

RESEARCH ARTICLE

## Identification of ancient coastal upwellings of the El Maestrazgo aquifer affected by anthropogenic actions

### *Identificación de antiguas surgencias costeras del acuífero de El Maestrazgo afectadas por actuaciones antrópicas*

 Jose Antonio Domínguez Sánchez<sup>1</sup>,  Miguel Mejías Moreno<sup>2</sup>,  Silvia Rosado Piqueras<sup>2</sup>,  
 Bruno José Ballesteros Navarro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Geológico y Minero de España – CSIC, Unidad de Valencia, 46004 Valencia, España

<sup>2</sup>Instituto Geológico y Minero de España – CSIC, Madrid, 28003, España

Corresponding author: ja.dominguez@igme.es (Jose Antonio Domínguez Sánchez)

#### Key points:

Ancient springs.

Anthropic modifications in the area of Las Fuentes de Alcocebre.

Hydrogeological repercussions.

#### ABSTRACT

El Maestrazgo is a karstic aquifer of more than 2,400 km<sup>2</sup> that occupies the northern half of the province of Castellón. Its main unloading points are located along the coastline between the towns of Alcocebre and Peñíscola, where the Sierra de Irta Natural Park is also located. This protected environment has suffered few anthropic modifications, however, outside its limits the actions have been notable as a result of urban development. This article analyzes the works that have been carried out in the area known as Las Fuentes de Alcocebre since the last third of the 20th century and that have significantly altered the hydrogeology of the area, modifying the position or making historical springs of fuente del Niño, fuente de Damián y “sèquia de les Fonts” disappear and/or changing the underground hydrodynamics. The objective is the identification of the most important original upwelling points, their correspondence with currently existing springs and, by sampling these, their hydrochemical characterization.

**Keywords:** Anthropic actions; Coastal aquifers; Hydrodynamics; Maestrazgo; Spring

#### Article History:

Received: 11/08/2023

Accepted: 21/03/2024

Published: 17/02/2025

#### RESUMEN

#### Puntos clave:

Antiguos manantiales.

Modificaciones antrópicas en la zona de Las Fuentes de Alcocebre.

Repercusiones hidrogeológicas.

El Maestrazgo es un acuífero kárstico de más de 2400 km<sup>2</sup> que ocupa la mitad septentrional de la provincia de Castellón. Sus principales puntos de descarga se sitúan a lo largo del frente costero entre las localidades de Alcocebre y Peñíscola, donde se ubica también el Parque Natural de la Sierra de Irta. Este entorno protegido ha sufrido pocas modificaciones antrópicas, sin embargo, fuera de sus límites las actuaciones han sido notables a consecuencia del desarrollo urbanístico. En el presente artículo se analizan las obras que desde el último tercio del siglo XX se han venido realizando en el paraje conocido como Las Fuentes de Alcocebre y que han alterado significativamente la hidrogeología de la zona, modificando la posición o haciendo desaparecer los manantiales históricos de fuente del Niño, fuente de Damián y “sèquia de les Fonts” y/o cambiando la hidrodinámica subterránea. El objetivo es la identificación de los puntos de surgencia originales más importantes, su correspondencia con manantiales existentes en la actualidad y, mediante el muestreo de estos, su caracterización hidroquímica.

**Palabras clave:** Actuaciones antrópicas; Acuíferos costeros; Hidrodinámica; Maestrazgo; Manantial

#### Historial del artículo:

Recibido: 10/03/2023

Aceptado: 23/01/2024

Publicado: 17/02/2025

**Citation / Cómo citar este artículo:** Domínguez Sánchez, J. A., Mejías Moreno, M., & Ballesteros Navarro, B. J. (2024). Identification of ancient coastal upwellings of the El Maestrazgo aquifer affected by anthropogenic actions. *Boletín Geológico y Minero*, 135(2), 001. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin/135.2/001>

## 1. Introducción y objetivos

Aunque los casos de afección a manantiales por actuaciones antrópicas en relación a su calidad y cantidad son innumerables y es prolija la documentación técnica que los analiza, los estudios centrados en la afección en el sentido de desaparición y/o reubicación de estos es mucho menos extensa. En algunos casos, se conoce e investiga esta afección por la notable embergadura de la infraestructura causante de la misma y/o por la importancia en cuanto a volumen de recursos o características específicas del manantial o manantiales desaparecidos o alterados. En este sentido, un ejemplo son las surgencias que quedan inaccesibles por la construcción de embalses, como el manantial de Guadalentín o Valentín (Manantiales y Fuentes de Andalucía, 2006), considerado por los antiguos como el nacimiento del río Tartesos (actual Guadalquivir) y que hoy en día queda cubierto por las aguas del embalse de La Bolera en Pozo Alcón (Jaén). Hay que destacar también las afecciones por grandes construcciones aeroportuarias como las modificaciones que, por ejemplo, ha ocasionado sobre la zona húmeda y surgencias del Prat de Llobregat la construcción del aeropuerto de la ciudad de Barcelona. Otras modificaciones sobre la hidrodinámica local y regional vienen ocasionadas por grandes explotaciones mineras, tales como las producidas por las minas de Alquife en Granada. Esta explotación a cielo abierto requirió rebajar decenas de metros el nivel freático para su explotación, estando en la actualidad totalmente anegada por el cese de la actividad (de la Orden *et al.*, 2001). También las infraestructuras lineales modifican en muchas ocasiones de forma notable la hidrodinámica de acuíferos, alterando o haciendo desaparecer manantiales. Un caso especialmente representativo es el de la variante del túnel ferroviario del puerto de Pajares, en la cordillera Cantábrica, que ha alterado la hidrodinámica natural de los acuíferos derivando a la vertiente asturiana (cuenca hidrográfica del Cántabrico) en torno a 10 hm<sup>3</sup>/año de recursos hídricos que drenaban originalmente hacia la cuenca hidrográfica del Duero (ILEON, 2023).

Finalmente, los grandes desarrollos urbanísticos o agrícolas también han sido causantes de la modificación o desaparición de manantiales históricos. No obstante, en general, los estudios se abordan desde el punto de vista de las alte-

raciones geográficas del entorno y/o de la evolución del patrimonio histórico en infraestructuras hidráulicas (acequias, molinos, balsas, fuentes públicas, lavaderos...), sin entrar a valorar las repercusiones hidrogeológicas de los cambios acaecidos. Un ejemplo es el estudio de los manantiales históricos de “La Horta” en Cieza (Murcia) (Martínez Lucas & López Moreno, 2017).

Pese a estos ejemplos, las más de las veces, las afecciones se producen de forma local, sobre manantiales de escasa relevancia, por lo que las referencias, de existir, son meras indicaciones o reseñas en escritos no científicos o simplemente, se conoce la presencia previa de estas surgencias por su impresión en cartografías, gravados, pinturas o fotografías antiguas o por indicaciones de lugareños, normalmente de avanzada edad.

Uno de estos casos es el que se analiza en el presente artículo, en concreto la desaparición y/o modificación sustancial de los puntos de surgencia de los manantiales conocidos como “sèquia de les Fonts”, el Niño y Damián en el entorno de la playa de Las Fuentes de Alcocebre por el desarrollo urbanístico iniciado en la década de los sesenta del s. XX. Hasta ese momento la costa castellonense entre las localidades de Alcocebre y Peñíscola se encontraba en un estado prácticamente natural. Es aquí, a lo largo de este frente costero, donde se producen las principales descargas del acuífero carbonatado de El Maestrazgo (Figura 1). Las pocas infraestructuras antrópicas que podían afectar a la hidrología e hidrogeología de la zona eran algunos canales de drenaje y pequeños acondicionamientos de manantiales, pero con la proliferación de construcciones turísticas y otras infraestructuras asociadas, se modifica irreversiblemente el entorno ocasionando la desaparición de estas fuentes.

Una parte novedosa del presente estudio radica en que el desarrollo del mismo se puede calificar como investigación arqueológica, ya que no sigue los cauces habituales de recopilación y revisión de la información científica previa, puesto que esta, en relación a la hidrogeología de los manantiales objeto de estudio, no existe. Se trata de una recopilación, revisión y correlación de fuentes documentales de naturaleza diversa (textos, mapas y fotografías históricas, fotografías aéreas de distintas épocas, artículos, libros y textos variados o testimonios orales). Ello se debe a que se pretende determinar la ubicación



Figura 1. Situación del área de estudio (Modificado de Domínguez *et al.*, 2022b).

Figure 1. Situation of the study área (Modified from Domínguez *et al.*, 2022b).

original de unos manantiales de los que se tiene constancia de su existencia en el pasado, pero que actualmente están desaparecidos o han modificado sus puntos de descarga. Para ello se realiza una reconstrucción histórica de las modificaciones antrópicas de este entorno a lo largo de las últimas décadas.

Finalmente, la posibilidad, una vez ubicadas las antiguas surgencias, de establecer una correspondencia o vinculación hidrogeológica de las mismas con puntos de descarga actuales permite muestrear estos y definir, por asun-

ción, las características químicas de los antiguos manantiales. Estos resultados, por novedosos, aportan gran valor a la investigación.

## 2. Marco hidrogeológico general e hidrodinámica de las actuales surgencias de playa de Las Fuentes

El acuífero carbonatado de El Maestrazgo se extiende por los dos tercios septentrionales de la provincia de Castellón (España). El acuífero principal, de entre 1.100 y 1.500 m de potencia, lo

constituyen las calizas y dolomías del Lías-Dogger y dolomías del Kimmeridgiense superior-Portlandiense y Valanginiense (Mejías *et al.*, 2007). Otros tramos permeables, independientes del anterior, son los constituidos por los niveles de calizas del Aptiense y las calizas del Cenomaniense-Senoniense, que generan acuíferos de menor entidad, de naturaleza detrítica o carbonatada, caracterizados por ocupar una extensión restringida y/o por albergar niveles elevados y colgados sobre la superficie piezométrica regional. La base impermeable del acuífero la conforman las arcillas y margas con yesos de la facies Keuper del Trías.

Hidrodinámicamente, se trata de un sistema kárstico que se recarga casi en exclusiva por infiltración del agua de lluvia. No existen manantiales importantes en el interior del acuífero y las descargas naturales se concentran en la costa, esencialmente en el entorno de la sierra de Irta, en forma de surgencias permanentes, esporádicas y difusas (ITGE 1977, 1981; COPUT, 1990, 1992; Serrano *et al.*, 1995; Antón-Pacheco *et al.*, 2007; García-Orellana *et al.*, 2006; García-Solsona *et al.*, 2007, 2010a, 2010b). También se producen transferencias subterráneas a las planas costeras de Oropesa-Torreblanca y Vinaroz-Peñíscola.

La circulación del agua subterránea se establece a partir de tres ejes básicos (norte, central y meridional) que parten desde el vértice noroccidental del acuífero, con cotas piezométricas en torno a los 600 m s.n.m., y se dirigen hacia la costa en sentido E o ESE con un gradiente hidráulico bajo (1-2 ‰).

De estos tres flujos principales, el que se produce por el margen sur del acuífero es el que da lugar a las surgencias objeto de estudio. Este flujo circula de NW a SE desde el área de Villosres-rambla de Celumbres hasta las proximidades de Cuevas de Vinromá y, finalmente, hacia Alcocebre (Playa de Las Fuentes) y hacia el acuífero de la Plana de Oropesa-Torreblanca (Domínguez & Ballesteros, 2012).

