant Jordi. En la actualidad se reutilizan unos 10 millones de m^3 de agua depurada para el regadío de unas 1.500 hectáreas en esta zona. El proyecto ha conseguido reducir considerablemente los efectos de la intrusión marina en el acuífero y ha sido un ejemplo a seguir en otras zonas agrícolas del archipiélago.



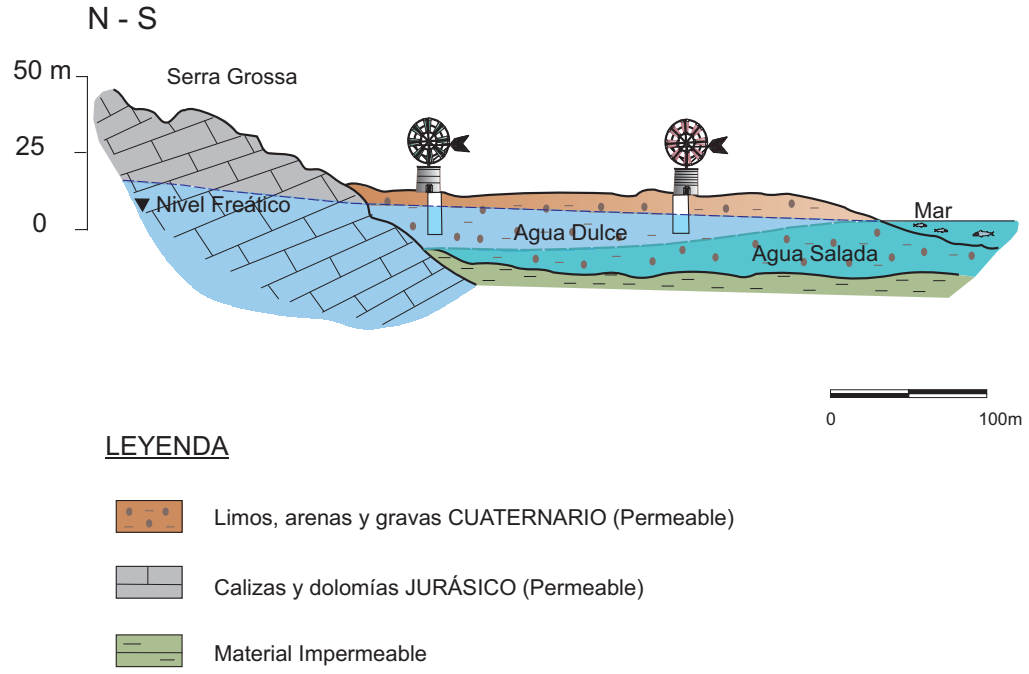
Esquema hidrogeológico del Pla de Sant Jordi.

El acuífero está constituido por sedimentos granulares en superficie y por calizas porosas a mayor profundidad. La base impermeable del acuífero está constituida por margas con un fósil muy característico denominado *Amussium*, un bivalvo que vivió hace 3 millones de años. El nivel freático del acuífero se encuentra muy cerca de la superficie del terreno, de ahí la enorme proliferación de molinos de viento en el pasado y de pozos en la actualidad.

Los Llanos de Ibiza. *Ses Feixes*

La ciudad de Ibiza se localiza al oeste de dos importantes humedales, que en la actualidad están bastante urbanizados y degradados: el Prat de la Vila (Prado de la Villa), localizado al este de la ciudad, y el Prat de ses Monges (Prado de las Monjas), situado en el área de Talamanca. Las zonas húmedas siempre han sido consideradas insalubres, ya que constituían verdaderos focos de enfermedades por la proliferación de insectos. Por esta razón, el hombre ha procurado el saneamiento de las mismas mediante su desecación, siempre que le ha sido posible. El saneamiento de los humedales de la Vila y Ses Monges es un ejemplo casi único. Los árabes, que eran un pueblo conocedor del agua y su aprovechamiento, idearon un sistema que les permitió, al mismo tiempo que saneaban la zona, utilizar la misma para el cultivo. De este modo los pobladores de Ibiza de la Edad Media excavaron un sistema de canales de uno a dos metros de ancho, mayoritariamente perpendiculares a la costa, que separaban porciones de tierra de forma alargada para cultivar. Estas porciones de tierra eran llamadas *feixes* ('hazas' en castellano). Las *feixes* estaban elevadas sobre el terreno original del orden de medio metro, gracias al material sobrante de la excavación de los canales, lo cual evitaba su inundación en épocas de crecida. Los canales transportaban el agua a las diferentes *feixes*, y, mediante un sistema de compuertas, era posible evacuar el sobrante en épocas de lluvias o retener el agua en las épocas estivales. Además, los canales que limitaban cada una de las *feixes* se comunicaban por *fibles* (sangraduras), que discurrían enterradas bajo la *feixa*. La *fibla* era un pequeño canal subterráneo que se recubría con ramas y piedras antes de ser enterrado. De esta manera no era necesario regar la *feixa* ya que el agua ascendía por capilaridad y era aprovechada por los cultivos. Aunque el mantenimiento de las *fibles* y canales era costoso, ya que se obturaban con frecuencia, este sistema de cultivo no se abandonó hasta bien entrado el siglo xx, cuando la agricultura pasó a ser una actividad residual ante la llegada del turismo.

En la actualidad, la agricultura de los Llanos de Ibiza está directamente relacionada con la explotación del acuífero detrítico que tapiza el Llano. De forma similar al Pla de Sant Jordi, proliferaron numerosos molinos de viento que extraían el agua subterránea de este acuífero superficial. Las nuevas tecnologías dieron paso a una considerable proliferación de pozos en la zona, para el regadío de las aproximadamente 500 hectáreas que se cultivan hoy en día, principalmente pequeños huertos de hortalizas. Esta explotación trajo igualmente la pérdida de la calidad del agua del acuífero, al salinizarse por la entrada de agua marina. Datos actuales reflejan contenidos en ión cloruro en el acuífero superiores a 2000 mg/L. Para combatir estos problemas está en proyecto la reutilización de aguas residuales regeneradas para uso agrícola, que permita una sustitución progresiva de las aguas subterráneas.



Corte hidrogeológico del Llano de Ibiza.

El acuífero está constituido por sedimentos granulares, resultado de la denudación de la Serra Grossa. Se trata de un acuífero detrítico, cuyo nivel freático está muy cerca de la superficie del terreno. La intensa explotación del acuífero ha generado una entrada de agua del mar, que deteriora su calidad.

Foto: O. Blasco



Ses Feixes de Ibiza.

Zonas húmedas en el entorno de la Vila, que constituyeron en el pasado zonas agrícolas de gran importancia.

La ganadería

Existen en Baleares dos zonas donde la agricultura de regadío está íntimamente relacionada con la actividad pecuaria, especialmente en lo que se refiere al ganado bovino. Estas zonas son el Llano de Campos en la Isla de Mallorca y la región del Migjorn en la isla de Menorca. En ambos casos el desarrollo de las cabañas ganaderas ha estado relacionado directamente con la explotación del acuífero de la zona y con su uso para el regadío de las forrajeras que sirve de alimento al ganado.

Los purines son los excrementos líquidos del cerdo. Son muy contaminantes. Su control es obligatorio por la legislación española.

La actividad ganadera puede constituir un importante foco de contaminación de las aguas subterráneas. La producción de heces por kilogramo de peso vivo es muy superior en los herbívoros que en el ser humano. La evolución de la ganadería, de explotaciones extensivas, donde el ganado disemina sus deyecciones y orina, a las explotaciones intensivas, donde los excrementos se acumulan en el establo, ha dado lugar a la deposición concentrada de estiércol y purines. Estos residuos, si no son bien tratados, tienen un elevado riesgo de alcanzar el acuífero, en el caso de estar ubicados en un terreno permeable.

La contaminación ganadera se detecta en el acuífero por una elevada concentración de compuestos nitrogenados —amonio, nitritos y nitratos—, así como de fosfatos, cloruros y metales pesados. También puede aparecer una contaminación microbiológica, por bacterias principalmente.

Ganado bovino en una granja de Campos (Mallorca).



Foto: R. M. Mateos

Es Migjorn de Menorca. Del prado a la granja

Así como el resto de las islas del archipiélago han centrado su economía básicamente en el turismo, la isla de Menorca continúa con una relevante actividad en el sector primario. La fabricación tradicional de queso ha mantenido una cabaña ganadera que supera ligeramente las 21.500 cabezas de vacuno en la actualidad.

La pluviometría de Menorca (600 L/m² de media) permitía el mantenimiento más o menos continuo de pasto en el campo menorquín, favoreciendo el desarrollo de una ganadería extensiva hasta bien entrada la década de los setenta. El acuífero de Migjorn prácticamente no se explotaba, ya que su nivel freático se encontraba a una notable profundidad (en algunos puntos a más de 80 m). Con la incorporación de los modernos métodos de perforación de pozos se produjo un notable incremento en la explotación de las aguas subterráneas, y se implantó una agricultura de regadío intensivo que permitió el considerable aumento de la cabaña ganadera. Los últimos datos del Censo Agrario (2007) revelan la existencia de 150 granjas de ganado vacuno en Menorca, directamente relacionadas con el regadío de unas 1000 hectáreas destinadas al cultivo de forrajeras.

El problema más actual relacionado con la actividad agropecuaria de Menorca es la contaminación de algunos sectores del acuífero de Migjorn, por el inadecuado tratamiento de los residuos ganaderos. Los elevados contenidos en ión nitrato que se detectan en algunos puntos del acuífero (en torno a 120 mg/L) se debe a la contaminación producida por la mala gestión de estos residuos que, en ocasiones, permanecen largo tiempo en contacto directo con el terreno permeable.

En el paisaje rural menorquín aún perduran los campos de pasto donde el ganado vacuno campea libremente.



Foto: J. J. Pons



El tratamiento y almacenamiento de los residuos ganaderos en algunas granjas del Migjorn menorquín es deficiente y, en ocasiones, puede contaminar seriamente el acuífero sobre el que se asientan.

Foto: C. González

Formentera y el vino

El agua en Formentera ocupa sin duda un lugar preferente en la historia de la isla y de su gente. Es un recurso tan escaso y apreciado que sus habitantes han aprendido a sobrevivir de manera sostenible con el medio hídrico. La utilización conjunta de agua subterránea y de lluvia, que aún se practica en las labores del campo, es un ejemplo admirable de la gestión de este recurso tan frágil.

Los griegos llamaban a la isla *Ophiusa* —isla de las serpientes—, y posteriormente los romanos le dieron el nombre de *Frumentaria* —tierra de trigo—, aludiendo ya a su producción agraria. La agricultura y la ganadería en Formentera ha sido siempre una actividad de subsistencia y supervivencia para su población. La aridez del clima ha determinado el claro predominio de la agricultura de secano. Son verdaderos monumentos naturales las higueras de Formentera, extendidas en la horizontal mediante *estalons*, palos bifurcados en los extremos, que levantan las ramas del árbol para que las cabras y ovejas no se coman la fruta y, a su vez, el árbol extienda su sombra para refugio del ganado.

Casita de campo en Formentera con pozo.
La agricultura de esta pequeña isla balear era de subsistencia; la población supo gestionar sus escasos recursos de agua dulce mediante el uso conjunto del agua de lluvia y de los acuíferos.



Foto: O. Blasco

Una de las actividades agrarias con más tradición en la isla de Formentera es la viticultura. Ya se encuentran referencias que demuestran la existencia de esta actividad en el siglo XIII, concretamente de las viñas de Sa Mola. El cultivo de la viña continuó sin duda hasta el siglo XIV, momento en que la isla de Formentera se despobló por la peste negra. En el siglo XVIII se inicia un movimiento migratorio de ibicencos hacia Formentera, dando lugar a la segunda y definitiva repoblación. A partir de ese momento, el cultivo de la viña en Formentera va en aumento. A finales del siglo XVIII, se inaugura la bodega de Ca´n Marroig, con una capacidad de producción de 50.000 litros, iniciándose una importante actividad de comercio marítimo con el vino de esta pequeña isla balear.

Actualmente, la fabricación de vino es la principal actividad agrícola de Formentera. Hay más de 60 hectáreas de viña cultivadas, especialmente de la variedad tradicional denominada *monastrell*, uva negra con la que se elaboran vinos tintos y rosados, muy elogiados por los enólogos.

El cultivo de viña en la isla de Formentera ha sido tradicionalmente de secano, adaptándose perfectamente a las condiciones áridas del clima insular y a los suelos arenosos de la isla. Recientemente comienza a regarse la viña, para tener una mayor producción. Para ello, está a punto de aprobarse un plan de reutilización de aguas regeneradas que permitirá el regadío de unas 115 hectáreas, tanto de viñedo como de otros cultivos, en parcelas agrícolas situadas al oriente y al sur del *Estany Pudent*.