Los numerosos manantiales costeros presentan características químicas diferentes, desde aguas dulces a otras con elevados contenidos salinos y se comportan de forma distinta como respuesta a eventos o periodos de lluvias intensas donde es significativo y rápido el aumento de caudal y de turbidez (Domínguez *et al.*, 2022a). Estas diferencias se deben a que los flujos que llegan a los distintos puntos de descarga desde áreas interiores del acuífero lo hacen a través de canales de circulación preferencial. Es decir, las aguas subterráneas utilizan para desplazarse,

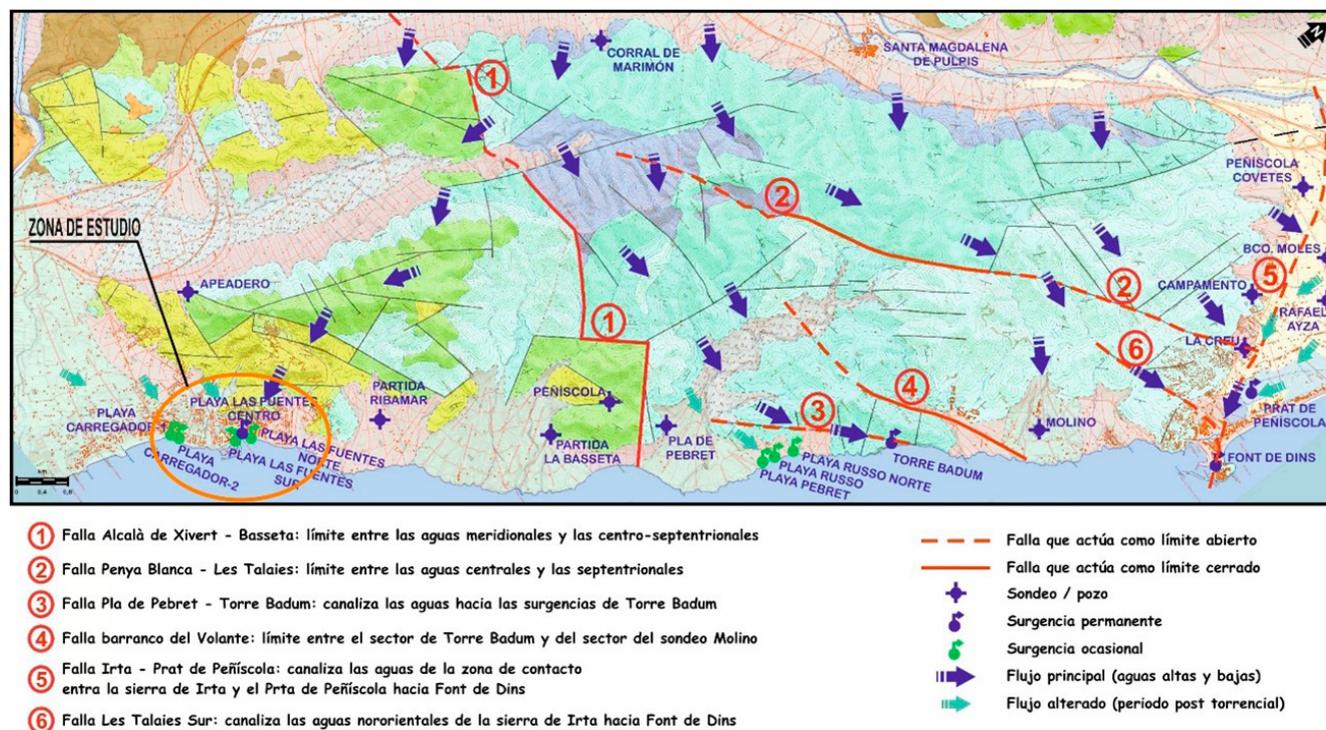


Figura 2. Hidrodinámica de la sierra de Irta (Modificado de Domínguez *et al.*, 2022b).

Figure 2. Hydrodynamics of the Irta mountain range (Modified from Domínguez *et al.*, 2022b).

en especial en el entorno de la sierra de Irta (Figura 2), las fracturas o complejos de fracturas más desarrollados (fallas de Peña Blanca-Les Talaies, Irta-Prat de Peñíscola y Les Talaies Sur), en donde, según su grado de independencia, se produce una mayor o menor mezcla con otras aguas continentales o con aguas de intrusión marina (Domínguez & Ballesteros, 2012; Mejías *et al.*, 2012; Domínguez *et al.*, 2022b).

### 3. Metodología

Como se ha avanzado en la “Introducción”, la metodología planteada se fundamenta en varias etapas.

En la fase inicial se realiza una recopilación y análisis de información que define el contexto geográfico de la zona previo a 1966 y la posible ubicación original de los manantiales de “sèquia de les Fonts”, el Niño y Damián (fotografías

aéreas, fotografías antiguas, cartografías antiguas, referencias escritas y orales, etc).

En primer lugar se han analizado fotografías aéreas de la zona de diferentes fuentes (Fototeca Digital (cnig.es); Visor de ortofotos aéreas de España en distintos años / GeaMap.com: visualiza mapas online; Comparador PNOA Histórico | IGN-CNIG de los vuelos realizados por el Army Map Service de EEUU de la Serie A (1945-1946) y Serie B (1956-1957) (Tabla 1) y se han contrastado las siguientes cartografías:

- “Mapa de Reyno de Valencia” de 1849 incluido en el Atlas Nacional de España.
- Minutas del Mapa Topográfico Nacional MTN50 (1915-1960)
- Primera edición del Mapa Topográfico Nacional MTN50

También se han recopilado las escasas referencias escritas relacionadas con las surgencias de esta zona. Las más antiguas pertenecen al

FOTOGRAFÍAS AÉREAS		
VUELO	FASE 1 ESTADO ANTERIOR A 1966	FASE 2 (1966 - 2023)
<b>Americano Serie A (1945-1946)</b>	Fichero: H0594_168_003 / Fecha:28/09/1945 Fichero: H0594_293_015 / Fecha:04/10/1946	
<b>Americano Serie B (1956-1957)</b>	Fichero: PNOA-H_AMS_1956-57_33k_ES_comp_PAN_21mic_etr89_UMT-hu31_H50_0594_fot_42418 / Fecha:21/05/1957 Fichero: PNOA-H_AMS_1956-57_33k_ES_comp_PAN_21mic_etr89_UMT-hu31_H50_0594_fot_44591 / Fecha:05/06/1957	Fichero: PNOA-H_AMS_1956-57_33k_ES_comp_PAN_21mic_etr89_UMT-hu31_H50_0594_fot_42418 / Fecha:21/05/1957
<b>Americano Serie C (1967-1968)</b>		Fichero: H0594_08_00692 / Fecha:17/07/1967
<b>Vuelo 7718 Interministerial (1973-1986)</b>		Fichero: A-0004_0594_00D_0008 / Fecha: febrero de 1977
<b>8430 Nacional (1980-1986)</b>		Fichero: 0594K005 / Fecha: junio de 1985 Fichero: 0594L0010 / Fecha: junio de 1985
<b>PNOA 2005</b>		Fichero: h50_0594_fot_036-0044 / Fecha: 21/08/2005
<b>PNOA 2021 CV</b>		Fichero: h50_0594_fot_0025-101 / Fecha: 22/07/2021

**Tabla 1.** Fotografías aéreas históricas y actuales de la zona de estudio.

**Table 1.** Historical and current aerial photographs of the study area.

botánico Antonio José de Cavanilles (Cavanilles, 1991) y las más contemporáneas a los escritores Francisco Fuertes Antonio (Fuertes Antonio, 2003) y Juan Francisco Giner Moya (Giner Moya, 2007). También aparece alguna mención en las publicaciones de la “Associació d’Amics de Mainhardt” (amicdemainhardt.eu) o en la página web de INVAT-TUR del Instituto Valenciano de Tecnologías Turísticas (La fuente del Niño, Alcosa sobre – Descubre Alcossebre (wordpress.com)).

Se han valorado, además, diversos datos de interés relacionados con las costumbres y la vida en Alcocebre en el siglo pasado y con su desarrollo urbanístico. Los mismos se han obtenido, en gran parte, de artículos y escritos de la biblioteca de Alcalà de Xivert (Barceló Cordón, 2003; Bosch, 2003; Dempere Roda, 1993; Esteller, 2009; Sanz i Sancho, 1991, 2001, 2012).

Se ha podido contar, también, con fotografías antiguas recopiladas por D. José Miguel Martorell Roig; con varias fotografías de la colección de José Royo Gómez incluidas dentro del Archivo MNCN-CSIC y con imágenes ya publicadas en otros medios.

En una fase posterior se realiza el seguimiento histórico de las actuaciones antrópicas ejecutadas en la zona desde mediados del siglo XX (Decreto 4297/1964, de 23 de diciembre; Decreto 3894/1965, de 23 de diciembre; Galiana-Martín & Barrado-Timón, 2006) con objeto de describir las modificaciones acaecidas en la costa y determinar la posición actual que ocuparían los manantiales estudiados.

Para ello se comparan cartografías antiguas y actuales y fotografías aéreas de la zona de los siguientes vuelos (Tabla 1):

- Americano Serie B (1956-57)
- Americano Serie C (1967-1968)
- Vuelo 7718 Interministerial. Realizado por encargo de los Ministerios de Agricultura, Defensa, Hacienda y del Instituto Geográfico y Catastral (actual Instituto Geográfico Nacional). Fechas de vuelo de 1973 a 1986.
- Vuelo 8430 Nacional. Realizado por encargo del Instituto Geográfico y Catastral (actual Instituto Geográfico Nacional). Fechas de vuelo de 1980 a 1986.
- Vuelo PNOA\_2005\_CVAL\_CAS. Vuelo fotogramétrico del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) del año 2005.
- Vuelo PNOA\_2021\_CV. Vuelo fotogramétrico del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) del año 2021.

Finalmente, una vez identificada la posición original de las surgencias, se realiza un análisis comparativo que pretende correlacionarlas con puntos de descarga de aguas subterráneas actuales y se valora si dichos puntos se corresponden hidrogeológicamente con el fin de tomar muestras y asumir que los resultados analíticos obtenidos caracterizan las aguas de los antiguos manantiales. Para ello, se han utilizado los resultados de identificación de surgencias costeras del acuífero de El Maestrazgo obtenidos mediante técnicas de teledetección aeroportada en el infrarrojo térmico (Antón-Pacheco *et al.*, 2007). Esta metodología se basa en el registro de imágenes en la región del infrarrojo térmico del espectro electromagnético con objeto de identificar las anomalías térmicas relacionadas con las descargas de agua subterránea. El sistema se calibra mediante medidas directas tomadas en superficie. Con esta técnica se pretende comprobar el contraste térmico entre las aguas del mar y las de las surgencias. En nuestro caso, se emplean las imágenes en las que se identifican los puntos de descarga del entorno de la Playa de Las Fuentes, obtenidas con un vuelo diurno efectuado el día 21 de junio de 2006 entre las 14:45 y 16:00 hora local y un vuelo nocturno realizado entre las 22:45 del mismo día y las 00:50 horas del día 22 de junio de 2006.

Durante la época estival es cuando se produce el mayor contraste térmico entre las aguas de las surgencias, que manan a una temperatura prácticamente constante a lo largo del año ( $\approx 18^\circ\text{C}$ ) y las de la superficie del mar, mucho más calientes. En los vuelos realizados, las temperaturas máximas y mínimas de los cuerpos negros de referencia se definieron a  $30^\circ\text{C}$  y  $15^\circ\text{C}$ , respectivamente, para el vuelo nocturno, y a  $45^\circ\text{C}$  y  $15^\circ\text{C}$  para el diurno (Antón-Pacheco *et al.*, 2007).

Esta labor ha permitido un reconocimiento hidrogeológico in situ de los puntos de descarga mucho más focalizado.

## 4. Resultados y discusión

### 4.1. Ubicación original de los manantiales de les Fonts, Damián y el Niño

Las cartografías antiguas, así como los vuelos ortofotogramétricos Americanos de la Serie A y B muestran la zona de Las Fuentes como un entorno con escasas construcciones e infraes-



**Figura 3.** Análisis mediante fotografía aérea (Vuelo Americano Serie B de 1957) y cartografía (MinutasMTN50 (1915-1960) del medio físico en el entorno de Alcocebre (Castellón) previo 1966.

**Figure 3.** Analysis by aerial photography (American Flight Series B of 1957) and cartography (MinutasMTN50 (1915-1960) of the physical environment in the area of Alcocebre (Castellón) prior to 1966.

estructuras antrópicas, dedicado en exclusiva al cultivo de secano a partir de pequeñas fincas en las zonas llanas próximas a la costa y bancales estrechos en las abruptas laderas (Figura 3).

En esta época la afección a la hidrodinámica local de los manantiales y puntos de descarga del acuífero de El Maestrazgo es prácticamente nula ya que apenas existen pozos o alguna zanja de drenaje para evacuar el exceso de agua en los campos y poder cultivar la tierra.

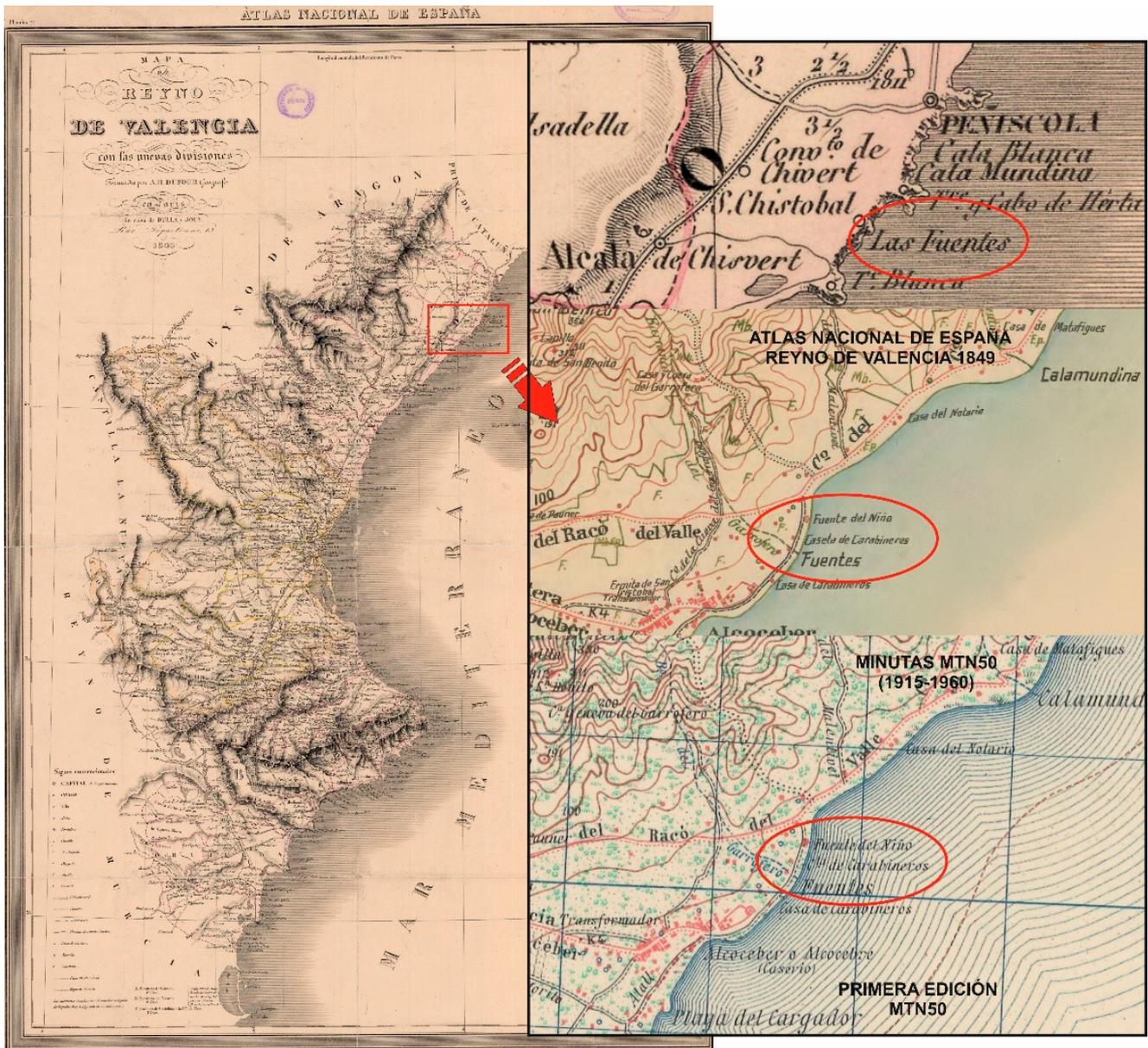
La existencia de surgencias costeras se conoce tanto por la topnimia de cartografías históricas, por el análisis de otro tipo de documentos (fotografías o escritos) como por el testimonio oral de personas de la zona.

En el Mapa de Reyno de Valencia de 1849, en las Minutas del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 (Minutas MTN50 (1915-1960) o en la primera edición del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 (MTN50 Prieda Edi-

ción) ya se incluyen los topónimos “Las Fuentes” y “Fuente del Niño” (Figura 4).

Entre las pocas referencias escritas de surgencias o manantiales, las primeras se deben al erudito D. Antonio José Cavanilles y Palop que sobre el paraje de Alcocebre escribió: “*Muy pronto se descubre el mar y las raíces del monte Hirta batidas por las olas, donde salen varias fuentecillas de agua dulce por entre arenas, bañadas poco antes por las saladas; son mas copiosos los manantiales hácia el norte sin utilidad alguna, pues nacen para entrar en el mar después de haber humedecido dos ó tres varas de terreno. Dentro del mismo mar y como á 30 pies de la orilla hay un abundante ojo de agua dulce que allí llaman ulla.*” (Cavanilles, 1991).

Otro autor, Francisco Fuertes Antonio, educador valenciano, escribió entre 1941 y 1945 su obra: “*Pensamientos y Versos*” (Fuertes Antonio, 2003) en donde indica, en relación a la fuente del



**Figura 4.** Cartografías antiguas en las que se incluyen referencias a los manantiales en la zona de estudio.

**Figure 4.** Old cartographies that include references to springs in the study area.

Niño, lo siguiente: “Hace un año, Jose Calduch y yo reposábamos sobre unas rocas abruptas en donde el mar furioso deshace la furia de sus olas en espumoso encaje.

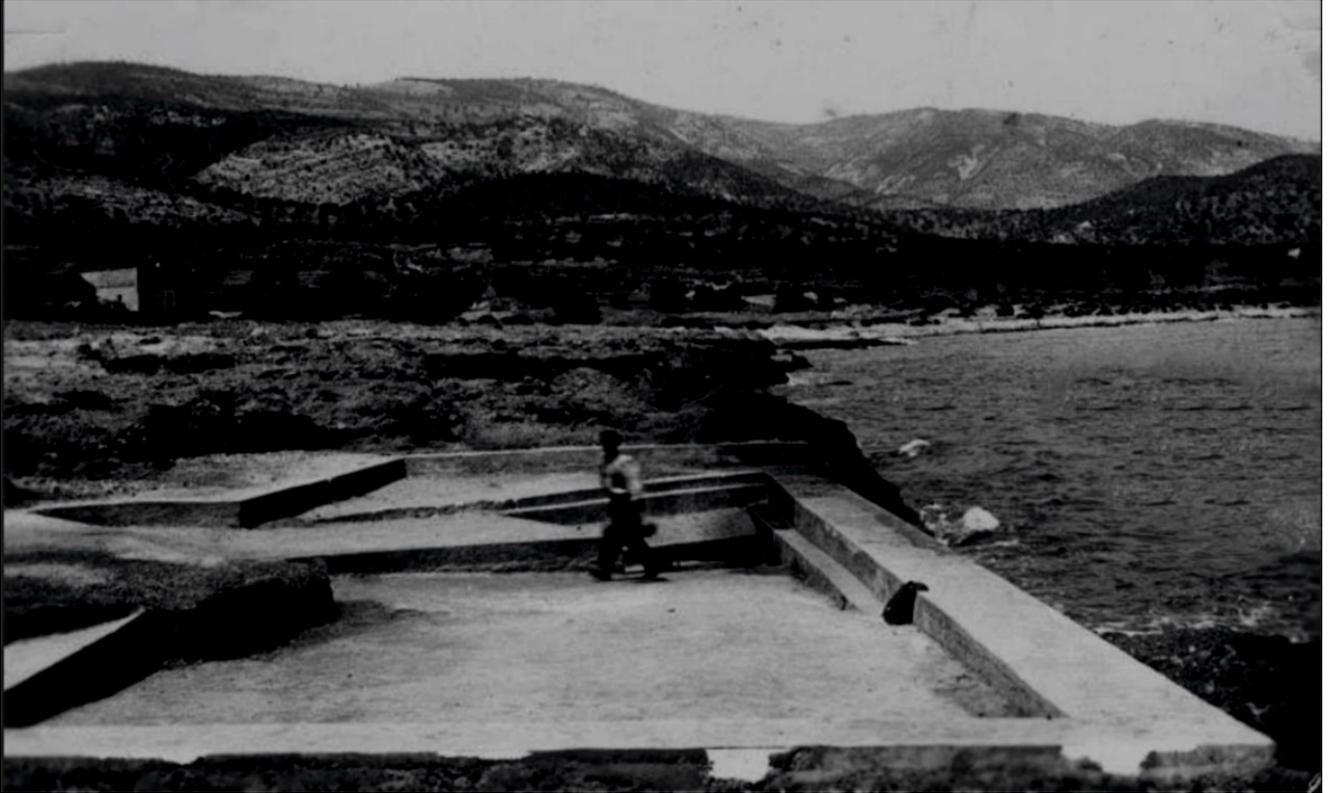
El amigo Calduch me invitó a beber del agua reposada en la oquedad de la roca. – beba usted, es dulce.

- ¿Lo sabía usted? ¿Quién ha descubierto esta maravilla?

Y me explicó: - Juguetando un niño por estos admirables contornos descubrió esta delicia de agua.

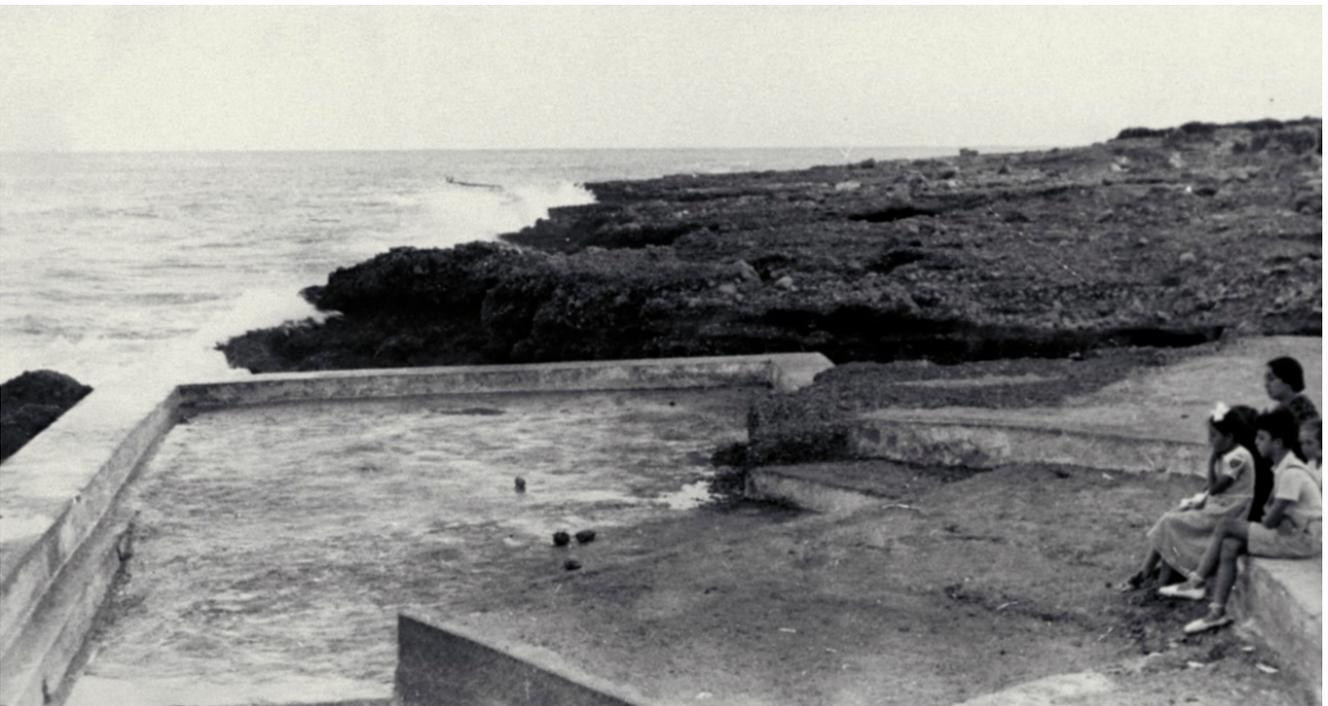
- Pues bien, amigo Calduch, llamémos desde ahora a esta fuente del “Niño”.