6

Los paisajes del agua: el karst

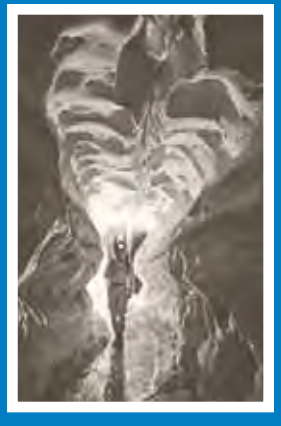
















Per avencs, fondals i coves,
la terra les va a engolir,
i allà amb meravelles noves
l´abisme feren florir.
Dins aquell fosc captiveri
feren palaus de misteri
cambres i banys de platxeri
com cap reina en pot tenir

Les Dones d´Aigua
(Costa i Llobera)

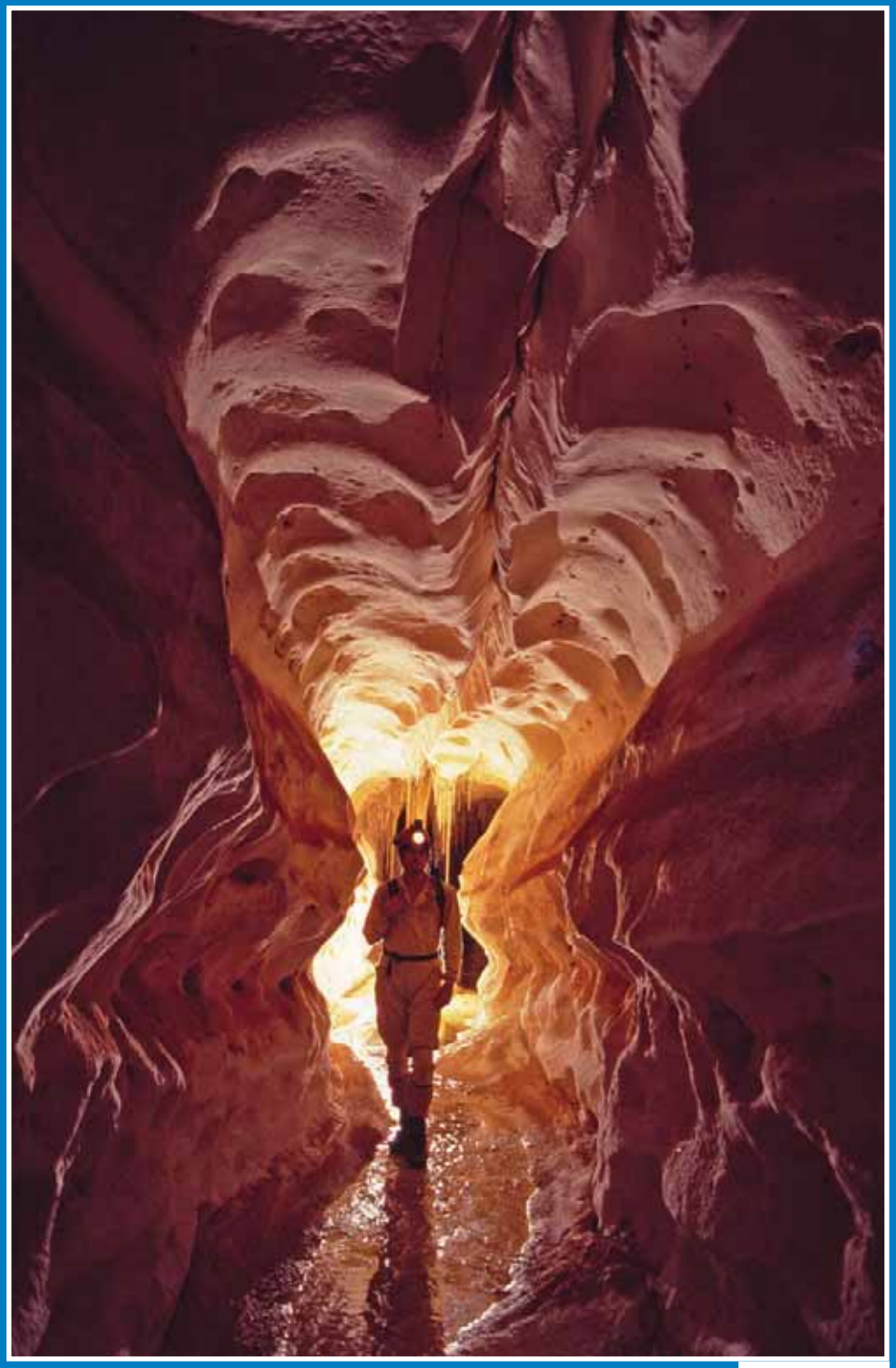


Foto: T. Merino

El agua es el mejor escultor de la naturaleza. Excava valles, profundiza barrancos, disuelve las rocas, arrastra la tierra y penetra en el interior de la corteza terrestre, donde continúa su imparable labor.

El predominio de rocas de naturaleza carbonatada en el sustrato balear, unido a las características climáticas y biológicas del archipiélago, determina la existencia de un paisaje muy singular denominado karst. El modelado kárstico es el resultado de los procesos de disolución que tienen lugar en las rocas carbonatadas, dando lugar a una gran diversidad de formas, tanto en la superficie del terreno como en el interior del macizo rocoso.

En el exterior podemos visualizar campos de lapiaz, dolinas, grandes depresiones denominadas poljes y caprichosas formas en las rocas calizas, fruto de la suave y lenta labor del agua que, durante miles de años, ha labrado este singular paisaje.

El trabajo del agua continúa en el interior; las aguas subterráneas ensanchan las fracturas de la roca y van generando enormes espacios subterráneos, vaciando montañas y trazando un enigmático y laberíntico paisaje interior. La riqueza geológica de las numerosas cuevas de Baleares es espectacular y constituye uno de los principales reclamos turísticos del archipiélago. Las muy conocidas cuevas de Artà, del Drac, del Hams y Campanet, dan paso a otras casi inaccesibles y aún por explorar. Tal es el caso de la Cova des Pas de Vallgornera en Llucmajor y la Cova de Sa Gleda en Manacor, donde la belleza en la oscuridad queda al descubierto de pocos aventureros, aquellos que utilizando modernos equipos de buceo se atreven a descubrir sus entrañas.

La extensión regional del karst en Baleares, la diversidad y singularidad de sus formas, así como la enorme belleza de este modelado, determina uno de los patrimonios naturales más ricos y relevantes de nuestro país.

En este capítulo pretendemos abrir una ventana al desconocido e interesante mundo del karst balear, así como dar las claves necesarias para que el lector descifre y comprenda este maravilloso paisaje del agua.

El viaje del agua

Cuando el agua de lluvia interacciona con el dióxido de carbono del aire y la materia orgánica que hay en el suelo, se forma un ácido muy débil (el ácido carbónico) que es capaz de disolver lentamente las rocas calizas. Esta disolución, que va desgastando la roca poco a poco y durante miles de años, va configurando unas morfologías muy singulares, tanto en la superficie del terreno —dando lugar a formas **exokársticas**—, como en el interior del macizo rocoso —originando las misteriosas cuevas y conductos subterráneos— que caracterizan el denominado **endokarst**.

Este viaje del agua a través del macizo rocoso es lento pero muy efectivo. Las rocas calizas que afloran en el terreno se disuelven lentamente por la acción del agua. Se forman campos de lapiaz, dolinas, poljes y encajados cañones y barrancos. En el interior, el agua subterránea va lamiendo la roca, ampliando conductos y abriendo grandes cavidades. De hecho, La mayoría de las cuevas se forman en la zona de saturación del acuífero, muy cerca de la posición del nivel freático. Cuando este nivel del acuífero desciende, debido principalmente a una bajada del nivel del mar, la cámara se llena de aire y se crean las condiciones físico-químicas idóneas para que tenga lugar la fase decorativa de la cueva. De hecho, lo que suele llamar la atención a los visitantes de las grutas son estas maravillosas formas de deposición denominadas **espeleotemas**: estalactitas, estalagmitas, gours, banderas etc, que constituyen morfologías de calcita y aragonito creadas por el continuo goteo del techo de la cueva.

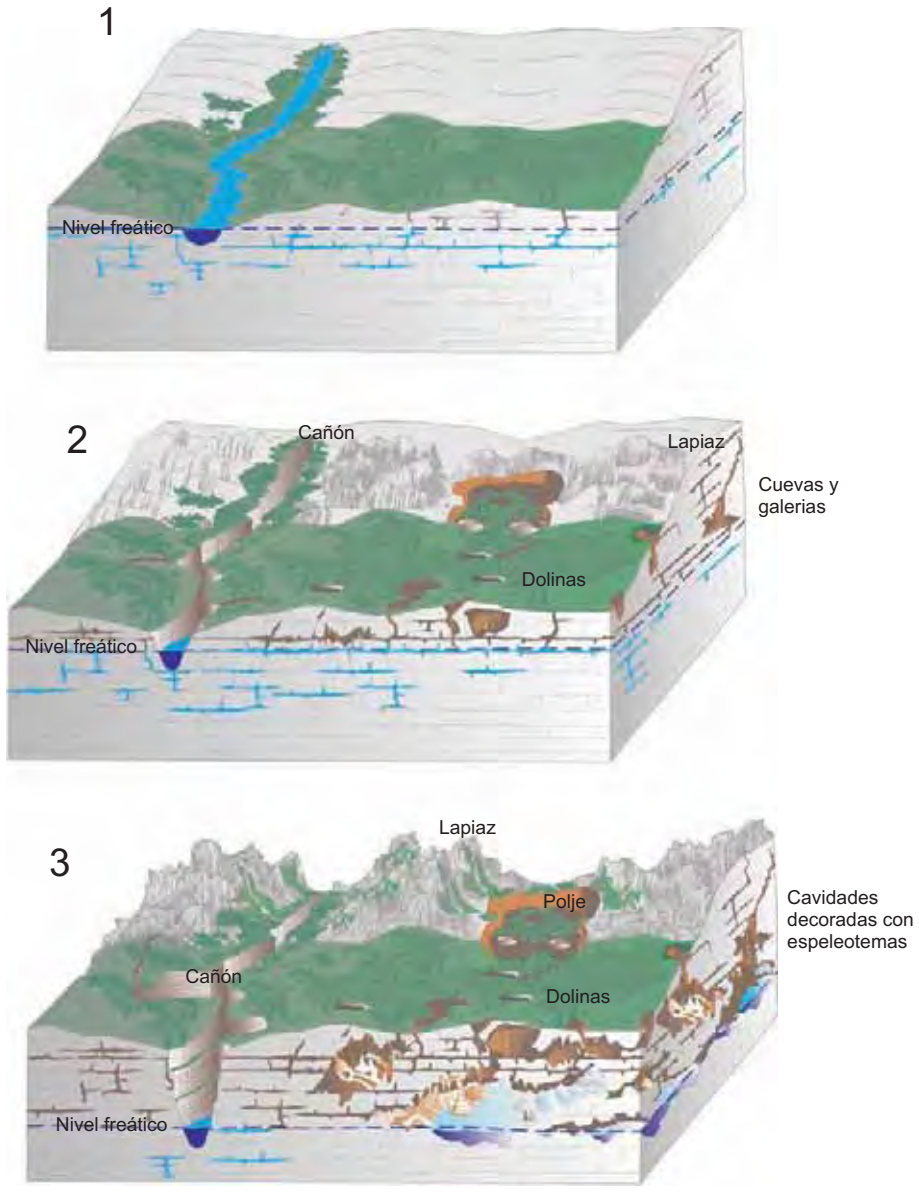
La creación de este bello paisaje tiene también un final. El destino del karst será su destrucción y desaparición, quedando en ocasiones formas relictas en el terreno que nos relatan un pasado más glorioso.

El modelado kárstico y su evolución.

1.- Inicio de la disolución de las rocas calizas. El nivel freático del acuífero está muy cerca de la superficie del terreno.

2.- Formación en el exterior de campos de lapiaz, dolinas, sumideros etc. El torrente se va encajando. En el interior se forman las cavidades y conductos subterráneos, muy cerca de la posición del nivel freático del acuífero.

3.- El nivel freático del acuífero desciende. Entra el aire en las cavidades y comienza la fase decorativa, el reinado de los espeleotemas. En el exterior, las formas de disolución se acentúan y el torrente se encaja de tal forma que constituye un cañón.



Los terrenos kársticos son zonas con un elevado riesgo geológico, ya que son frecuentes los colapsos y hundimientos, fruto de la intensa dinámica que modela el sustrato rocoso. En ocasiones, las cavidades que hay en el interior del terreno se ensanchan, y el techo de la cueva puede colapsar, apareciendo repentinamente en superficie una gran oquedad. La mayoría de las veces se hunde el suelo, debido a los procesos de disolución de la roca carbonatada que existe a mayor profundidad, produciéndose movimientos en la vertical del terreno, que pueden ser más o menos contínuos.



Colapso kárstico en Es Migjorn Gran (Menorca).
El terreno se hunde repentinamente por la existencia de cavidades en el interior. Los terrenos kársticos constituyen zonas de elevado riesgo geológico.
Foto: R. M. Mateos

Morfologías de superficie: el exokarst

El proceso de disolución superficial de la roca caliza que aflora en el terreno, produce un modelado en la misma que se denomina **lapiaz**, dando la sensación de que la roca desnuda ha sido labrada por el cincel de un escultor, tallando estrías, surcos y sugerentes figuras propensas al vuelo de la imaginación popular. Los campos de lapiaz son muy abundantes en Baleares y especialmente en la isla de Mallorca, donde reciben el nombre de *esquetjars* o *rellars*. Estas formas y microformas del terreno pueden ocupar superficies muy extensas, dando lugar a una topografía muy abrupta e intransitable, ya que, en ocasiones, la roca corta como un cuchillo. Uno de los lapiaces más espectaculares de Baleares se localiza en el entorno del Monasterio de Lluc de Mallorca, donde la naturaleza muestra un amplio catálogo de formas, algunas tan conocidas como *Es Camell*. El cercano encinar de Es Pixarells envuelve un lapiaz de gran belleza, donde la roca tallada y el bosque transportan al visitante a un lugar mágico que parece sacado de un cuento medieval.

Otros campos de lapiaz se localizan también en la Serra de Tramuntana mallorquina: en el costado de Bàlitx, en Montcaire y en la cabecera de la Vall de Son Marc, lugares donde, además de aflorar extensamente las rocas calizas, se registran los valores de lluvia más elevados de la isla.



Lapiaz en la Serra de Tramuntana de Mallorca. Pirámides puntiagudas labradas en la roca, sugerentes formas que configuran un lugar prácticamente intransitable.

Foto: R. M. Mateos



Foto: J. Rodríguez

Formas y microformas del lapiaz.
Estrías y acanaladuras, ocasionadas por el discurrir del agua de lluvia y el lento proceso de disolución de la roca caliza.

Dolina en la Serra de Tramuntana de Mallorca.

Se trata de depresiones circulares formadas por la disolución de la roca caliza, y donde suele acumularse e infiltrarse el agua de lluvia.



Foto: R. M. Mateos

La erosión, a una escala mayor, conforma otras morfologías muy características del relieve kárstico. Llaman poderosamente la atención unas depresiones redondeadas, de varios metros de diámetro que parecen agujerear el terreno. Estas depresiones se denominan **dolinas**, *clots* en la terminología local, y constituyen zonas preferentes de absorción del agua superficial, actuando igual que un embudo. La Serra de Tramuntana de Mallorca presenta algunos ejemplos muy notables de campos de dolinas, especialmente en el municipio de Escorca. La toponimia ya indica su origen; tal es el caso de Es Clots Carbons, El Clot de Femenía, Clot de Mortitx, así como la Terra de Ses Olles, ésta última en el entorno del Monasterio de Lluc.

Existen también depresiones kársticas de mayores dimensiones denominadas *poljes*, que tienen un carácter regional y conforman valles cerrados donde no hay drenaje superficial del agua. Suelen tener forma alargada-elipsoidal, siguiendo las principales directrices estructurales de la zona. El eje mayor de estas depresiones no suele superar los 20 km y su fondo plano y arcilloso ha condicionado tradicionalmente el desarrollo agrícola, vital para estas zonas aisladas de montaña. El agua superficial, al no tener salida, se infiltra en el terreno a través de *simas* y *sumideros* (*avencs*), pasando a formar parte de las aguas subterráneas, donde continúa el proceso de disolución. Ejemplo de *poljes* son la Coma de Son Torrella y de Mortitx, en la parte septentrional de la Serra de Tramuntana de la isla de Mallorca, así como los poljes de San Mateo y Santa Inés en la isla de Ibiza. No obstante, la mayoría de las grandes depresiones kársticas en Baleares no son totalmente cerradas, ya que generalmente están capturadas por un torrente. Los ejemplos más representativos de estos poljes abiertos son el Clot d´Aubarca (Lluc), y el Valle de Almallutx, en el dominio de la Serra de Tramuntana mallorquina.

Son también muy emblemáticos del karst los cañones o gargantas que forman los torrentes al encajarse en la formación rocosa, con paredes casi verticales de hasta varios cientos de metros de altura. Estos profundos cañones se originan por la acción erosiva del agua a través de zonas de debilidad, que suelen ser grandes fracturas (fallas) ocasionadas por la tectónica. Constituyen valles muy encajados, prácticamente rectilíneos y de corto recorrido. Los ejemplos más espectaculares son el Torrent de Pareis y del Gorg Blau, así como los de Na Mora, Mortitx y Coa Negra que, a menor escala, representan también destacables cañones excavados en la roca caliza que predomina en la Serra de Tramuntana de Mallorca.

Foto: R. M. Mateos



Depresión kárstica en primer plano, con el Torrent de Pareis al fondo (Serra de Tramuntana de Mallorca).

Se observa la enorme incisión del torrente en la roca caliza.

Torrent de Coa Negra, en los últimos relieves de la Tramuntana mallorquina hacia el municipio de Santa María.

Se trata de un cañón kárstico que, en épocas de intensas lluvias,
muestra unos saltos de agua de gran belleza denominados *Es Freus*.



Foto: R. M. Mateos

En este punto cabe destacar los barrancos que atraviesan toda la plataforma de Es Migjorn en Menorca. El origen de estos cursos torrenciales, muy encajados y sinuosos, se debe fundamentalmente a la combinación de dos procesos: la acción erosiva del torrente —y la consecuente disolución de la plataforma carbonatada—, y las variaciones del nivel del mar del Mediterráneo durante los últimos 2 millones de años.

Hace tan solo 23.000 años el nivel del mar estaba hasta 100 m por debajo de su posición actual, lo cual originó un descenso significativo del nivel de base de los torrentes y, consecuentemente, un aumento de la capacidad erosiva de los mismos, acelerándose su encajamiento. Los Barrancos d´Algendar y Trebalúger, son ejemplos muy representativos de este tipo de cursos superficiales en el karst menorquín.

La mayoría de las calas del sur de Menorca, así como las del sur y levante de Mallorca, se forman en la desembocadura de estos pequeños barrancos kársticos. La excavación del lecho del torrente en su tramo final da lugar a la formación de humedales y zonas deprimidas, constituyendo lugares de gran interés faunístico.



Foto: J.J.Pons

Desembocadura del Torrente de Trebalúger en Menorca.

Los torrentes del Migjorn menorquín se encajan en la plataforma carbonatada, y su origen está ligado a los cambios del nivel del mar en el Mediterráneo, durante los últimos 2 millones de años.

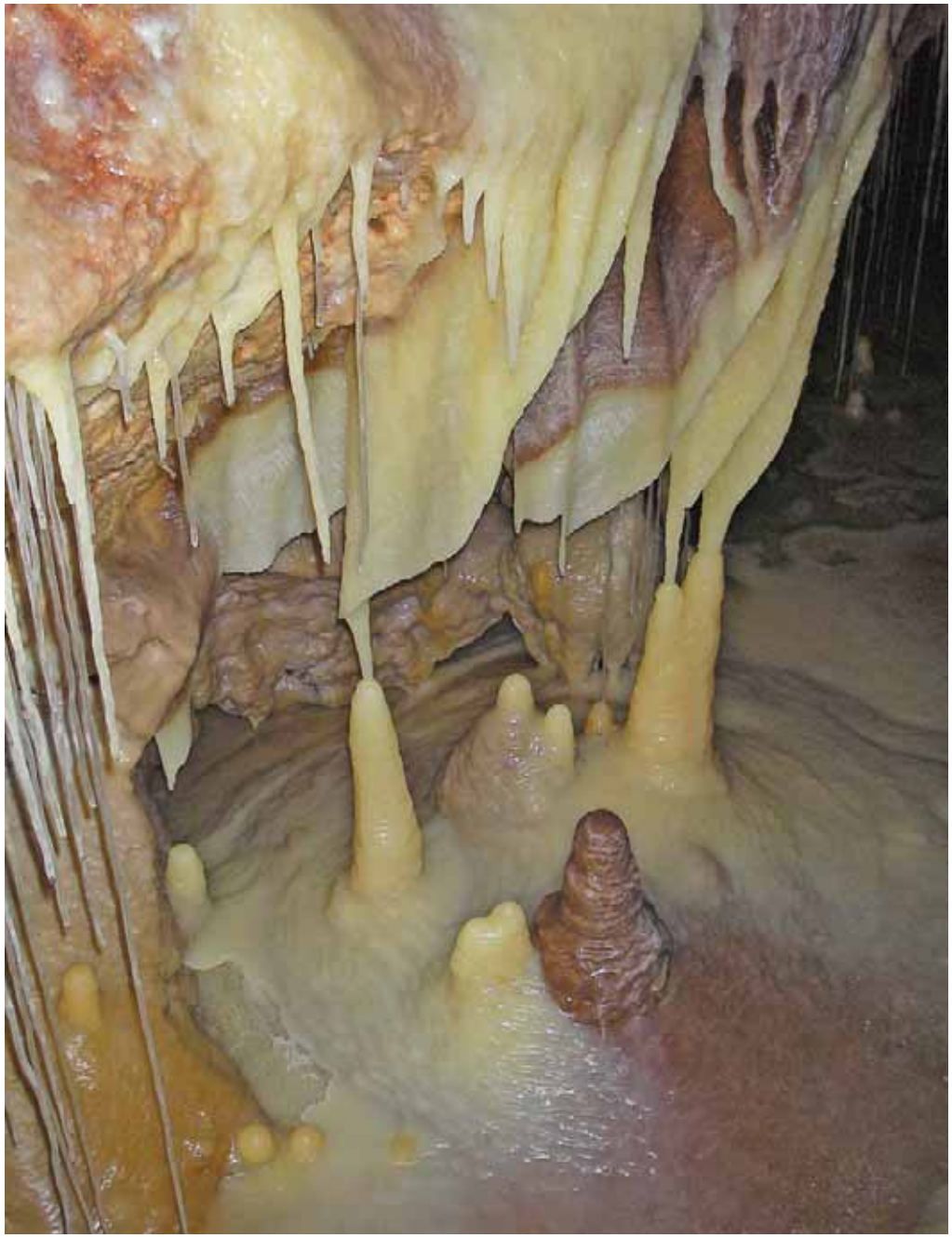
Morfologías subterráneas —endokarst

El agua superficial continúa su camino subterráneo adentrándose a través de las grietas y fisuras de la roca caliza, en numerosos casos bien visibles, como son los denominados *avencs* —simas y sumideros que constituyen las vías de enlace entre el karst superficial y el subterráneo. En el interior del macizo rocoso el proceso de disolución continúa, se ensanchan las fracturas de la roca y se forman galerías por donde el agua fluye con mayor facilidad, así como las grandes cavidades. Después de esta primera fase, donde predomina la disolución, el agua forma nuevas galerías, abandonando las ya existentes. Comienza así una segunda fase de precipitación, al quedar las cavidades invadidas por el aire. Se inicia la formación de **espeleotemas**, maravillosas formas de precipitación de carbonato cálcico y otros minerales, que conocemos con el nombre de estalactitas, estalagmitas, perlas de las cavernas, gours etc. Estas morfologías de precipitación adornan con delicadeza las salas y galerías de las cavidades, y constituyen uno de los sistemas más frágiles y sensibles de la Tierra.

Las cuevas en Baleares se pueden clasificar en dos tipos principales: aquellas que han quedado en la zona no saturada del acuífero kárstico, y que pueden encontrarse a gran altura respecto al nivel del mar, y las cuevas litorales, cuya génesis está directamente relacionada con las fluctuaciones del nivel marino.

En el primer grupo tenemos aquellas cavidades en zonas montañosas o en acantilados, como es el caso de la Cova de Campanet, el Avenc de Son Pou en Santa María y las cuevas de Artà, todas ellas en la isla de Mallorca. En Ibiza destaca la Cova de Can Marçá, en el municipio de Sant Joan de Labritja, que fue refugio y lugar de escondite en la época del contrabando. La Cova d´en Xoroi, colgada del acantilado de Cala en Porter, y hoy convertida en famosa discoteca, aún guarda en sus entrañas la famosa leyenda menorquina del *Moro Xoroi*. Una enorme riqueza de espeleotemas adornan estas cavidades vadosas, formados principalmente por la precipitación de calcita, a partir del agua saturada en este mineral que se infiltra en la cueva.

Foto: T. Merino



Precipitación de espeleotemas en la Cova des Pas de Vallgornera.

Grupo de banderas de diferente color y aspecto céreo sobre estalagmitas.



Foto: T. Merino

Avenc des Meandre en el municipio de Escorca, en la Serra de Tramuntana mallorquina.

Ejemplo de sima en zona vadosa. Son cavidades verticales conectadas con el exterior y generadas por disolución, al penetrar el agua de lluvia a través de una fractura preferencial en la roca.

El carácter insular de Baleares y su naturaleza predominantemente caliza determina la existencia de un patrimonio espectacular de cuevas litorales. Éstas se han desarrollado principalmente en el interior de las plataformas carbonatadas del Mioceno superior (entre 10 y 5 millones de años atrás), constituidas por calizas arrecifales y calcarenitas de gran porosidad. El mar influye en el desarrollo de estas cavidades y las fluctuaciones del nivel del Mediterráneo a lo largo del Cuaternario (últimos 2 millones de años) condicionan, tanto la formación y agrandamiento de las cuevas y galerías, como la precipitación de espeleotemas denominados **freáticos**, de gran valor geocronológico y paleoclimático, ya que mediante su estudio se puede conocer la posición del nivel del mar en el pasado y su relación con los grandes ciclos glaciares e interglaciares. La posición actual del nivel del mar en estas cavidades, determina la presencia de lagos subterráneos de aguas salobres, que incrementan la belleza y el atractivo de este endokarst.