“La fuente del Niño” es una realidad y una atracción que ha de llevar a las deliciosas playas de Alcocebre a muchos turistas anhelosos de cosas bellas. El ayuntamiento ha sabido interpretar las ansias de los chivertenses y han construido un muro de contención y unos caprichosos rellanos (fotografías 1 y 2) que más tarde han de convertirse en parterres deliciosos. Y a dos metros del mar, tres chorros de agua cristalina cantan reidores...” (fotografías 3 y 4).



**Fotografía 1.** Acondicionamiento de la fuente del Niño (en Fuertes Antonio, 2003).

**Photograph 1.** Conditioning of the source of El Niño (in Fuertes Antonio, 2003).



**Fotografía 2.** La fuente del Niño en día de oleaje (de José Royo Gómez - agosto de 1935) (ACN001-002-02698, Archivo MNCN-CSIC).

**Photograph 2.** The Niño fountain on a day of waves (by José Royo Gómez - August 1935) (ACN001-002-02698, Archive MNCN-CSIC).



**Fotografía 3.** Arreglando los caños de la fuente del Niño (de Vicente Vinuesa, cedida por la familia Herrera-Calduch Betoret, en Associació d'Amics de Mainhardt. 2007).

**Photograph 3.** Fixing the pipes of the Niño fountain (by Vicente Vinuesa, on loan from the Herrera-Calduch Betoret family, in Associació d'Amics de Mainhardt. 2007).



**Fotografía 4.** Llenando garrafas en la fuente del Niño (1930-1935) (en Associació d'Amics de Mainhardt. 1998).

**Photograph 4.** Filling bottles at the Niño fountain (1930-1935) (in Associació d'Amics de Mainhardt. 1998).

En la página web de INVAT·TUR del Instituto Valenciano de Tecnologías Turísticas se incluye un artículo titulado “La fuente del Niño, Alcossebre”, de fecha 3 de junio de 2014, en el que se hace mención al autor anterior y se indica

textualmente: “Antiguamente teníamos 3 fuentes visibles: la de Damián, que se encontraba a escasos metros del cuartel de la guardia civil, la del Niño, que quedó oculta bajo el puerto deportivo tras la construcción de éste y la de la playa de las Fuentes que actualmente es la única que podemos disfrutar” .

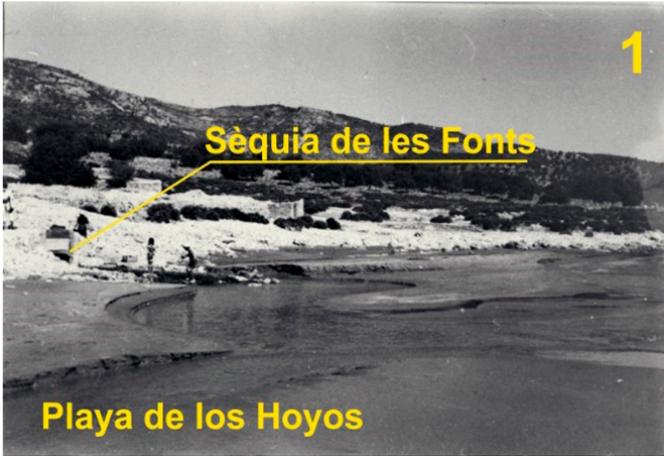
Otra referencia escrita de estas surgencias aparece en “Alcossebre-Capicorb. Temps de record (2007)”, en donde se comenta: “De todos es bien conocida la existencia de un gran número de fuentes y “ullales” a lo largo de la vertiente de la sierra de Irlta. Se trata de pequeñas surgencias de agua dulce las cuales, casi siempre, vierten directamente al mar.

Se pueden encontrar a lo largo de todo el litoral. Hay en el roquedo de Mar, en la Altina, en la misma playa del Carregador, aunque las más conocidas y las que siempre han tenido mayor caudal son las de la misma playa de las Fuentes. Aun así, había dos fuentes, hoy desaparecidas, que desde siempre han sido las más emblemáticas. Por una parte, estaba la fuente-cilla de Damián, que se encontraba un centenar de metros antes de llegar a la casa cuartel de la guardia civil, y después teníamos la fuente del Niño, que quedó enterrada bajo los locales comerciales cuando se construyó el puerto deportivo de Alcocebre.” (Associació d'Amics de Mainhardt. 2007).

Otras anotaciones relacionadas con estos manantiales se dan en diferentes escritos (Sanz i Sancho 2001; Barceló Cordón, 2003; Bosch, 2003).

La transmisión oral, a su vez, constituye otra vía de información a tener en cuenta que permite confirmar la presencia de los manantiales y los pequeños drenes y zanjas de desagüe de los campos, así como su ubicación. En este sentido, D. Vicente Marín Herrera, vecino octogenario de Alcocebre, recuerda la situación de las fuentes objeto de estudio y la fisonomía de la costa con anterioridad al desarrollo urbanístico del último tercio del pasado siglo.

Con todas estas referencias se constata que de norte a sur se situaba, en primer lugar, el manantial de Las Fuentes, en plena línea de costa, en una semiplaya de cantos con poca arena, conocida como la playa de los Hoyos por los agujeros que los diferentes manantiales originaban en la zona (Fotografía 5). La principal surgencia, encauzada mediante una acequia, cono-



**Fotografías 5 a 7.** Playa de los Hoyos y sèquia de les Fonts (de José Royo Gómez – verano de 1933) (1.- ACN001-002-02504, Archivo MNCN-CSIC; 2.- ACN001-002-02714, Archivo MNCN-CSIC; 3.- ACN001-002-02506, Archivo MNCN-CSIC).

**Photographs 5 to 7.** Playa de los Hoyos and sèquia de les Fonts (by José Royo Gómez – summer of 1933) (1.- ACN001-002-02504, MNCN-CSIC Archive; 2.- ACN001-002-02714, MNCN-CSIC Archive; 3.- ACN001-002-02506 MNCN-CSIC Archive).



**Fotografía 8.** Sèquia de les Fonts en la playa de los Hoyos de Alcecebre (fecha desconocida) (en Associació d'Amics de Mainhardt. 1998).

**Photograph 8.** Sèquia de les Fonts on the Hoyos de Alcecebre beach (date unknown) (in Associació d'Amics de Mainhardt. 1998).

cida como “Sèquia de les Fonts” (fotografías 6 a 8), se ubicaba a la altura de la confluencia del camino de la costa, que partiendo hacia el norte

desde Alcecebre pasaba por la casa de carabineros, y el camino de las Fuentes de Ribamar o, también llamado, vecinal del Racó del Valle. Sus aguas se utilizaban para lavar ropa y la lana tras el periodo de esquila y abreviar a las caballerías (fotografías 5, 6, 7 y 8).

Unos 200 metros al sur se encontraba la fuente del Niño (fotografías 1 a 4), única surgencia identificada en las cartografías antiguas.

La fuente de Damián, por su parte, según las referencias de los lugareños, se situaba junto al mar frente a la era de Damián, próxima al extremo norte del casco urbano de Alcecebre. Sus aguas se empleaban para lavar la ropa y fregar los cacharros, no para beber, pues eran algo salobres. Esta posición, que se ha denominado Alternativa A, no coincide con la que, como ya se ha referido, se indica en algunos escritos, que la sitúan “a escasos metros del cuartel de la guardia civil” (INVAT TUR. Descubre Alcossebre- 2014); o “a un centenar de metros antes de

llegar a la casa cuartel de la guardia civil” (Asociació d’Amics de Mainhardt. 2007) y que se ha designado como Alternativa B. La distancia que separa ambas alternativas es superior a los 300 m por lo que es muy dudoso que se trate de la misma surgencia (Figura 5).

#### 4.2. Modificación de la línea de costa y ubicación teórica actual de los manantiales estudiados

El desarrollo urbanístico del entorno alcocebreño de Las Fuentes se gesta a finales de la década de los cincuenta del s. XX.

En noviembre de 1958, el famoso empresario filipino D. Manuel Elizalde, administrador y amigo del presidente Ferdinand Marcos y su mujer, Imelda, se encuentra en España con el fin de comprar aviones para mejorar el transporte aéreo entre las distintas islas de Filipinas. Durante su estancia se desplaza, junto al empre-

sario español Jesús Sobrón, hasta Alcocebre. Aquí, el entorno costero y las infraestructuras ya existentes (línea de ferrocarril y carreteras) les incitan a invertir en el desarrollo turístico de la zona y en 1961 inician la compra de terrenos (INVAT TUR. Descubre Alcossebre- 2016).

Desde este momento, en la costa de Alcalá de Chivert y de sur a norte, se promueve la creación de cuatro polígonos turísticos: el primero en la zona de playas del entorno de la Roca del Moro; al sur del casco urbano de Alcecebre y los otros tres al norte de esta localidad, en los sectores de Las Fuentes, Cala Blanca, y Pla de Roda.

Finalmente, solo se llevó a cabo el polígono de Las Fuentes, a petición del promotor Emilio Huarte Mendioca, en nombre y representación de la “Urbanizadora Levante S.A.”, más conocida como URLESA (Resolución de la Dirección general de Urbanismo en el BOE nº 23 de 16 de septiembre de 1964; Orden de 15 de junio de 1965), si bien las empresas constructoras fue-



**Figura 5.** Diferentes ubicaciones de la fuente de Damián según las referencias analizadas.

**Figure 5.** Different locations of the Damián fountain according to the references analyzed.

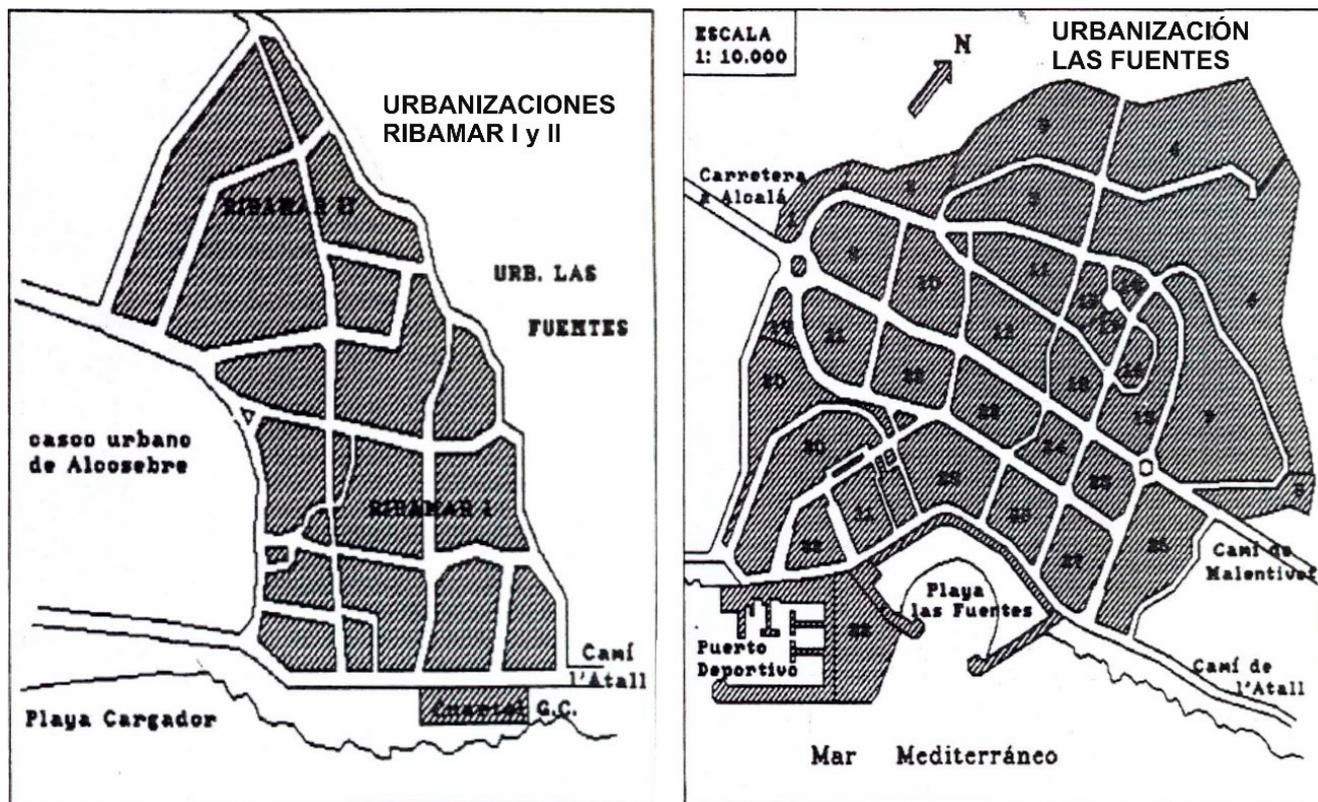


Figura 6. Urb. Las Fuentes, Ribamar I y Ribamar II (en Dempere Roda, 1993).