El ejemplo más representativo de cuevas litorales son las Coves del Drac, abiertas al turismo en el año 1878. Se trata de la cavidad más visitada de Europa, con más de un millón y medio de visitantes anuales. A la belleza innegable de sus espectaculares salas, se añade el aliciente de sus lagos, destacando el lago Martel en honor al espeleólogo francés que lo descubrió en el año 1896.

En ocasiones, las cavidades litorales están parcial o totalmente inundadas por las aguas freáticas, y su investigación se lleva a cabo por especialistas en espeleobuceo. La Cova de Sa Gleda, en el litoral de Manacor, constituye la cavidad subacuática de mayor recorrido de Europa; y la Cova des Pas de Vallgornera, en el municipio de Llucmajor, presenta una entramada red de salas y galerías de más 60 kilómetros de desarrollo, y aún no se atisba su final.

El paisaje kárstico es especial y único, y ha tardado tantos miles o millones de años en formarse, que se hace imprescindible su valoración y protección. En la actualidad numerosas figuras de protección, tanto autonómicas como nacionales e internacionales, comienzan a contemplar las morfologías del karst. En Baleares, el Torrent de Pareis fue declarado Monumento Natural en el año 2003 y 31 cavidades kársticas constituyen hoy en día Lugares de Interés Comunitario (LIC).

Cova des Pas de Vallgornera, en el municipio de Llucmajor.

Se trata de una cavidad litoral parcialmente inundada por agua salobre. Descubierta en 1968, aún continúan las labores de exploración. Hasta el momento se han cartografiado más de 60 km de galerías y cavidades. La belleza de sus espeleotemas y cristalizaciones hacen de Vallgornera un lugar único y singular en el mundo de la espeleología balear.

Foto: T. Merino





7

Los humedales y las aguas subterráneas



















Foto: R. M. Mateos

Ara és l´època de l´any
que ve la grua. A l´estany
pren de mitja pota un bany.

Mor el pàmpol al rafal.
L´oliva es presta a l´assalt
dels homes i els estornells
turgents, enllà els munts de sal
esperen nòrdics vaixells

Apunts de ses Salines **- Marià Villangómez**

En el año 1971 se firmó en la ciudad iraní de Ramsar un convenio internacional, donde los países firmantes (en la actualidad 154 Estados) se comprometían a la protección y conservación de los humedales. España firmó este convenio en el año 1982 y, desde entonces, 63 humedales del territorio nacional (unas 300.000 hectáreas) han sido incorporados a la Lista Ramsar.

En el territorio de la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares, seis humedales disfrutan de esta protección especial. El principal de ellos es el Parque Natural de S´Albufera de Mallorca, una marisma litoral de 1.710 hectáreas de superficie, que constituye un ecosistema único en el Mediterráneo occidental. S´Albufera de Pollença, el Salobrar de Campos, el Estany de Ses Gambes (Ses Salines), las Salinas d´Eivissa, así como el Estany Pudent y las Salinas de Formentera, constituyen el resto de los humedales de Baleares inscritos en la Lista Ramsar. El resto de las zonas húmedas, más pequeñas que las mencionadas (aunque muy numerosas), vienen a ampliar este patrimonio natural, representando en su conjunto el 1% de la superficie total de las islas.

Aunque en otras regiones los humedales pueden estar relacionados exclusivamente con las aguas superficiales, en Baleares están estrechamente ligados a la dinámica litoral y a las aguas subterráneas. Se ubican en zonas topográficamente deprimidas y muy cerca de la línea de costa. La interacción entre la descarga del agua dulce de los acuíferos y la entrada del agua salada del mar, da lugar a estos singulares ecosistemas de aguas salobres, donde la vida silvestre eclosiona.

Durante muchos años las zonas húmedas fueron consideradas improductivas, focos infecciosos en los que se reproducían insectos transmisores de enfermedades. Ses Feixes en Ibiza, S´Albufera y el Pla de Sant Jordi en Mallorca, son ejemplos de la desecación de antiguos humedales, con la finalidad de ganar terrenos productivos en estas zonas insalubres.

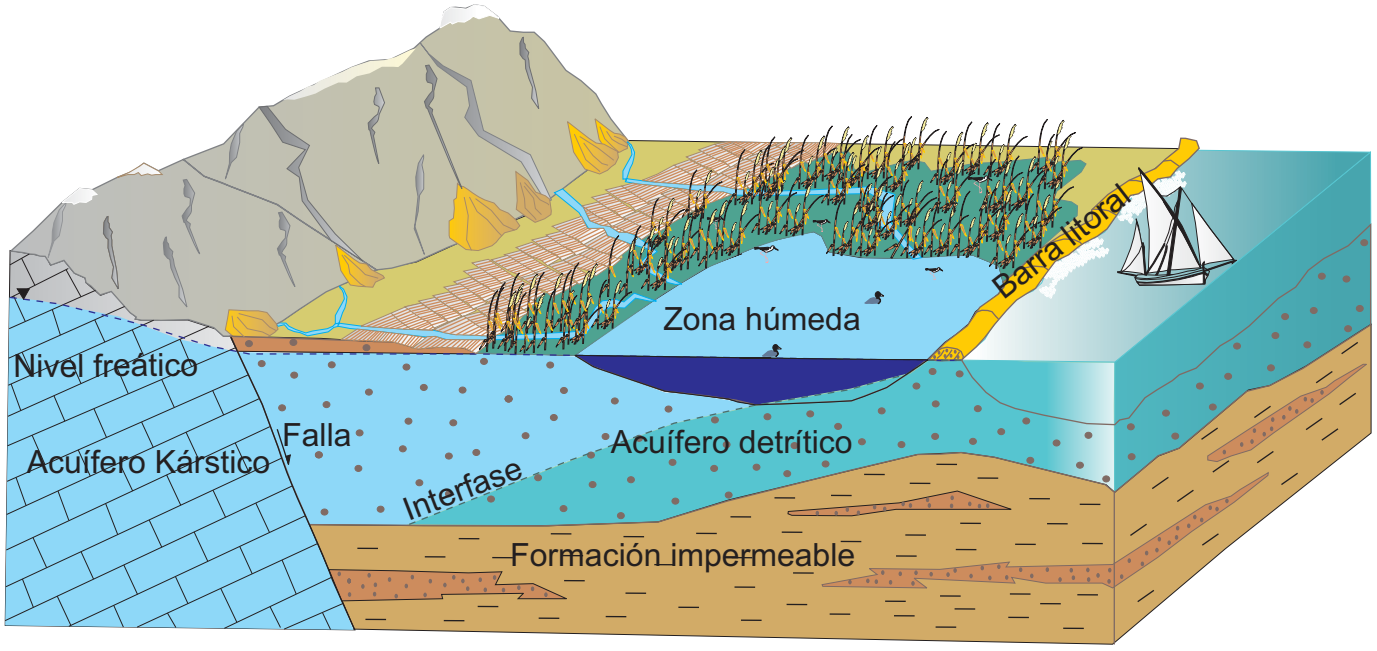
Actualmente, el auge del conservacionismo y proteccionismo medioambiental ha impulsado la consideración de estos enclaves como lugares privilegiados. Los humedales contribuyen notablemente a la diversidad biológica, a la preservación de la vida silvestre, al patrimonio cultural y paisajístico, así como a todas aquellas tradiciones ligadas a estas zonas, anegadas permanentemente por el agua.

Los humedales y las aguas subterráneas

En Baleares predominan los humedales de tipo litoral. Constituyen áreas topográficamente deprimidas y/o hundidas muy cercanas a la costa, donde la superficie del terreno corta el nivel freático de un acuífero, y el agua subterránea aflora al exterior. Estas zonas permanentemente anegadas, quedan separadas del mar a través de una barra litoral —generalmente un cordón de dunas o una playa de arena—, que permite la retención y acumulación de agua. El nivel freático del acuífero coincide prácticamente con el nivel del mar; produciéndose, bajo la superficie del terreno, una mezcla de agua dulce y salada, que genera un ecosistema especial de aguas salobres.

Otro tipo frecuente de humedal, de menor extensión que los anteriores, se origina en la desembocadura de algunos torrentes insulares. Ello se debe a la excavación del lecho del torrente en su tramo final, creando así una zona hundida por debajo del nivel del mar, donde se favorece la salida del agua del acuífero y la entrada del agua marina. Generalmente la arena de la playa actúa de barrera frente al flujo superficial, favoreciendo así la acumulación de agua. La mayoría de las calas del sur de Menorca, así como las del levante mallorquín, tienen asociadas pequeñas zonas húmedas de gran valor medioambiental.

Cortesía de Bruno Ballesteros



Esquema hidrogeológico de un humedal litoral mediterráneo

La zona húmeda, topográficamente deprimida, queda aislada del mar por una barra litoral, que actúa de barrera al flujo superficial. El agua subterránea surge a la superficie, al cortar la topografía el nivel freático del acuífero. El agua salada del mar penetra de forma natural en el acuífero, dando lugar a un ambiente de aguas con diferente salinidad, que favorece el desarrollo de ecosistemas muy especiales.

Foto: J. J. Pons



Cala En Porter (Menorca).

Se observa una zona húmeda en el lecho del torrente, separada del mar por la barra de arena que constituye la playa.

Los humedales poseen una vegetación especial denominada freatofítica, es decir, que obtienen el agua de la zona freática o saturada del suelo. Su nombre procede del griego, y significa «plantas pozo», ya que actúan como auténticas bombas, elevando el agua desde el acuífero hasta la atmósfera. En Baleares la vegetación típica de los humedales es el carrizo, la masiega y la enea, hierbas gigantes que viven en terrenos inundados, así como especies adaptadas a medios salobres, como el junco y la salicornia. Gracias a la evapotranspiración de la vegetación, los humedales mantienen un microclima menos cálido y más húmedo que el entorno, contribuyendo al desarrollo de una gran diversidad biológica, que anida y se alimenta a expensas de esta tupida cobertera vegetal.

En el presente capítulo se va a exponer el funcionamiento hidrogeológico de una serie de humedales, donde las aguas subterráneas juegan un papel fundamental en su formación. Se ha seleccionado la Albufera de Mallorca, el mayor humedal de las Baleares; el humedal de Son Bou, en el litoral meridional de la isla de Menorca; Ses Feixes de Ibiza, muy cerca de la capital, y el torrente de Canyamel, en el levante mallorquín, este último representativo de torrentes con zonas húmedas en su desembocadura. Otros valiosos humedales, como la Albufera des Grau (Menorca), las Salinas de Ibiza y el Salobrar de Campos (Mallorca), o los *estanys* de Formentera, no se describirán en el presente libro, ya que se trata de aguas predominantemente marinas, donde el papel de los acuíferos apenas tiene relevancia.

La albufera de Mallorca

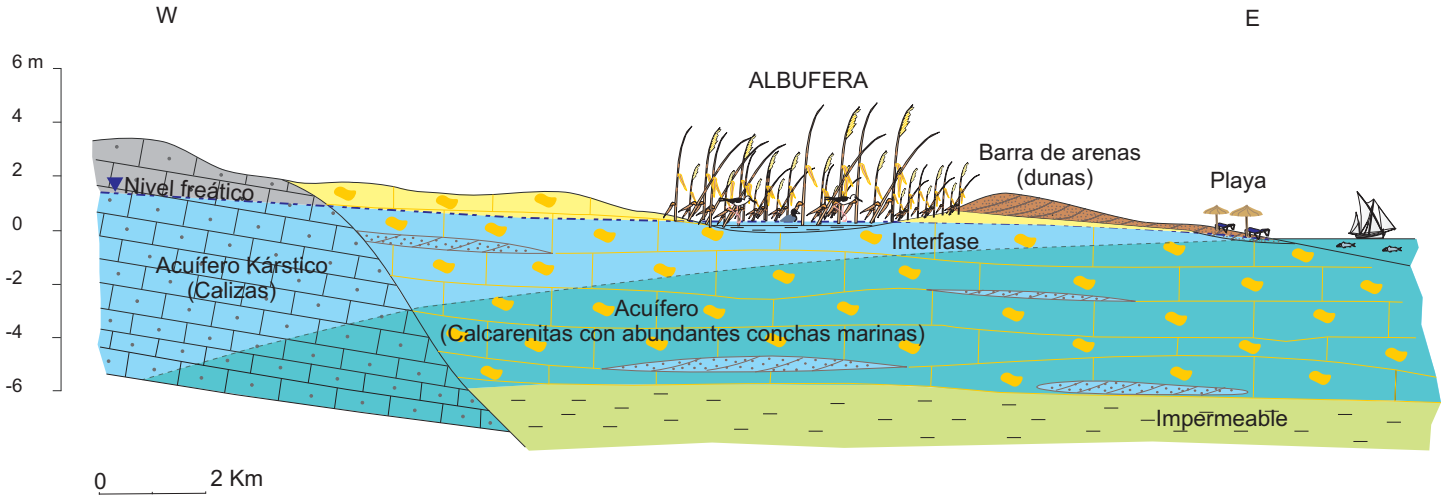
Es el humedal más importante y extenso de las Islas Baleares, y desde 1988, goza de la figura de protección de Parque Natural. Con 1.710 hectáreas de extensión, esta zona húmeda se ubica en el sector nororiental de la isla de Mallorca, abarcando parte de los municipios de Muro, Sa Pobla, Alcùdia y Santa Margalida.