Figure 6. Las Fuentes, Ribamar I and Ribamar II urbanizations (in Dempere Roda, 1993).

ron Agromán y Nekel (Vilaplana, 2015). Pese a que esta propuesta presentaba varios inconvenientes, entre los que destacaban la ausencia de una playa natural, la presencia de mucha roca y la abundancia de surgencias de agua dulce, se llevó a cabo planificando la construcción de un arenal artificial y un puerto deportivo.

El polígono de Las Fuentes se incluyó dentro del Plan Especial de Interés Turístico Nacional (Ley 197/1963, de 28 de diciembre), siendo aprobado el 1 de febrero de 1966 como Centro de Interés Turístico Nacional (Decreto 4297/1964, de 23 de diciembre).

Este proyecto turístico confrontó, sin embargo, con el de construcción de una central nuclear de 500 Mw en la partida Pla de Pebret (Esteller, 2009), con fecha de solicitud del 1 de julio de 1965 (De la Torre & Rubio-Varas, 2017) y de autorización del 11 de noviembre de 1966. El hecho de que en el punto sexto de las bases de la autorización ya se indicara que las zonas próximas a la futura nuclear estaban declaradas de “interés turístico” (Resolución de 11 de noviembre de 1966) y que se presentaran varios recursos contencioso-administrativos contra la

Resolución, incluida la falta de autorización por parte del Ayuntamiento de Peñíscola y el general rechazo popular, obligaron a solicitar varias prórogas del proyecto (Resolución de 28 de octubre de 1969; Resolución de 23 de septiembre de 1971) y, finalmente, la desestimación de la construcción de la nuclear.

Así, la modificación de la costa se inicia en la zona de Las Fuentes con la ejecución del arenal artificial y la urbanización.

A mediados de 1967 (Figura 8b y Fotografía 9) ya se han construido los espigones norte y sur, que ofrecen protección a la playa artificial de Las Fuentes, y el trazado de los principales viales de la urbanización. La nueva playa obliga a modificar la captación de la “Sèquia de les Fonts” que queda cubierta por una plataforma de hormigón, si bien su punto de desembocadura permanece, prácticamente, en el lugar original.

La urbanización Las Fuentes (Figura 6) ocupó una extensión de uso residencial de 614.027 m<sup>2</sup> para una población de 6.925 personas (Dempere Roda, 1993; Galiana Martín & Barrado Timón, 2006), 4.675 plazas según otras fuentes (Decreto 3894/1965, de 23 de diciembre).



**Figura 7.** Titular en el diario ABC del 9 de julio de 1968 (en Sanz i Sancho, 2012).

**Figure 7.** Headline in the ABC newspaper of July 9, 1968 (in Sanz i Sancho, 2012).

El 8 de julio de 1968 el entonces ministro de Información y Turismo, D. Manuel Fraga Iribarne, inaugura la urbanización de Las Fuentes, hecho destacado en los diarios ABC del 9 de julio de 1968 (Figura 7) y La Vanguardia Española del 11 de julio de 1968 (Sanz i Sancho, 2012).

La urbanización Las Fuentes dio el pistoletazo de salida para el boom urbanístico, que se acelera durante los siguientes lustros (Tabla 2). En ese mismo año de 1968 se aprueba el Plan Especial de Ordenación de la urbanización Alcossebre, que regulariza el modelo de edificación y construcción y zonifica las parcelas a urbanizar.

En 1977 el Gran Hotel Las Fuentes y el Complejo Eurhostal ya están construidos, así como

los apartamentos Marino y otros edificios residenciales (Figura 8c y Fotografía 10). Las obras del puerto deportivo, que se sitúa al sur del arenal, se inician en 1982. Esta infraestructura ocupa una superficie total de 65.000 m<sup>2</sup> y tiene capacidad para 294 embarcaciones de entre 8x3 y 15x8 m. de eslora y manga y otras 200 en dique seco (Sanz i Sancho, 1991). Su ejecución ocasiona la desaparición del manantial del Niño que queda cubierto por la carretera de acceso a las instalaciones portuarias (Figura 8d y Fotografía 11).

En 1985 el puerto deportivo de Las Fuentes ya funciona a pleno rendimiento (Giner Moya, 2007), y se constata la progresiva urbanización de toda la zona (Figura 8d y Fotografía 12).

En 2005 se encuentra urbanizada toda la zona de Las Fuentes y se ha construido ya la carretera y el paseo peatonal costero desde Alcossebre hasta el cuartel de la guardia civil (Figura 8e).

En julio de 2021 (Figura 8f) se puede observar el elevado grado de urbanización de toda el área.

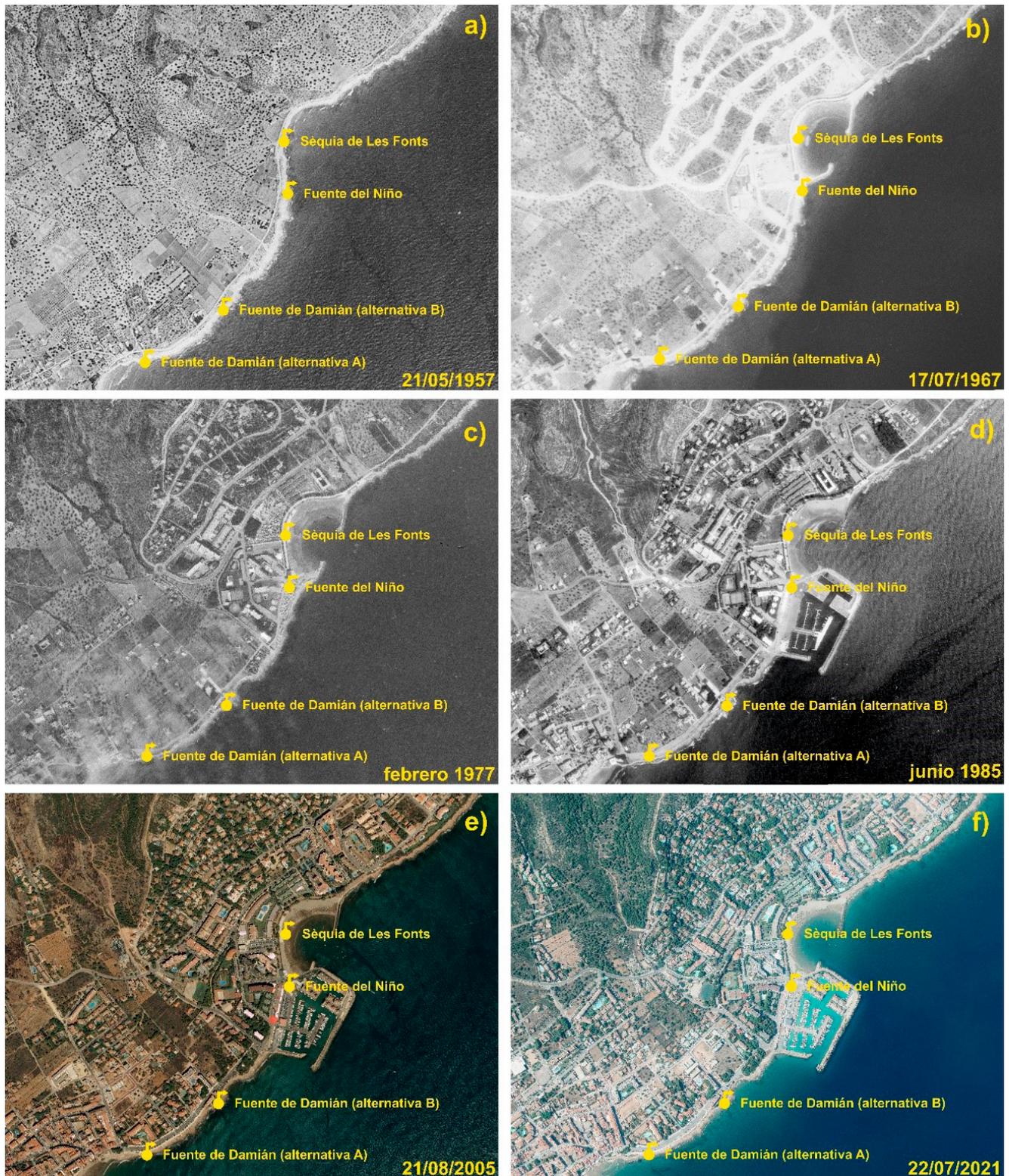
En la actualidad, únicamente el manantial conocido como “Las Fuentes Centro” (Fotografía 13) es accesible con facilidad y su punto de

Urbanización	Extensión (m <sup>2</sup> )	Periodo construcción	Plazas de alojamiento en Alcossebre			PLAZAS TOTALES DE ALOJAMIENTO
			Hoteleras	Extrahoteleras (apartamentos, unifamiliares...)	Campings	
Las Fuentes	614.027	1964-1970	276	2.406		2.682
Alcossebre	295.963					
Montemar I	50.620	1971-1980	2.427	6.425	350	9.202
Montemar II	35.500					
El Pinar	603.872					
Ribamar I	256.144					
Ribamar II	139.132					
Carregador / Playa Romana	363.360					
Canaret y Morito		1981-1990	2.861	7.593	1.490	11.944
El Palmar I	27.465					
El Palmar II	36.758					
Cala Blanca	36.858					
PLAZAS TOTALES DE ALOJAMIENTO			5.564	16.424	1.840	<b>23.828</b>

*Datos en Dempere Roda, J.R. 1993*

**Tabla 2.** Proyectos urbanísticos en Alcossebre entre 1964 y 1990 y evolución de la oferta de alojamiento (datos extraídos de Dempere Roda, 1993).

**Table 2.** Urban development projects in Alcossebre between 1964 and 1990 and evolution of the accommodation offer (data taken from Dempere Roda, 1993).



**Figura 8.** Secuenciación histórica del desarrollo urbanístico en el entorno de Las Fuentes de Alcocebre. Antigua ubicación de los manantiales de “La Sèquia de Les Fonts”, “Fuente del Niño” y “Fuente Damián” y su trasposición a la actualidad.

**Figure 8.** Historical sequencing of urban development in the surroundings of Las Fuentes de Alcocebre. Former location of the springs of “La Squia de Les Fonts”, “Fuente del Niño” and “Fuente Damián” and their transposition to the present day.



**Fotografía 9.** Primeras etapas en la construcción de la playa y urbanización Las Fuentes (finales de la década de los 60 del s. XX) (Associació d’Amics de Mainhardt, España, 2023).

**Photograph 9.** First stages in the construction of the Las Fuentes beach and urbanization (late 1960s). (Associació d’Amics de Mainhardt, Spain, 2023).