La Albufera es una antigua laguna separada del mar por un cordón de dunas de más de 8 kilómetros longitud y algunos centenares de metros de anchura, que durante muchos siglos —especialmente los dos últimos por la influencia humana— se ha colmatado de sedimentos, hasta convertirse en una amplia llanura inundable. La Albufera conforma una zona deprimida en la Bahía de Alcùdia, que constituye la zona de descarga natural de las aguas superficiales y subterráneas que drenan hacia este sector de la isla.

Los torrentes de Muro y Sant Miquel llevan las aguas superficiales de la vertiente meridional de la Serra de Tramuntana, y aportan una media anual de 20-24 millones de metros cúbicos de agua dulce, parte de los cuales recargan los acuíferos superficiales de los Llanos de Inca y Sa Pobla, a lo largo de su recorrido. El resto del caudal se drena al mar a través de la Albufera. La aportación de estos torrentes es intermitente, dependiendo del régimen de precipitaciones, siendo muy significativo el caudal del Torrent de Sant Miquel cuando surgen Ses Fonts Ufanes de Gabellí.

Esquema hidrogeológico de la Albufera de Mallorca.

El nivel freático del acuífero corta la superficie del terreno.
Se origina así un humedal permanente, aislado exteriormente del mar por un cordón de dunas.



De forma subterránea, el acuífero del Llano de Sa Pobla sale a la superficie en la periferia de la Albufera, a través de un conjunto de surgencias (*ullals*) y fuentes. Se originan así zonas permanentemente encharcadas que, en épocas de estiaje, algunas pueden desecarse al descender la posición del nivel freático. Las aguas de la Albufera son ligeramente salinas, debido a la influencia del agua marina y a la existencia de aguas relictas mucho más salobres. Las aportaciones hídricas de las aguas subterráneas a la Albufera se estiman entre 25-35 millones de metros cúbicos anuales.

Desde tiempos históricos, la Albufera ha sufrido cambios significativos por la acción del hombre. A finales del siglo XVII comenzó la desecación del humedal, especialmente en los sectores meridional y occidental, ganando la población rural tierras para el cultivo. Este hecho determinó la construcción de canales y sistemas de drenaje artificiales, modificando completamente el funcionamiento natural de la Albufera. A mediados del siglo XIX, ingenieros ingleses bajo la dirección de John F.L.Bateman, diseñaron el actual sistema de drenaje, conduciendo las aguas de los diferentes canales de la Albufera hacia el Gran Canal, que desemboca al mar en el denominado Puente de los Ingleses. Más de 2.000 hectáreas de zonas húmedas (algo más de su actual extensión) fueron desecadas, ganando los payeses unos terrenos agrícolas que localmente se denominan marjals.

La base de la riqueza ecológica de la Albufera es el agua. La situación de inundación casi constante de la mayor parte del Parque Natural, condiciona y favorece el crecimiento de una vegetación variada, que da cobijo y alimento a una rica y diversa fauna. La biodiversidad de este humedal es muy relevante, destacando numerosas especies de peces, anfibios, hongos, mamíferos y, sobre todo, aves. Se contabiliza más de 60 especies reproductoras de aves, destacando las que vienen del Norte a pasar los meses más fríos del invierno, como los patos cuchara, silbones y garzas.



Foto: R. M. Mateos

El Gran Canal de S´Albufera, con la Serra de Tramuntana al fondo.

Foto: B. Martín



Laguna de la Albufera.
Al ser una zona deprimida, el nivel freático del acuífero aflora a la superficie, dando lugar a zonas anegadas durante casi todo el año.



Puente de los Ingleses.
Salida artificial de las aguas de S´Albufera de Mallorca al mar.

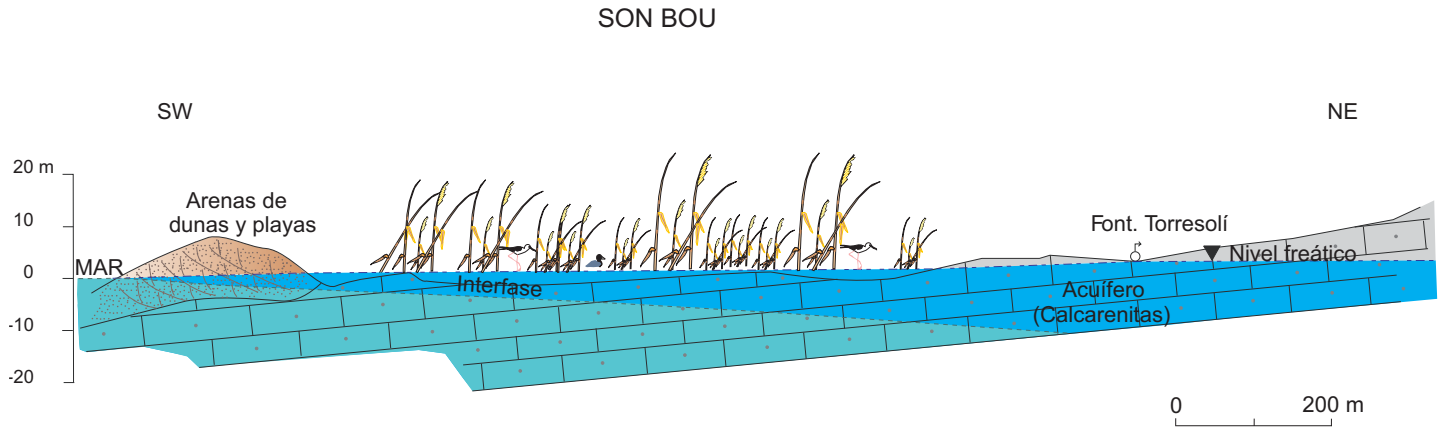
Foto: R. M. Mateos

Son Bou de Menorca

El humedal de Son Bou está situado al sur de la isla de Menorca, al abrigo del sistema dunar y de la playa de mayor longitud de la costa menorquina. Se describe como una llanura litoral semipermanente, alimentada por las aguas dulces de los torrentes de Son Boter y Bec (al levante), y de Son Bou (al poniente), que desembocan en la citada playa.

El funcionamiento hidrogeológico del humedal de Son Bou es similar al de la Albufera de Mallorca. Consiste en una franja de costa con un cordón de dunas y arenas de playa, que separa del mar una zona interior relativamente deprimida. Ésta recibe los aportes del agua de los torrentes en época de lluvias, y constituye a su vez la salida natural de las aguas del acuífero de la zona, que surge a través de una serie de *ullals* y fuentes, como la Font Torresolí. Las oscilaciones estacionales del nivel del acuífero determinan la extensión y permanencia de las diferentes zonas húmedas a lo largo del año.

El humedal presenta un avanzado estado de colmatación, debido al gran aporte de sedimentos que arrastran las aguas de los barrancos y a la creciente urbanización de la zona. Este hecho queda constatado por una reducción paulatina de su extensión, ya que en 1991 el humedal ocupaba 104 hectáreas, frente a las 80 hectáreas que ocupa en la actualidad.



Esquema del funcionamiento hidrogeológico del humedal de Son Bou (Menorca).

El acuífero surge a través de una serie de fuentes y *ullals*, aflorando el nivel freático a la superficie del terreno.
La barra de arenas del sistema dunar cierra parcialmente el flujo superficial hacia el mar, favoreciendo la anegación del humedal.



Foto: J. J. Pons

Vista aérea del humedal de Son Bou (Menorca), al trasdós de la playa y el cordón dunar.

Constituye una zona casi permanentemente encharcada, debido a la salida natural del acuífero en esta zona deprimida, así como al aporte de los torrentes que desembocan en la Playa de Son Bou.



Detalle del humedal de Son Bou.

Zonas casi permanentemente encharcadas que favorecen el desarrollo de un ecosistema mediterráneo, ideal para la vida silvestre.

Fotos: J. J. Pons

Encuentro entre el agua dulce del torrente y el agua marina.

Playa de Son Bou (Menorca).



El torrent de Canyamel

La red superficial de drenaje de las Serres de Llevant de Mallorca está formada mayoritariamente por pequeños torrentes de montaña, que pasan a formar valles sinuosos y bastante encajados cerca de su desembocadura.

El Torrent de Canyamel es un torrente muy peculiar del levante mallorquín. Nace en los relieves de Artà, a cotas en torno a los 200 m, aunque su curso circula en gran parte por el municipio de Capdepera. El torrente circula sobre uno de los principales acuíferos de la zona, constituido principalmente por calizas y dolomías del Jurásico inferior. Este acuífero, de naturaleza kárstica, se explota para abastecimiento y regadío en la zona, y drena sus aguas hacia la parte baja del curso del Torrente de Canyamel, siendo éste uno de los pocos torrentes ganadores de agua subterránea que quedan en la isla de Mallorca, presentando un flujo más o menos permanente durante gran parte del año. Por esta razón, son numerosas las tradicionales construcciones de captación y conducción del agua del torrente en la zona. Destaca el Molí de Sa Farinera, del que se tiene referencia, al menos desde el siglo XVII, con una espectacular acequia elevada que abastecía de agua del torrente al molino.

En el entorno del Molí de Sa Farinera el torrente de Canyamel forma profundas pozas de agua con formas circulares, así como saltos de agua de varios metros de altura. Se trata de un conjunto de dolinas en el lecho del torrente en una zona muy karstificada, donde afloran las calizas del acuífero. Este conjunto de pozas unidas por saltos de agua, confiere una enorme belleza al lugar, dando paso a un curso mucho más tranquilo hasta la desembocadura del torrente en el mar.

La desembocadura del Torrente de Canyamel constituye una zona húmeda protegida (Área Natural de Especial Interés), con una extensión de 3.9 hectáreas y que se denomina Estany de Canyamel. Se trata de una balsa litoral de desembocadura, que se ha formado por la excavación del propio torrente, quedando cerrada por la barra de arenas que constituye la playa. El Estany de Canyamel se mantiene todo el año con agua, constituyendo un ecosistema único en esta costa levantina de la isla de Mallorca.

Esquema del funcionamiento hidrogeológico del Estany de Canyamel.

La erosión del torrente en su tramo final genera una zona hundida respecto al nivel del mar, que corta el nivel freático del acuífero. La playa de Canyamel constituye una barrera física al flujo superficial del agua del humedal hacia el mar.

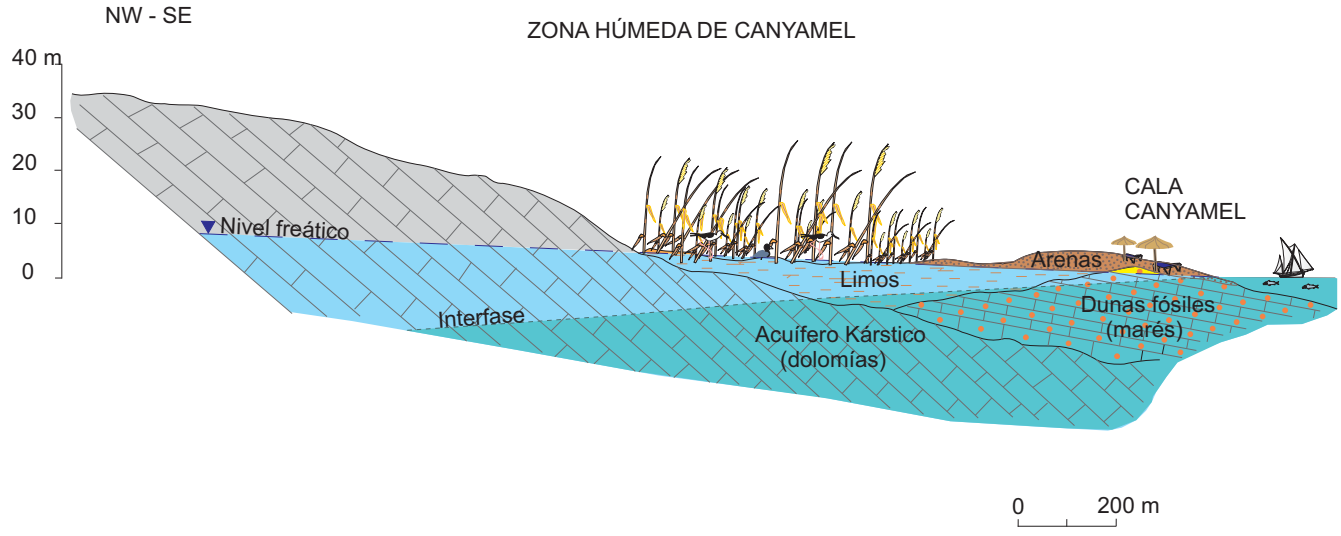




Foto: R. M. Mateos

Pozas y saltos de agua en el Torrent de Canyamel (Capdepera), al atravesar el torrente una zona muy karstificada. Las pozas tienen formas circulares y constituyen dolinas formadas en el lecho del torrente.