Manantiales	Coordenadas UTM		Ubicación respecto nivel del mar
	X	Y	
Las Fuentes (sèquia de les Fonts)	269.217	4.459.308	Cota≈ 0,3 m s.n.m. en el arenal de Las Fuentes (antigua playa de los Hoyos)
Fuente del Niño	269.230	4.459.128	A escasos metros al este de su posición original. Drena a un canal abierto junto a la base del muro norte del puerto deportivo
Surgencias del Cuartel (Alternativa B)	268.990	4.458.683	Sumergidas a escasa profundidad, en los salientes rocosos en los que rompen las olas frente a la casa cuartel de la Guardia Civil de Alcocebre
Fuente de Damián (Alternativa A)	268.693	4.458.509	Sumergida a muy poca profundidad, en la base del saliente donde rompen las olas

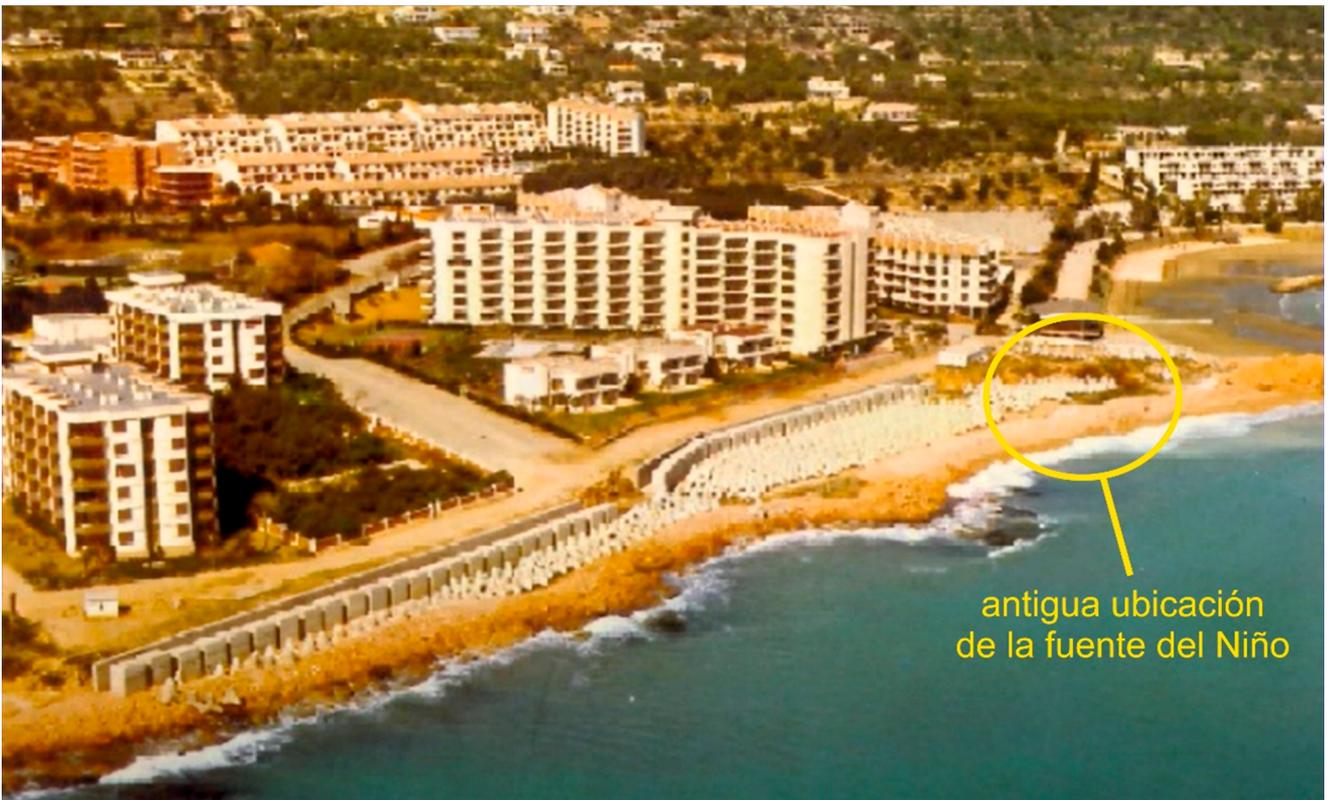
**Tabla 3.** Ubicación actual de los antiguos manantiales de sèquia de les Fonts, fuente del Niño, surgencias del Cuartel y fuente de Damián.

**Table 3.** Current location of the old dry springs of “s`quia de les Fonts, El Niño fountain, El Cuartel springs and Damián fountain.

descarga se corresponde con la boca de la antigua “Sèquia de les Fonts” (fotografías 5 a 8).

Como se ha indicado, la antigua fuente del Niño desapareció al construir el puerto deportivo, no obstante, hoy en día, existe un pequeño

aliviadero, una canalización de obra a cielo abierto en el muro del extremo norte del puerto, que se considera, por situarse a escasos metros del punto de descarga original del manantial, que drena las aguas de la fuente del Niño. Durante



**Fotografías 10 y 11.** Urbanización Las Fuentes hacia 1975 (imagen superior) e inicio de la construcción del puerto deportivo (finales de los 70) (imagen inferior) (Associació d'Amics de Mainhardt, España, 2023).

**Photographs 10 and 11.** Las Fuentes urbanization around 1975 (upper image) and start of construction of the marina (late 1970s) (lower image) (Associació d'Amics de Mainhardt, Spain, 2023).



**Figura 9.** Posibles puntos de surgencia relacionados con la antigua fuente de El Niño.

**Figure 9.** Possible points of emergency related to the old source of El Niño.

las últimas campañas de muestreo este alivadero se encontraba seco y no ha podido ser muestreado (Figura 9). Sin embargo, también por proximidad, puede considerarse que las surgencias conocidas como “Playa de Las Fuentes Sur”, que manan en diversos puntos del extremo meridional del arenal, pueden estar relacionadas con esta antigua surgencia (Figura 9).

En cuanto a la fuente de Damián, situada al sur de las anteriores, se considera que su ubicación real era la referida por varios habitantes

de la localidad que recuerdan con exactitud su posición frente a la era de Damián. Actualmente, drena a los pies del muro donde se inicia el paseo peatonal que bordea la costa al norte del casco urbano. Este punto es el anotado como Alternativa A. En el mismo, cuando el mar está muy calmado, se ha podido comprobar que se producen importantes descargas de agua dulce, pudiendo tomar una muestra con poca influencia marina (Figura 10 y Tabla 4).



**Fotografía 12.** Puerto deportivo de Las Fuentes (mediados de la década de los 80 del s. XX) (Associació d'Amics de Mainhardt, España, 2023).

**Photograph 12.** Las Fuentes Marina (mid-80s of the 20th century) (Associació d'Amics de Mainhardt, Spain, 2023).



**Fotografía 13.** Actual surgencia de Playa de Las Fuentes Centro (antiguo punto de descarga de la “Sèquia de Les Fonts”).

**Photograph 13.** Current upwelling of Playa de Las Fuentes Centro (former discharge point of the “Sèquia de Les Fonts”).



**Figura 10.** Actual punto de surgencia de la fuente de Damián.

**Figure 10.** Current emergency point of the Damián fountain.

FECHA	NOMBRE DE LA MUESTRA	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Cl (mg/L)	SO4 (mg/L)	HCO3 (mg/L)	Conducti. 20°C (µS/cm)	% agua de mar
09/05/2023	Font de Dins de Peñíscola (referencia de agua dulce)	12	2	88	18	9	57	286	572	0
11/05/2023	Playa Las Fuentes Centro (Sèquia de les Fonts)	1854	74	332	207	3409	453	184	10970	15
25/10/2022	Playa Las Fuentes Sur (equivalente fuente del Niño)	6156	200	384	760	10900	1560	228	25520	48
27/10/2022	Surgencia Cuartel	10387	330	530	1140	19100	2120	104	56100	85
11/05/2023	Fuente de Damián	1609	56	232	114	2717	402	150	8450	12
05/05/2008	Agua de mar (tomada en mar abierto)	11500	462	500	1700	22500	2820	60	67640	100

**Tabla 4.** Concentraciones elementales en las muestras de las surgencias analizadas y proporción de agua de mar en las mismas.

**Table 4.** Elemental concentrations in the samples of the upwellings analyzed and proportion of seawater in them.

Las referencias escritas sobre este manantial que lo sitúan muy próximo al cuartel de la Guardia Civil y que se ha definido como Alternativa B, deben corresponderse con alguna otra antigua surgencia allí presente. Esta segunda opción se sustenta hidrogeológicamente por la presencia actual frente al acuartelamiento de varios puntos importantes de descarga sumergidos a muy poca profundidad que son bien conocidos por los pescadores y submarinistas de la zona y que con el mar calmado pueden incluso detectarse desde tierra por el efecto que producen sobre la superficie del mar. En el presente artículo se ha denominado a la “Alternativa B” como “surgencias del Cuartel” (Figura 11). Este punto de descarga también ha podido ser muestreado aunque con cierta dificultad y evidente mezcla con agua marina (Tabla 4).

Además, en una fotografía antigua de este sector, se identifica una pequeña construcción cuadrada, situada entre la construcción militar y el mar, que podría ser una especie de balsa o pilón donde drenaría la supuesta fuente (Figura 12).

El análisis de toda esta información permite interpretar dónde se situarían en la actualidad los antiguos manantiales de Las Fuentes (“Sèquia de Les Fonts”), El Niño, surgencias del Cuartel y Damián (Figura 13 y Tabla 3).

#### 4.3. Vinculación hidrogeológica entre las antiguas surgencias y los actuales puntos de descarga del acuífero

Se pretenden correlacionar los actuales puntos de descarga del acuífero situados entre el núcleo urbano de Alcocebre y la playa de Las Fuentes, identificados in situ y mediante técnicas de teledetección aeroportada (Antón-Pacheco *et al.*, 2007), con las antiguas surgencias de Damián, El Niño y “Sèquia de les Fonts” (Figura 14).

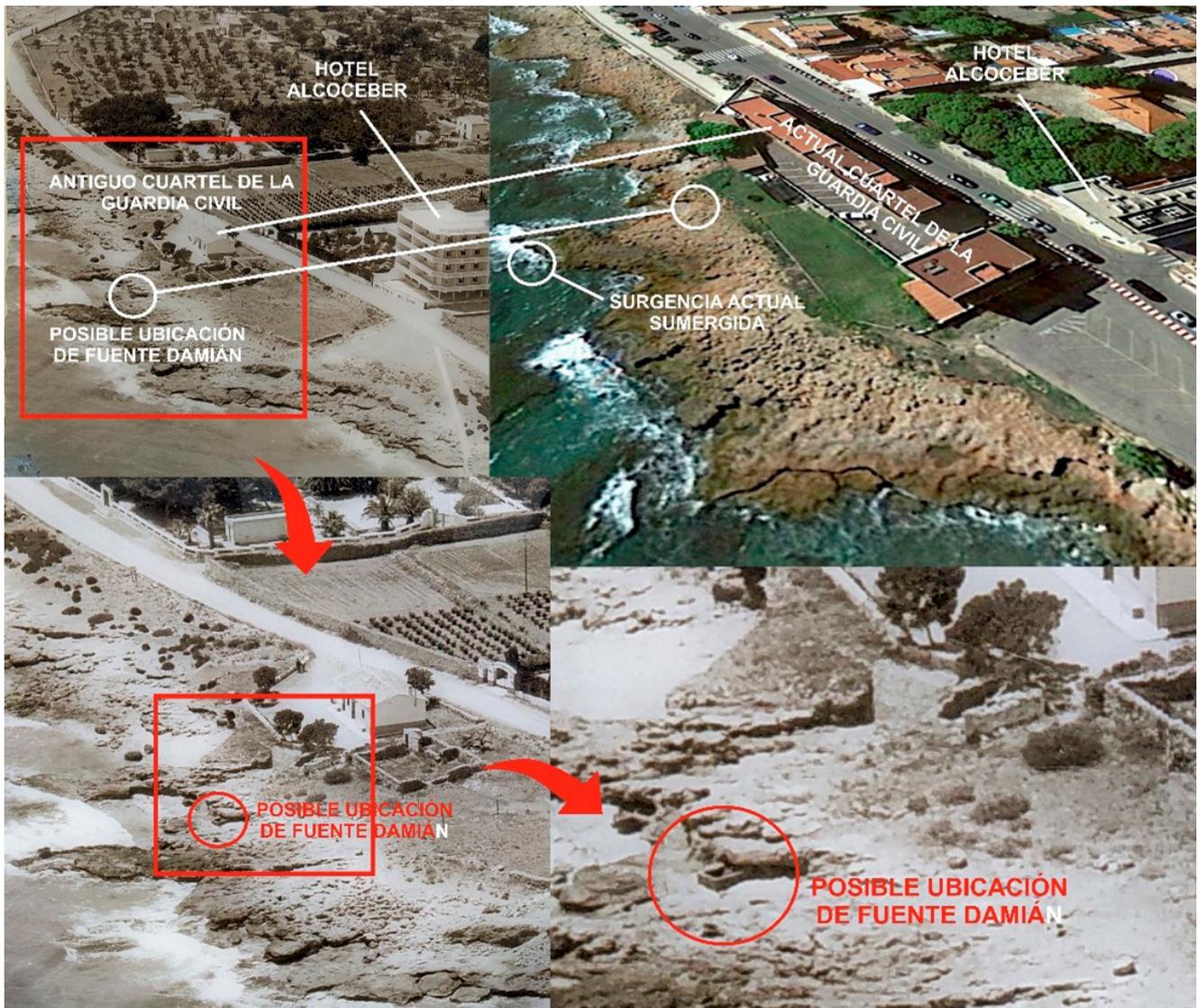
Al encontrarse las aguas subterráneas a menor temperatura que las de la superficie del mar, se pueden obtener unas imágenes que reflejen el contraste térmico entre ambas. En la Figura 14, los tonos azul intenso corresponden a aguas más frías, lo que permite identificar puntos de surgencia de aguas subterráneas y delimitar las correspondientes plumas de anomalía térmica que generan.