Foto: R. M. Mateos

Estany de Canyamel.

Humedal ligado a la desembocadura del torrente.

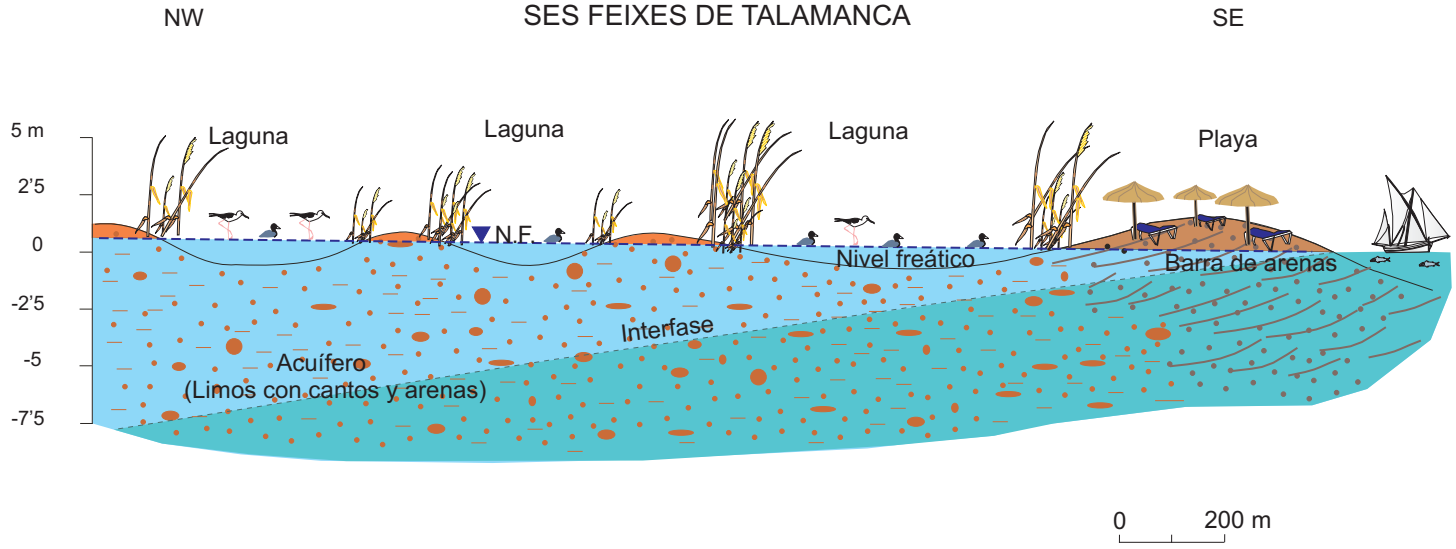
Ses Feixes de Ibiza

El humedal de Ses Feixes de Ibiza está situado al sureste de la isla, entre los municipios de Ibiza y Santa Eulària des Riu. Presenta una extensión total cercana a 50 hectáreas y se describe como una pradera litoral, alimentada originalmente por surgencias de agua dulce del acuífero y por la entrada de agua de mar, lo que daba lugar a la proliferación de comunidades vegetales muy variadas y adaptadas a diferentes salinidades. En las últimas décadas, la intensa explotación del acuífero de la zona para el abastecimiento urbano, ha disminuido notablemente los aportes de agua dulce al humedal, ganando terreno el mar e incrementando considerablemente la salinidad de las lagunas.

La zona húmeda se divide en tres sectores, que rodean la ciudad de Ibiza: el Prat de ses Monges, al levante, limitando con la playa de Talamanca; el Prat de la Vila, al poniente, en la Bahía de Eivissa y, por último, el Prat, que une los dos anteriores, y que constituye un área totalmente urbanizada en la actualidad.

Como vimos en el capítulo *Las aguas subterráneas y la agricultura*, el humedal de Ses Feixes es una zona modificada por el hombre desde muy antiguo. Los árabes cultivaban ya la zona, creando un complejo sistema de canales para drenar el agua, y estableciendo un sistema de aparcelamiento, que ha perdurado hasta bien entrado el siglo xx.

Aunque disfruta de la figura de Bien de Interés Cultural, el humedal de Ses Feixes se encuentra muy deteriorado en la actualidad, debido a la cercanía de la ciudad de Ibiza y a su expansión urbanística. El sistema hidrológico natural está completamente alterado y la mala calidad del agua de las lagunas dificulta el desarrollo de comunidades vegetales y animales, que caracterizan la biodiversidad de los ecosistemas húmedos.



Esquema explicativo del humedal de Ses Feixes, en el sector de la playa de Talamanca. Conjunto de pequeñas lagunas que representan la salida del nivel freático del acuífero a la superficie. Las arenas de la playa de Talamanca actúan como cierre del humedal, impidiendo su drenaje superficial hacia el mar.





El humedal de Ses Feixes, en el entorno de la ciudad de Ibiza.

Se observan los relieves de la Serra Grossa al fondo, de donde provienen parte de las aguas subterráneas que alimentan el humedal.

Foto: O. Blasco

8

Perspectivas futuras del agua en Baleares



















Obras para el trasvase de Sa Costera. *Foto: R. M. Mateos*

Cierta vez, el agua pura de la vida brotó de la tierra para ofrecerse generosamente a los hombres. No pasó mucho tiempo para que algunos cercaran la fuente y la sintieran de su propiedad exclusiva. Entonces el agua, ofendida, optó por brotar en un lugar desconocido…

Cuentos… de **Enrique Mariscal**

Baleares consume cada año 273 millones de metros cúbicos de agua, de los cuales el 80% se extrae de los acuíferos. El incremento de la demanda durante las últimas décadas, debido al desarrollo turístico del archipiélago, ha generado la búsqueda alternativa de recursos hídricos ajenos a sus propios recursos naturales. La construcción de plantas desaladoras de agua de mar, como apoyo al abastecimiento urbano, ha sido la principal solución planteada. Hoy en día se generan 25 millones de metros cúbicos de agua dulce a partir de la desalación del agua marina, cubriendo ya casi el 17% de la demanda total para uso urbano.

La intensa explotación de los acuíferos, que comenzó a mediados de la década de los cincuenta, ha traído como consecuencia una enorme proliferación de pozos y captaciones de aguas subterráneas en nuestro territorio. Existen más de cincuenta mil pozos censados. El uso excesivo de este recurso natural ha condicionado el deterioro de la calidad del agua de algunos acuíferos, especialmente de los costeros, donde el agua de mar ha invadido el espacio que anteriormente ocupaba el agua dulce.

Ante esta situación, y de cara al futuro, se plantea una serie de proyectos que garanticen el abastecimiento de agua de calidad a la población, y que permitan una progresiva recuperación de los acuíferos. La habilidad de utilizar adecuadamente los recursos naturales, junto a la aplicación de nuevas tecnologías y procedimientos, abre un panorama muy interesante a la gestión futura del agua en Baleares.

La sociedad debe jugar también un papel relevante, haciendo un consumo responsable y eficiente del agua. La disponibilidad permanente de agua es un bien que no estamos acostumbrados a apreciar, pero basta un pequeño corte en el suministro para que seamos conscientes de su valor. La recuperación de los acuíferos, la salud de nuestros humedales y la permanencia de fuentes y manantiales, depende también de nuestra actitud.

Caminando hacia el Uso Conjunto

La ausencia de ríos en las Islas Baleares ha determinado que los embalses no hayan tenido el protagonismo de otras zonas de España, provocando una dependencia casi absoluta de las aguas subterráneas, realizándose un uso excesivo de este recurso natural.

En la actualidad, las sociedades modernas tienden al **uso conjunto** de diferentes recursos hídricos, es decir, a la utilización de diferentes fuentes de agua para satisfacer una determinada demanda, y evitar así la dependencia exclusiva de una de ellas. Como fuentes de agua disponemos de las naturales: superficiales (embalses) y subterráneas; así como de aquellas que puede producir el hombre: residuales tratadas y agua desalada. El **uso conjunto** pretende jugar con todos los recursos disponibles, dando más peso a uno u otro dependiendo de la demanda, de la climatología, del volumen disponible de cada uno, y de una multitud de factores que ofrecen una serie de escenarios muy interesantes para la gestión hídrica.

Por otro lado, la Unión Europea, en el año 2000, establece un marco comunitario para la protección y gestión de las aguas, donde el recurso «agua» adquiere un gran valor medioambiental. Los objetivos previstos por la Directiva Marco de Aguas son los siguientes:

- Prevenir el deterioro, mejorar y restaurar el estado de las aguas superficiales, lograr su buen estado químico y ecológico, así como reducir la contaminación por vertidos y emisiones de sustancias peligrosas.

- Proteger, mejorar y restaurar las aguas subterráneas, prevenir su contaminación y deterioro, y garantizar un equilibrio entre su captación y renovación.

- Preservar las zonas protegidas, especialmente los humedales.

Estamos pues ante la necesidad y obligatoriedad de recuperar la buena salud de los acuíferos, y plantear nuevos proyectos encaminados al uso eficiente y racional de los diferentes recursos hídricos disponibles en Baleares.

Entre los proyectos a potenciar en un futuro inmediato, se plantean los siguientes:

- Recarga artificial de acuíferos
- Desalación de agua de mar
- Reutilización de aguas residuales
- Interconexión de las diferentes fuentes
- Campañas de ahorro

Recarga artificial

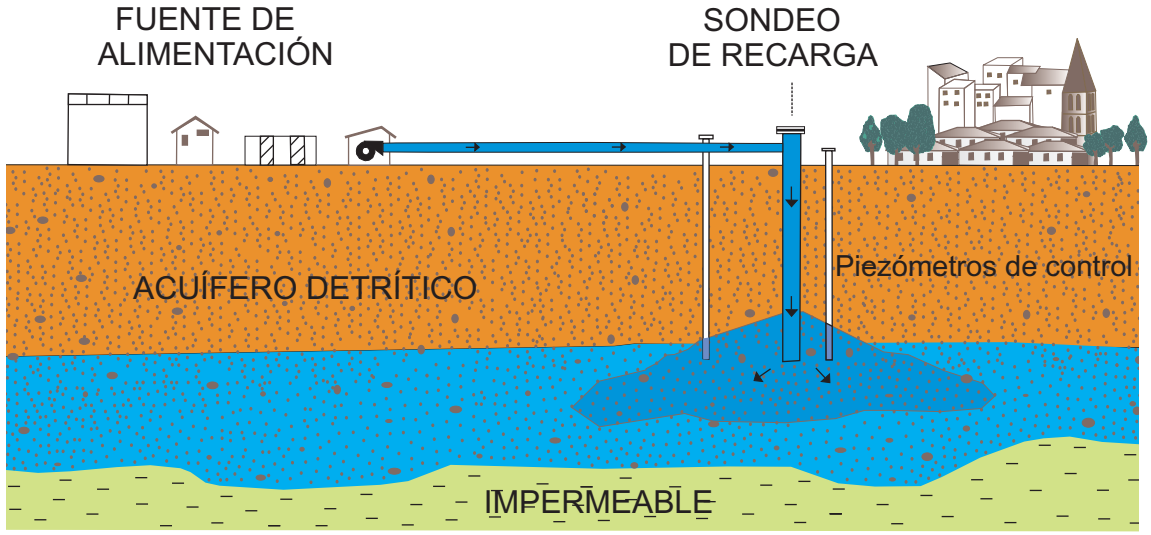
La recarga artificial de acuíferos constituye una técnica en la que tanto aguas superficiales, como recursos no convencionales, e incluso aguas procedentes de otros acuíferos, se almacenan en los embalses subterráneos para incrementar los recursos del acuífero, a la espera de ser puestos a disposición del usuario en el momento en que éste lo requiera.

La recarga artificial se puede llevar a cabo de forma superficial, mediante balsas de infiltración; o bien subterránea, mediante sondeos de inyección. En ambos casos el procedimiento es complejo, y requiere de un excelente conocimiento del acuífero receptor, así como de una calidad determinada del agua que se introduce.

La Bahía de Palma es la zona de las Islas Baleares que requiere mayor caudal de agua para su abastecimiento. La interconexión de los diferentes centros de abastecimiento: embalses, Font de la Vila, pozos de S'Estremera y de la Sierra Norte, pozos de Llubí, plantas desaladoras y el trasvase de Sa Costera, facilita que se puedan utilizar complementaria y alternativamente cada uno de ellos. El núcleo y eje central de este sistema no puede ser otro que el acuífero de S'Estremera, un verdadero embalse subterráneo desconectado con el mar. Este acuífero, con recursos renovables cifrados en torno a 8 millones de metros cúbicos, puede aumentar sus recursos mediante la recarga artificial con el excedente de otras fuentes, especialmente en épocas húmedas, y servir posteriormente de comodín para suplir el abastecimiento a la ciudad, durante épocas de sequía o escasez de otros recursos.