En el vuelo diurno (imagen izquierda de la Figura 14) se identifican con mayor claridad los puntos de descarga próximos a la costa. Destacan especialmente las surgencias en la bahía de la playa de Las Fuentes y, sobre todo, las del entorno de la casa cuartel de la guardia civil. También se pueden distinguir otros puntos de descarga de menor importancia situados en la parte externa de las escolleras del puerto, en sus márgenes sur y oriental, y en el interior del mismo, en su extremo septentrional, en el punto de desagüe que recoge actualmente las aguas



**Figura 11.** Surgencias submarinas frente al cuartel de la Guardia Civil de Alcocebre.

**Figure 11.** Submarine surges in front of the Alcocebre Guardia Civil barracks.



**Figura 12.** Posición de la alternativa B de la fuente de Damán según algunos escritos.

**Figure 12.** Position of the alternative B of source of Daman according to some writings.

provenientes, teóricamente, de la fuente del Niño.

El estudio de teledetección no cubre la zona en donde se ubica la Alternativa A de la fuente de Damián, por lo que no se pueden identificar con esta técnica las surgencias que sí se han localizado “in situ”.

Por su parte, el vuelo nocturno (imagen de la derecha) refleja mucho mejor los puntos de descarga submarinos alejados de la costa y sus plumas de contraste térmico. Destacan en esta imagen las surgencias de playa de las Fuentes y varios puntos de notable importancia aguas adentro, alrededor del puerto deportivo, que configuran una pluma de anomalía térmica con una extensión superficial de 1,16 km<sup>2</sup>. Por el

contrario, quedan atenuadas las surgencias más próximas a la costa.

Tras este análisis se consideran ubicados con precisión los actuales puntos de descarga de los manantiales de sèquia Les Fonts (actual Playa de Las Fuentes Centro) y Damián, mientras que la original fuente del Niño se considera que drena hacia el puerto y hacia los puntos de descarga del sector sur del arenal de Playa de Las Fuentes.

#### 4.4. Caracterización hidroquímica de los manantiales

Finalmente, a partir de las muestras tomadas en las campañas de muestreo de octubre de 2022 y mayo de 2023 se han establecido las



**Figura 13.** Situación antigua y actual de los manantiales de Las Fuentes (“Sèquia de Les Fonts”), El Niño, surgencias de Cuartel y Damián.

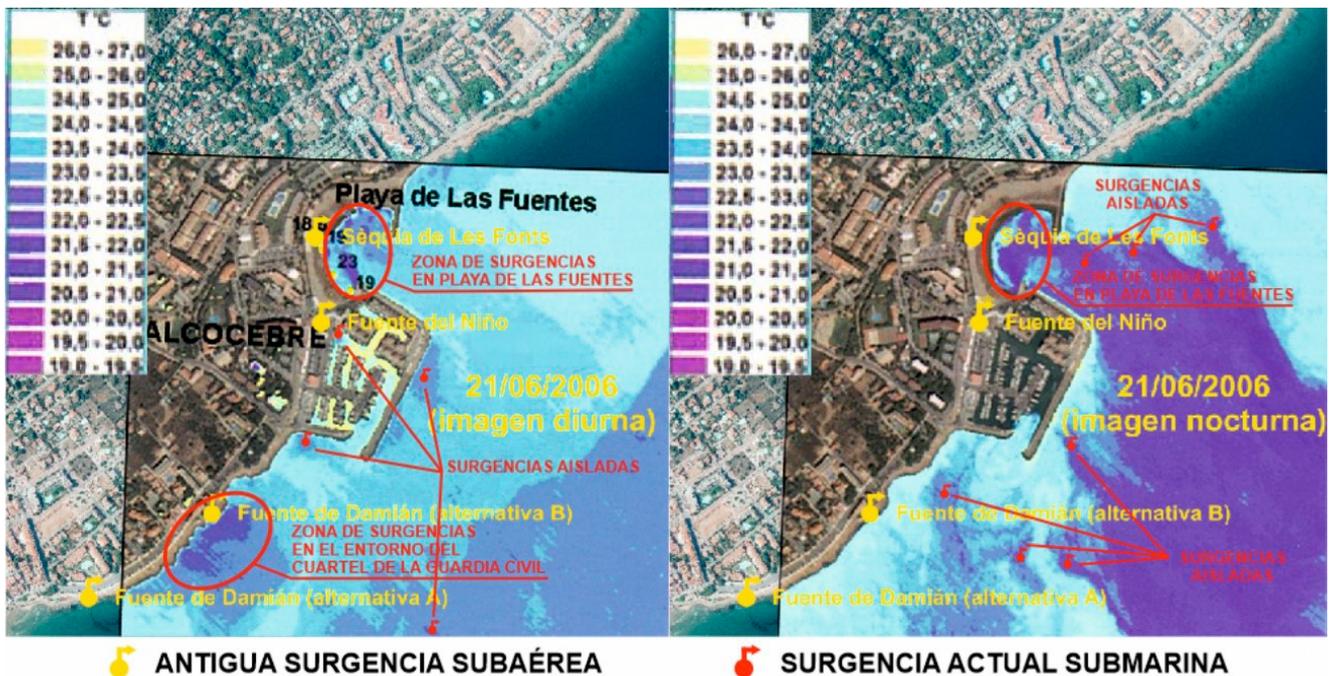
**Figure 13.** Ancient and current situation of the springs of Las Fuentes (“Sèquia de Les Fonts”), El Niño, springs of Cuartel and Damián.

facies hidroquímicas de las surgencias analizadas.

Ya que en ninguna de las fechas de muestreo circulaba agua por el canal de drenaje del puerto vinculado a la Fuente del Niño, se asume que pueden ser representativas de la calidad de este manantial las muestras tomadas en la surgencia de Playa de las Fuentes Sur.

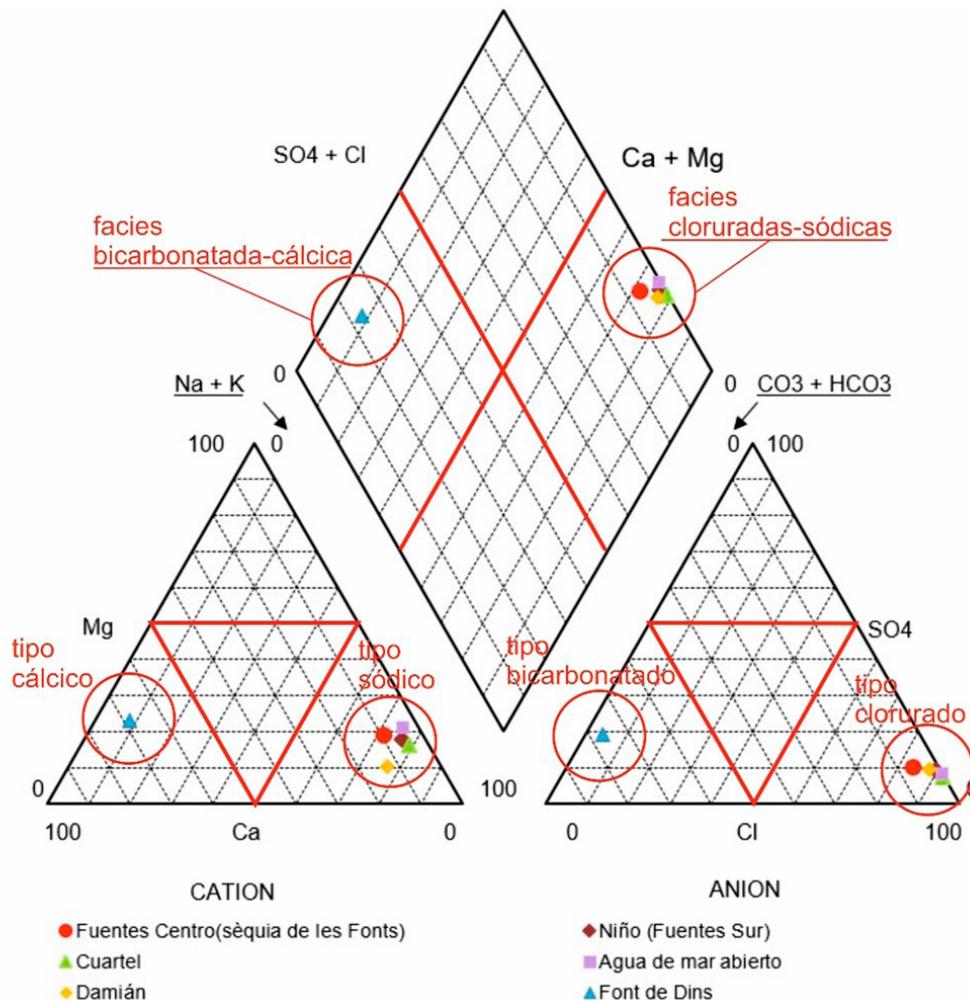
Los resultados indican que todas las aguas presentan facies clorurado sódicas (Tabla 4 y Figura 15).

También se ha estimado la proporción de agua de mar de las surgencias (Tabla 4) tomando como referencia de agua dulce una muestra de la Font de Dins de Peñíscola (utilizada para abastecimiento) de mayo de 2023, y de agua marina, una muestra tomada en alta mar en mayo de 2008. Destaca la baja proporción de agua salada en la muestra de la fuente de Damián (12%), pese a ser una surgencia sumergida. Por el contrario, se constata la mayor proporción de agua de mar en la muestra denominada surgencia Cuartel (85%), cuya toma se realizó con dificultad en la superficie del mar, a varios metros de la línea de costa, en el punto en el que más se evidenciaba la afluencia de agua “dulce” desde el fondo marino (Figura 11).



**Figura 14.** Anomalías térmicas producidas por las surgencias de aguas subterráneas en el entorno de playa de Las Fuentes. Vuelo diurno (imagen izquierda); vuelo nocturno (imagen derecha) (modificado de Antón-Pacheco *et al.*, 2007).

**Figure 14.** Thermal anomalies produced by groundwater upwellings in the area around Playa de las Fuentes. Daytime flight (left image); night flight (right image) (modified from Antón-Pacheco *et al.*, 2007).



**Figura 15.** Diagrama de Piper de las surgencias del entorno de playa de las Fuentes de Alcocebre (facies clorurado-sódicas). Muestra de referencia de agua dulce de Font de Dins de Peñíscola (facies bicarbonatada cálcica).

**Figure 15.** Piper diagram of the upwelling around the Fuentes de Alcocebre Beach (chloride-sodic facies). Freshwater reference sample from Font de Dins of Peñíscola (calcic bicarbonate facies).

## 5. Conclusiones

Hasta el último tercio del siglo pasado, entre el casco urbano de Alcocebre y la actual playa de las Fuentes, se situaban, en plena línea de costa, una serie de manantiales (“sèquia de les Fonts”, fuente del Niño y fuente de Damián) que desaparecieron como consecuencia de las infraestructuras construidas en la zona, entre las que sobresalen, aparte de las urbanizaciones, el arenal artificial de playa de las Fuentes, el puerto deportivo adyacente y la carretera y paseo peatonal junto al mar.

La labor de documentación realizada ha permitido determinar con precisión la ubicación original de estas surgencias y, posteriormente, relacionarlas con puntos de de descarga actuales.

Del análisis se concluye que la antigua “sèquia de les Fonts”, que drenaba directamente en la originaria playa de los Hoyos, se corresponde con el actual punto de descarga denominado surgencia de “playa de las Fuentes Centro”.