Desde que comenzó el trasvase de Sa Costera, en enero de 2009, gran parte del caudal se introduce en el acuífero de s´Estremera. De igual forma se ha venido haciendo, desde el año 1999, con los excedentes en los embalses de la sierra y de las otras fuentes de abastecimiento.

Las actuaciones de recarga artificial en otros acuíferos, como el de Crestatx (Sa Pobla) o Santa Eulària (Ibiza), aún deben ser estudiadas y contrastadas en profundidad.



Esquema conceptual de recarga artificial mediante pozos de inyección. El agua se inyecta en un acuífero libre, con la finalidad de ser extraída posteriormente cuando exista demanda. El acuífero actúa como un embalse subterráneo.

Cortesía de J. M. Murillo

Desalación de agua de mar

La desalinización o desalación es el proceso de eliminar la sal del agua de mar para obtener agua dulce. Las plantas desaladoras son las instalaciones industriales destinadas a tal fin y, en la actualidad, contribuyen al abastecimiento de más de 100 millones de personas en el mundo, tomando un enorme auge en nuestro país en las últimas décadas. En España, la primera planta desalinizadora se construyó en Lanzarote en 1965 y actualmente existen más de 700 en todo el país.

La primera planta desaladora de Baleares se construyó en Ibiza en el año 1994 y, desde entonces, seis nuevas plantas distribuidas en todo el territorio insular generan unos 25 millones de metros cúbicos de agua dulce al año, cubriendo ya casi el 17% de la demanda urbana.

En la actualidad se está procediendo a la construcción de cuatro nuevas plantas desaladoras, cuya finalidad es el apoyo al abastecimiento urbano de municipios con varios enclaves turísticos. En la isla de Mallorca entrarán en funcionamiento las plantas de Andratx y Bahía de Alcúdia, ambas con una producción diaria de 21.000 metros cúbicos, y con una gran demanda de agua durante la temporada turística. En Menorca, está en construcción la desaladora de Ciutadella, con una producción diaria de hasta 15.000 metros cúbicos, que dará servicio a una población de 54.000 habitantes, incluyendo los núcleos turísticos del municipio. La explotación de los pozos de abastecimiento, y la consecuente salinización de algunos de ellos, ha determinado la inminente construcción de la desaladora de Santa Eulària, en Ibiza, con una producción diaria de hasta 15.000 metros cúbicos.

Aunque en la actualidad las plantas desaladoras presentan una tecnología muy eficiente, hay algunos aspectos negativos que conviene comentar respecto a su implantación:

- El consumo energético de la planta es muy elevado y, consecuentemente, el coste final de la desalación (hasta 4 veces superior a otras fuentes de abastecimiento). No obstante, ya existen plantas experimentales que utilizan energías renovables, como la solar, que pueden solventar este problema en un futuro cercano.

- Durante el proceso de extracción de la sal del agua de mar se produce un residuo salino —salmuera— cuyo vertido posterior al mar puede causar efectos negativos en los ecosistemas marinos.

- La eficiencia de la planta es mayor cuando hay una continuidad de la producción y se genera un caudal constante. La estacionalidad de la demanda de agua en Baleares, debido a la actividad turística, no responde al modelo eficiente de la planta.

- No incentivan el ahorro de agua, ya que la población piensa que el problema de agua está resuelto y que disponemos de un recurso infinito.



Foto: R.M. Mateos

Planta desaladora de agua de mar de la Badía de Palma.

Entró en funcionamiento en 1999 y genera unos 45.000 m³ diarios de agua potable para abastecer a la capital balear y zonas turísticas del entorno.

Reutilización de aguas residuales

La reutilización de aguas residuales urbanas es una práctica muy extendida en numerosos países, de manera que hoy en día se considera un recurso hídrico alternativo de gran relevancia. La depuración previa de estas aguas, especialmente con tratamiento terciario, mejora su calidad y abre notablemente las posibilidades de su utilización.

Son numerosos los usos que pueden darse a las aguas residuales tratadas, destacando los siguientes:

- Riego agrícola
- Urbanos no potables: riego de zonas verdes (parques y jardines), lucha contra incendios, lavado de coches, riego de calles etc.
- Industrial: refrigeración, alimentación de calderas
- Regadío de campos de golf
- Otros: acuicultura, construcción, limpieza de ganado etc.

La reutilización pretende sustituir a los recursos convencionales, en aquellos sectores donde no se requiera una excelente calidad del agua, además de evitar su vertido directo a cauces o al mar, donde puede tener efectos nocivos sobre el medio ambiente.



Balsa de almacenamiento de aguas residuales para su reutilización en el regadío de unas 150 hectáreas de cultivo.

Inca (Mallorca).

Foto: R. M. Mateos

El volumen anual de aguas residuales tratadas en Baleares es de unos 98 millones de metros cúbicos, lo que se aproxima casi al 100 % de la depuración de las aguas urbanas. Casi un 50% de las aguas residuales son sometidas a un tratamiento terciario, lo que origina un efluente con la suficiente calidad para ser utilizado en los campos anteriormente mencionados. No obstante, menos del 30 % del agua residual con tratamiento terciario se utiliza para riego agrícola y otros usos minoritarios.

El tratamiento primario **de las aguas residuales se caracteriza por la separación inicial de sólidos de la corriente de aguas domésticas o industriales. El tratamiento** secundario **incluye además un tratamiento biológico, para la descomposición progresiva de la materia orgánica. Finalmente, el tratamiento** terciario **implica un proceso más avanzado de depuración que incluye, además de los tratamientos primario y secundario, técnicas como lagunaje, filtración y/o desinfección, con el objetivo de obtener un efluente de calidad.**

La isla de Mallorca fue pionera en reutilización, ya que a mediados de los años 70 comenzó el primer proyecto de reutilización de aguas depuradas urbanas para el regadío del Pla de Sant Jordi, donde en la actualidad se reutilizan unos 10 millones de metros cúbicos de agua regenerada para el regadío de unas 1.500 hectáreas de cultivo. Posteriormente, algunos proyectos de reutilización para uso agrícola se han puesto en marcha en todo el territorio insular, destacando los de Algaida, Villafranca e Inca, en Mallorca; Santa Eulària en Ibiza y Sant Lluís en Menorca, éste último para regadío de zonas ajardinadas en los núcleos turísticos.

Desde 1998, la empresa municipal que gestiona las aguas residuales de Palma (EMAYA), incorpora un tratamiento terciario a las dos plantas de depuración de las aguas urbanas de la ciudad, obteniendo un agua con la calidad suficiente para su reutilización en riego de parques y jardines, limpieza de calles, golf, jardinería privada etc., iniciando un nuevo campo de actuación para el uso de este recurso hídrico no convencional.

En 1988 Baleares promulga una ley relativa a los campos de golf, donde insta claramente a la reutilización de aguas regeneradas para su regadío, prohibiendo el uso de agua de pozo para tal fin. En la actualidad 20 campos de golf se riegan con aguas residuales, lo que supone un consumo anual de casi 5 millones de metros cúbicos.

La reutilización de aguas residuales se enfrenta a la aceptación social de este recurso ya que, en ocasiones, puede generar efectos no deseables sobre el medio ambiente, los propios cultivos, e incluso algunos aspectos relacionados con la salud pública. El reto está en conseguir un agua de buena calidad, optimizando los procesos de depuración, y sustituir progresivamente el riego agrícola con aguas subterráneas por el regadío con aguas regeneradas.

Actualmente un 16% del agua destinada a riego agrícola procede de la depuración, porcentaje que deberá incrementarse en un futuro inmediato, con la finalidad de contribuir a la recuperación del buen estado de los acuíferos del archipiélago.

Interconexiones

La incorporación de nuevos recursos no convencionales al ciclo hidrológico de las Islas Baleares, abre una ventana encaminada al **uso conjunto**. Para ello, es necesaria la interconexión de todos los centros de producción de agua, que permita garantizar, en todas las situaciones, el abastecimiento de calidad a la población.

En la isla de Mallorca, las diferentes fuentes de abastecimiento a la ciudad de Palma estarán interconectadas y permitirán el almacenamiento de excedentes en el acuífero de s´Estremera. A ello se unirá también la planta desaladora que se construye en la Bahía de Alcúdia, y todo el conjunto servirá para dar apoyo a la zona oriental de la isla, donde existe además la posibilidad de construir una nueva planta desaladora en la Marina de Llevant. El objetivo es asegurar siempre el abastecimiento de todos los núcleos de población y transportar el agua en todas las direcciones, según la demanda.

En la isla de Menorca está prevista la interconexión de los dos principales centros de abastecimiento, Ciutadella y Maó, con la posibilidad de incrementar el volumen de agua desalada con la construcción de una nueva planta en Maó.

En la isla de Ibiza ya están interconectadas las desaladoras de Ibiza y Sant Antoni y está en proyecto una nueva planta en Santa Eularía, que se conectará con las otras dos a través del depósito regulador de Sant Rafel, con el objetivo de garantizar el suministro de agua a toda la Isla.

Campañas de ahorro

Hemos perdido el sentimiento reverencial que en todas las culturas precedentes se le daba al agua, para convertirla en una simple mercancía. Concienciar a la ciudadanía sobre el uso responsable del agua es una tarea imprescindible. Las autoridades deben emprender campañas permanentes de ahorro de agua, ya que cada ciudadano puede contribuir de forma individual y, en conjunto, a una significativa reducción de la demanda.

El agua más barata y ecológica es aquella que no se consume. No es necesario ni su producción, ni su tratamiento posterior.

La sociedad debe cambiar los hábitos de despilfarro de agua. He aquí una serie de sencillos consejos que podemos aplicar en nuestro domicilio, para ahorrar hasta un 30% de este recurso:

- Tomar una ducha en lugar de un baño. El consumo de un baño equivale a 10 duchas.
- No hacer lavados a media carga. Llenar siempre la lavadora y el lavavajillas al máximo de su capacidad.
- No deje correr el agua, especialmente durante el cepillado de dientes o el afeitado.
- Repare todo los grifos. Gota a gota se pierden muchos litros de agua.
- Siembre en su jardín plantas autóctonas, de bajo consumo. Instale riego por goteo.



Es imprescindible llevar a cabo campañas de ahorro de agua. La sociedad debe volver a valorar este recurso y hacer un consumo responsable del mismo.

Gota a gota se llena un acuífero. ¡Su gota también cuenta!

Foto: J.M. López y A. Galmés

La recuperación de los acuíferos

Es evidente que el agua constituye no solo la base de la vida, sino también el motor del desarrollo económico de una región. El enorme incremento de la demanda tras el desarrollo turístico de Baleares, ha determinado que los recursos naturales disponibles sean insuficientes. Los proyectos de futuro planteados en el presente capítulo tienen como finalidad garantizar el suministro de agua de calidad para el abastecimiento a la población insular, así como suplir la demanda de las actividades agrícolas, ganaderas, industriales y de otros sectores productivos. Pero no debemos olvidar que algunos de nuestros acuíferos están seriamente afectados, fruto de la sobreexplotación a la que se han visto sometidos durante las últimas décadas. El siglo xxi debe ser el enclave temporal donde recuperemos la cantidad y calidad original de los recursos hídricos subterráneos, donde el agua reivindique su valor medioambiental y vuelva a ser la protagonista de la belleza de nuestro territorio.



Torrent des Puntarró (Menorca).



Foto: J.J Pons

El crit de l´aigua
Entre alzines i roures, entre llunes
sense rius, sense pous, sense ones altes

II Rosa Secreta de Bartomeu Rosselló

Glosario de términos hidrogeológicos

Acuífero:
Material o formación geológica permeable capaz de almacenar y transmitir agua con facilidad.

Acuífero confinado:
Es aquél cuya agua se encuentra a una presión superior a la atmosférica, sellado por una capa superior de material impermeable. Al perforar esa capa, el agua asciende, llegando incluso a salir a presión a la superficie. Se habla entonces de aguas «artesianas» o «surgentes».

Acuífero libre:
Es aquel cuya agua se encuentra en equilibrio con la presión atmosférica en toda su superficie.

Agua subterránea:
Agua que fluye bajo la superficie del terreno.

Aluviales:
Materiales detríticos no consolidados de génesis fluvial o torrencial. Por su elevada porosidad y permeabilidad presentan gran interés hidrogeológico.

Área de recarga (de un acuífero):
Superficie permeable a través de la cual se produce la infiltración que alimenta el acuífero.

Calidad (de aguas):
Conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan el agua y la hace, más o menos idónea para sus diferentes tipos de usos, incluido el ambiental.

Captación (de un acuífero):
Cualquier tipo de obra realizada con la finalidad de extraer o drenar el agua subterránea. Las más habituales son los pozos y sondeos, pero también son abundantes las galerías, zanjas, drenes, etc.

Carbonatados (afloramientos, materiales, acuíferos...):

Se refiere a la naturaleza de las rocas, constituidas esencialmente por minerales del grupo de los carbonatos (principalmente calcita y dolomita). Entre las rocas sedimentarias pertenecientes a este grupo destacan las calizas y las dolomías. Por su alta porosidad y permeabilidad, debida a procesos kársticos, este tipo de materiales presentan gran interés hidrogeológico.

Caudal:

Volumen de agua por unidad de tiempo que circula por un manantial, fuente, río, torrente, etc.

Ciclo del agua (hidrológico, hídrico):

Sucesión de estados y fases por las que pasa el agua en su movimiento desde la atmósfera a la tierra y océanos, y viceversa.

Coluvial:

Depósito de base de ladera, cuyos elementos han sufrido escaso transporte. Por su porosidad y permeabilidad, constituyen materiales de interés hidrogeológico.

Composición (del agua subterránea):

Conjunto de sustancias químicas que incorpora el agua, en gran parte adquiridas en su circulación por el interior de la tierra.

Cono de depresión (de un pozo):

Depresión en forma de cono o embudo de la superficie piezométrica, causada por el bombeo desde una o más captaciones.

Contaminación (de aguas):

Afección causada, directa o indirectamente, por el hombre, modificando las características físicas, químicas y/o biológicas del agua, hasta hacerla, parcial o totalmente, inadecuada para el uso al que estaba destinada.

Cuenca (hidrográfica, receptora, fluvial, de drenaje):

Unidad territorial caracterizada por drenar superficialmente a un mismo cauce. Es la unidad básica o elemental de gestión del agua.

Cueva:

Cavidad natural del terreno con un desarrollo básicamente horizontal. Habitualmente se forman en rocas solubles (carbonatadas y evaporíticas). Según su morfología y dimensiones se denominan «corredores», cuando son largas y estrechas; «galerías», cuando son muy altas; y «salas» cuando son muy amplias.

Detríticos (afloramientos, materiales, acuíferos...):

Se refiere a la naturaleza de las rocas, constituidas por fragmentos de diversa naturaleza y tamaño. Según este último, pueden ser arcillas, limos, arenas o gravas. Por su alta a media porosidad y permeabilidad (excepto las arcillas y limos finos) son materiales que presentan gran interés hidrogeológico.

Embalse subterráneo:

Masa de agua considerable contenida en una formación geológica permeable (acuífero). Equivale a acuífero saturado.

Escorrentía:

Fracción del agua de precipitación que escurre o fluye por la superficie del terreno.

Espeleotemas:

Depósitos, generalmente de naturaleza carbonatada, sobre las paredes de las cavidades y conductos subterráneos. Las más habituales son las «estalactitas» (enraizadas desde el techo), las «estalagmitas» (dispuestas sobre el suelo), las «columnas» (de la unión de estalactitas y estalagmitas) y los «gours» (represas semicirculares, en ocasiones formando cascadas), entre otros.

Evapotranspiración:

Fracción del agua de precipitación que se evapora directamente desde el terreno o es transpirada por los seres vivos (sobre todo la vegetación).

Falla:

Fractura del terreno con desplazamiento relativo de las partes separadas. Según el desplazamiento pueden ser: normales o distensivas, inversas o compresivas y de desgarre o transcurrentes.

Fuente:

Término sumamente frecuente que indica cierta actuación humana, bien sea para captar agua por gravedad (a través de minas, galerías, qanats o drenes), bien para adecentar el manantial con caños u obras de fábrica, o incluso para conducir el agua a zonas más accesibles.

Gradiente geotérmico:

Aumento de la temperatura de la tierra (y de las aguas subterráneas) con la profundidad (aproximadamente 1º C cada 33 m).

Hidrogeología:
Ciencia que estudia las aguas subterráneas. Se considera una rama de la geología.

Humedal:
Superficie llana que está temporal o permanentemente inundada. Generada por aportes de aguas superficiales y/o subterráneas, y en constante interrelación con la flora y fauna asociada.

Infiltración: Fracción del agua de precipitación que se introduce en el terreno a través de materiales más o menos permeables.

Intrusión marina:
Proceso por el cual el agua de mar invade un acuífero costero, al descender por bombeos el nivel piezométrico por debajo de la cota del mar.

Kárstico/a (rocas, sierras, macizos, paisajes, etc.):
Se dice de aquellas morfologías que tienen relación con la disolución de rocas relativamente solubles (carbonatadas y evaporíticas). La «karstificación» sería el proceso de fracturación y posterior disolución de esas rocas, lo que origina morfologías externas (exokarst) e internas (endokarst), muy peculiares y características del paisaje kárstico.

Manantial:
Cualquier tipo de manifestación externa de agua subterránea. Posee infinidad de sinónimos locales, como nacimiento, surgencia, rezume, fuente, «ullal» y otros muchos.

Manantial efímero:
Se dice de aquel que sólo permanece activo tras épocas de precipitación.

Manantial permanente:
Se dice de aquel que no llega a agotarse completamente a lo largo del año.

Manantial termal:
Surgencia de agua subterránea con una temperatura que sobrepasa al menos 4ºC la temperatura media anual del agua subterránea del lugar.

Nivel o cota piezométrica:

Es el nivel que alcanza el agua subterránea en la zona saturada del terreno; se mide en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). Se denomina también «nivel freático» cuando se trata de un acuífero libre.

Permeabilidad:

Facilidad de un material para permitir o no el paso del agua (u otro fluído) a través de sus poros y discontinuidades.

Piezómetro:

Sondeo de pequeño diámetro (u otro tipo de obra o captación) utilizado para medir la cota del agua subterránea. En sondeos de gran diámetro se puede realizar esta operación a través de tubos de pequeño diámetro («tubos piezométricos»).

Porosidad (eficaz):

Relación entre el volumen de huecos interconectados y el volumen total de roca o sedimento (se expresa en %). Básicamente hay dos tipos de porosidad, según la naturaleza de los huecos: la intergranular (acuíferos detríticos); y la debida a fracturación y disolución (acuíferos kársticos).

Precipitación:

Cualquier tipo de aportación de agua al suelo desde la atmósfera. Habitualmente lluvia, nieve y granizo.

Recarga artificial:

Acción planificada para introducir agua en el terreno, normalmente a partir de excedentes de superficie (ríos, torrentes, fuentes y manantiales).

Recursos (subterráneos):

Volumen de agua contenida en los distintos acuíferos. Generalmente, suele proceder de infiltración de aguas de precipitación («recursos propios»), pero también a partir de torrentes, retornos de regadío, etc.

Sima:

Cavidad natural del terreno de desarrollo eminentemente vertical, abierta al exterior.

Índice

PRESENTACIÓN DEL CONSELLER DE MEDI AMBIENT DEL GONVERN DE LES ILLES BALEARS VI

PRESENTACIÓN DEL DIRECTOR DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA VIII

PRÓLOGO DE ALFREDO BARÓN PÉRIZ X

1.-LAS ISLAS BALEARES: MEDIO FÍSICO Y HUMANO 2

Las Islas Baleares. Generalidades 7
La población 15
La economía 19
El clima 21
Temperaturas 22
Precipitaciones 23
Los vientos 26
Vegetación y usos del suelo 27
La hidrografía e hidrología superficial 30
La geología 36
El karst: características y distribución en Baleares. 43

2.-LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS 48

El ciclo hidrológico 53
Aguas subterráneas y acuíferos 56
Tipos de acuíferos en Baleares 59
Acuíferos según su naturaleza geológica 59
Acuíferos según la presión del agua que contienen 62
Composición natural de las aguas subterráneas en Baleares 66
Métodos de extracción de las aguas subterráneas 68
¿Qué es un ensayo de bombeo?. 72
Principales afecciones a las aguas subterráneas 75
Intrusión marina 75
Abonado agrícola 77
Otros tipos de contaminación de las aguas subterráneas 79
Usos del agua subterránea en Baleares 82
Situación actual 84

3.-MANANTIALES 88

¿Por qué surge un manantial?. 93
Los Qanats — manantiales forzados 96
Manantiales más emblemáticos de las Islas Baleares 98
Sa Costera o Font des Verger (Escorca, Mallorca) 99
Fonts Ufanes de Gabellí (Campanet, Mallorca) 105
Font de la Vila (Palma, Mallorca) 109
Fonts de Sóller (Sóller, Mallorca) 112
Aguas termales. La Font Santa de Sant Joan (Campos, Mallorca) 114
La Almadrava (Pollença, Mallorca) 118
Fuentes de Santa Galdana (Menorca) 121
Es Broll de Buscastell (Ibiza). 123

4.-ACUÍFEROS Y ABASTECIMIENTO URBANO 126

El abastecimiento público y las aguas subterráneas. 131
El abastecimiento a la ciudad de Palma (Ciutat) 134
Menorca: el abastecimiento a las ciudades de Maó y Ciutadella 141
Maó 142
Ciutadella. 145
El abastecimiento a la ciudad de Ibiza 147
Formentera 150

5.-EL AGUA SUBTERRÁNEA Y LA AGRICULTURA 152

Los Llanos de Ibiza. Ses Feixes 174
La ganadería 177
Formentera y el vino 182

6.-LOS PAISAJES DEL AGUA: EL KARST 186

El viaje del agua 191
Morfologías de superficie: el exokarst 194
Morfologías subterráneas —endokarst 202

7.-LOS HUMEDALES Y LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS 208

Los humedales y las aguas subterráneas 213
La albufera de Mallorca 217
Son Bou de Menorca 222
El torrent de Canyamel 226
Ses Feixes de Ibiza 230

8.-PERSPECTIVAS FUTURAS DEL AGUA EN BALEARES 234

Caminando hacia el Uso Conjunto 239
Recarga artificial 241
Desalación de agua de mar 243
Reutilización de aguas residuales 246
Interconexiones 250
Campañas de ahorro 251
La recuperación de los acuíferos 253

GLOSARIO DE TÉRMINOS HIDROGEOLÓGICOS 257

Les aigües subterrànies pertanyen al domini del subsòl i es mantenen ocultes de la nostra mirada. Per això, des de sempre han estat objecte de la imaginació popular, donant lloc a mites i a llegendes que gairebé mai no tenen cap fonament científic. Però la natura és generosa i, de vegades, ens deixa guaitar al seu interior. Les fonts i els ullals constitueixen la sortida a la superfície de les aigües que circulen pels aqüífers i ens permeten de contemplar la meravella natural de la seva surgència.

En aquest llibre volem realitzar, amb el lector, el camí de l'aigua. Una aventura que comença quan una gota de pluja s'infiltra en el terreny i viatja per diversos paisatges. Hi revelarem alguns dels secrets de la Terra, com ara el desplaçament de l'aigua a través dels aqüífers, per què brolla una font, en quines condicions s'origina un aiguamoll, com l'aigua pot dissoldre una roca, modelar-la i formar al seu interior espectaculars cavitats, etc.

Aquest llibre pretén ser divulgatiu i didàctic, i alhora està escrit amb rigor científic. Gaudireu de la seva lectura gràcies a un text senzill, acompanyat de nombroses figures i de fotografies. Hi trobareu la resposta a algunes qüestions i potser romprà amb algunes idees preconcebudes. Sens dubte, us ajudarà a ampliar el vostre coneixement sobre el món de l'aigua a les nostres illes.

Groundwater belongs to the realm of the world below us, something hidden from our eyes. Because of this, it has always been an object of popular imagination, giving rise to myths and legends which, in most cases, have no scientific basis whatsoever. But Mother Nature is generous and sometimes lets us share her innermost secrets; to witness a natural spring rising from the earth is a truly wonderful experience.

In this book we will take the reader on a journey, one which starts with a drop of rain soaking into the ground and continues as a voyage through mysterious underground scenery. We shall reveal some of the Earth's marvels, how groundwater moves from one place to another, why a spring happens, how a wetland comes about, how water dissolves rocks, shaping the land and digging out spectacular caves.

The reader will enjoy this book thanks to its clear text, diagrams and photographs. It will sweep away some preconceived ideas and will undoubtedly enlarge your knowledge of Nature in our islands.

Grundwasser ist ein Bestandteil der Unterwelt und somit vor unserem Blicken verborgen. Gerade weil dem so ist, haben die Gewässer aus den Tiefen der Erde von je her die Vorstellungskraft der Menschen angeregt und Mythen und Legenden kreiert, die häufig jeder wissenschaftlichen Grundlage entbehren. Aber Mutter Natur ist großzügig und gewährt uns manchmal Einlicke in ihre innersten Geheimnisse. Die Quellen, die an die Oberfläche strömen, lassen uns den wundervollen Moment der Geburt des Wassers miterleben.

Das vorliegende Buch nimmt den Leser mit auf eine Reise: Sie beginnt mit einem Regentropfen, der in der Erde versickert. Was folgt, ist eine Wanderung durch die bizarre Welt unterirdischer Landschaften. Wir werden das Geheimnis der Unterwelt lüften: Wie das Grundwasser durch Erdschichten dringt, warum es als Quelle an die Oberfläche tritt, wie sich Feuchtgebiete bilden oder wie der stete Tropfen den Stein höhlt, Felsen gestaltet und unterirdische Grotten ausbildet.

Leser werden an der klaren Sprache, den leicht verständlichen Zeichnungen und den eindrucksvollen Fotos ihre Freude haben. Das Buch räumt mit falschen Vorstellungen von der Unterwelt auf. Aber es wird die Kenntnisse über die Natur unserer Inseln ungemein bereichern.

MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN
Instituto Geológico y Minero de España

GOVERN DE LES ILLES BALEARS
Conselleria de Medi Ambient