La conocida como fuente del Niño ha desaparecido por completo al quedar sepultada por las obras de construcción del puerto deportivo de Alcocebre. El punto de descarga original queda próximo a un aliviadero de obra que recorre el muro septentrional del puerto, así como a las surgencias de “playa de las Fuentes Sur”. Por esta proximidad, y al no tener constancia de que estos manantiales del sur del arenal actual existieran, al menos con tal magnitud, previamente a la construcción del puerto, se considera que las aguas de la fuente del Niño se han encauzado

hacia estos nuevos puntos de descarga que quedan, además, perfectamente identificados a partir del estudio mediante teledetección aeroportada en el infrarrojo térmico (Antón-Pacheco *et al.*, 2007).

La ubicación real de la antigua fuente de Damián (Alternativa A), se ha situado con exactitud a partir de testimonios orales. Gracias a ello, se ha comprobado in situ la presencia de una zona de surgencia bajo un saliente rocoso donde actualmente rompen las olas por lo que el principal dren se encuentra sumergido escasos centímetros.

Como se ha indicado, las escasas referencias escritas de esta surgencia llevan a equívoco respecto de su posición, pues la ubican mucho más próxima a la casa cuartel de la guardia civil, lo que se ha denominado Alternativa B (surgencias del Cuartel). En esta zona, aunque no hay ningún resto visible que pueda asociarse a un manantial subaéreo, el análisis de fotografías antiguas sí parece mostrar la presencia entre la casa cuartel y el mar de una pequeña construcción en forma de pilón para el aprovechamiento de las aguas de alguna surgencia.

Toda la información recopilada, las observaciones sobre el terreno y el cotejo con los resultados de la aplicación técnicas de teledetección aeroportada han permitido identificar y catalogar las principales surgencias submarinas situadas entre el casco urbano de Alcocebre y el arenal de Las Fuentes y describir cronológicamente las modificaciones espaciales que han sufrido como consecuencia de la actividad urbanística costera.

Las muestras tomadas han permitido, además, caracterizar las aguas de estos antiguos manantiales, establecer su facies hidroquímica como clorurada-sódica, y determinar la proporción de agua de mar que contienen.

Se ha demostrado así la utilidad de la metodología empelada, en la que gran parte de la labor ha consistido en la recopilación, revisión y correlación de fuentes documentales de naturaleza diversa (textos, mapas y fotografías históricas, fotografías aéreas de distintas épocas, artículos, libros y textos variados o testimonios orales), no directamente vinculadas con la hidrogeología, que se complementa, contrasta y verifica con los resultados de estudios hidrogeológicos y técnicas de investigación más modernas y especializadas, además del imprescindible trabajo de campo.

## Agradecimientos

Los autores agradecen la inestimable ayuda de D. José Miguel Martorell Roig, Teniente Alcalde de Alcalà de Xivert; D. Vicente Marín Herrera, vecino de Alcebre; los miembros de la Associació d'Amics de Mainhardt y D. Josep Eugeni Varona Gil, bibliotecario de Alcalà de Xivert, sin cuya colaboración no habría sido posible la realización del presente artículo.

## Referencias

- Antón-Pacheco, C., Ballesteros Navarro, B. J., Mejías Moreno, M., de Miguel, E., Gumiel, J. C., Gómez, J. A., & Callejo, P. (2007). Identificación y cartografía de surgencias costeras en el acuífero kárstico de El Maestrazgo (Castellón) mediante técnicas de teledetección aeroportada en el infrarrojo térmico. *Boletín Geológico y Minero*, 118 (Núm. Especial), 649-670.
- Associació d'Amics de Mainhardt, España, 7/03/2023, <https://www.amicsdemainhardt.eu,main.mainhardt@gmail.com>
- Associació d'Amics de Mainhardt (1998). Alcalà de Xivert – Alcossebre - Capicorb. Temps de record (II). Col·lecció Temes Gaspatxers / núm. 2 ISBN 84-923793-0-8.
- Associació d'Amics de Mainhardt (2007). Alcossebre-Capicorb. Temps de record. Col·lecció Temes Gaspatxers / núm. 5 ISBN 978-84-923793-4-7.
- Barceló Cordón, S. (2003). El agua superficial y subterránea del litoral de Alcossebre-Capicorb. MAINHARDT-47, desembre 2003.
- Bosch, N. (2003). Un recorrido por tierras de Alcalà de Xivert (Segunda parte). La geografía. MAINHARDT-47, desembre de 2003.
- Cavanilles, A. J. (1991). Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, Población y Frutos del Reyno de Valencia. Castellón: Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Castellón.
- Comparador PNOA (2023). Plan Nacional de Ortofotografía Aérea. Instituto Geográfico Nacional. España. 2023, [https://visualizadores.ing.es/comparador\\_pnoa/](https://visualizadores.ing.es/comparador_pnoa/)
- COPUT (1990). Estudio de identificación de las descargas al mar del acuífero del Maestrazgo en la zona litoral entre Alcocebre y Peñíscola. Inédito.

- COPUT (1992). Estudio de investigación de las descargas de agua subterránea al mar por la Sierra de Irta. Mancomunidad del Baix Maestrat (Castellón). Inédito.
- Decreto 4297/1964, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley sobre Centros y zonas de interés turístico nacional. BOE, nº 14 de 16 de enero de 1965.
- Decreto 3894/1965, de 23 de diciembre, por el que se declara Centro de Interés Turístico el complejo turístico denominado "Las Fuentes", sito en el término municipal de Alcalá de Chivert, provincia de Castellón de la Plana. BOE, nº 27 de 1 de febrero de 1966.
- De la Orden, J. A., Medina, F., Nvarro, J. A., Rubio, J. C., & Murillo, J. M. (2001). Actualización hidrogeológica de la unidad Guadix-Marquesado como apoyo a la modelización matemática del acuífero. VII Simposio de Hidrogeología. Murcia, 28 de mayo – 1 de junio de 2001. *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, 23 pp. 239-255. ISSN: P526037.
- De la Torre, J., & Rubio-Varas, M. M. (2017). ¿España nuclearizada? Origen, desarrollo y actores de la energía nuclear, C. 1950-1985. La electrificación y el territorio. Historia y futuro. Universidad Politécnica de Navarra. ISBN: 978-84-697-6835-8.
- Dempere Roda, J. R. (1993). La actividad turística como agente transformador de un espacio geográfico: El caso de Alcalà de Xivert (II). Las urbanizaciones. MAINHARDT. Butlletí de l'Associació d'Amics de Mainhardt. Num. 17 – Alcalà de Xivert -Desembre 1993.
- Domínguez Sánchez, J. A., & Ballesteros Navarro, B. J. (2012). Identificación de descargas submarinas en la plataforma continental mediterránea procedentes del acuífero kárstico de El Maestrazgo (Castellón – España). *Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas*, nº 29. Volumen 1, 255-269.
- Domínguez Sánchez, J. A., Rosado Piqueras, S., Mejías Moreno, M., & Ballesteros Navarro, B. (2022a). Caracterización hidroquímica de las surgencias costeras de la sierra de Irta. Acuífero de El Maestrazgo (Castellón). *Boletín Geológico y Minero*, 133(1), 103-117. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin/133.1/007>
- Domínguez Sánchez, J. A., Rosado Piqueras, S., Mejías Moreno, M., & Ballesteros Navarro, B. (2022b). Hidrodinámica de las surgencias costeras de la sierra de Irta tras eventos de precipitación torrencial. Acuífero de El Maestrazgo (Castellón). *Boletín Geológico y Minero*, 133(1), 141-153. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin/133.1/009>
- Esteller, J. L. (2009). Central nuclear de Irta (1966-1973) MAINHARDT-65, desembre de 2009.
- Fuertes Antonio, F. (2003). Francisco Fuertes Antonio: idearios, pensamientos y versos. *Associació Arqueològica de la Vall d'Uixò*. ISBN: 8460768503, 9788460768500.
- Fototeca digital. Visualizador de fotogramas. Instituto Geográfico Nacional. Centro Nacional de información Geográfica. España. 2023, <https://fototeca.cnig.es/fototeca/>
- Galiana-Martín, L., & Barrado-Timón, D. (2006). Los Centros de Interés Nacional y el despegue del turismo de masas en España. *Investigaciones Geográficas*, nº 39, pp. 73-93. Instituto universitario de Geografía. Universidad de Alicante. ISSN:0213-4691.
- García-Orellana, J., García-Solsona, E., Masqué, P., Ballesteros Navarro, B. J., López, J., Mejías Moreno, M., & Marina Rojo, M. (2006). Evaluación de la descarga de un manantial costero mediante isótopos de radio: Las Fuentes de Alcossebre (Castellón). *Las aguas subterráneas en los países mediterráneos. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas*. Nº 17. 301-309. Madrid.
- García-Solsona, E., García-Orellana, J., Masqué, P., Mejías Moreno, M., & Ballesteros Navarro, B. J. (2007). Radium isotopes as tracers of submarine groundwater and nitrogen discharge in karstic area. 17th Annual V.M. Goldschmidt Conference. 20-24 Agosto 2007, Colonia (Alemania). *Goldschmidt Conference Abstracts Volume: A308*.
- García-Solsona, E., García-Orellana, J., Masqué, P., Rodellas, V., Mejías Moreno, M., Ballesteros Navarro, B. J., & Domínguez Sánchez, J. A. (2010a). Groundwater and nutrient discharge through karstic coastal springs (Castelló, Spain). *Biogeosciences*, 7, 2625-2638. doi: 10.5194/bg-7-2625-201.
- García-Solsona, E., García-Orellana, J., Radakovitch, O., Domínguez Sánchez, J. A., Masqué, P., Rodellas, V., Mejías Moreno, M., & Ballesteros Navarro, B. J. (2010b). Comparison of groundwater discharge estimates from Ra

- Isotopes,  $^{222}\text{Rn}$  and direct measurements in the Peñíscola bay (eastern Spain). Radium and Radon isotopes as Environmental Tracers. Jerusalem (Israel), March 14-19, 2010.
- Giner Moya, J. F. (2007). Historia de Alcocebre. Servicio de Publicaciones Diputación de Castellón; nº 1 edición (24 julio 2007). ISBN-10: 8496372464; ISBN-13:978-8496372467.
- ILEON (2023). [https://ileon.eldiario.es/actualidad/gobierno-corregira-compensara-20-anos-fuga-agua-leon-asturias-variante-pajares\\_1\\_10204958.html](https://ileon.eldiario.es/actualidad/gobierno-corregira-compensara-20-anos-fuga-agua-leon-asturias-variante-pajares_1_10204958.html)
- INVAT·TUR (2023). Agencia Valenciana de Turismo. Instituto Valenciano de Tecnologías Turísticas. Generalitat Valenciana. España, 17/01/2023.
- Descubre Alcossebre- 2014, La fuente del Niño, Alcossebre. <https://descubrealcossebre.wordpress.com/2014/06/03la-fuente-del-nino-alcossebre/>
- INVAT·TUR. Agencia Valenciana de Turismo. Instituto Valenciano de Tecnologías Turísticas. Generalitat Valenciana. España, 6/4/2023.
- Descubre Alcossebre- 2016, Urbanización Las Fuentes, Alcossebre. <https://descubrealcossebre.wordpress.com/2016/04/04/urbanizacion-las-fuentes-alcossebre/>
- ITGE (1977). Plan nacional de investigación de aguas subterráneas. Investigación hidrogeológica de la cuenca media y baja del río Júcar (Sistema nº 55: Javalambre y Maestrazgo). Inédito.
- ITGE (1981). Análisis de posibilidades para la regulación de la descarga subterránea de los acuíferos del Maestrazgo a través de la sierra de Irta. Posibilidades de utilización en las planas litorales de Oropesa-Torreblanca y Vinaroz-Peñíscola. Inédito.
- Ley 197/1963, de 28 de diciembre, sobre “Centros y Zonas de Interés Turístico Nacional” (BOE nº 313, de 31 de diciembre de 1963).
- Manantiales y Fuentes de Andalucía. Asociación Proyecto: Conoce tus Fuentes. 2006 [https://www.conocetusfuentes.com/ficha\\_detalle.php?id\\_fuente=334](https://www.conocetusfuentes.com/ficha_detalle.php?id_fuente=334)
- Martínez Lucas, V. M., & López Moreno, J. J. (2017). Manantiales históricos en la construcción del espacio periurbano de Cieza (Murcia). XXV Congreso de la Asociación de Geógrafos Españoles. 50 años de Congresos de geografía. Naturaleza, territorio y ciudad en un mundo global. Madrid, 25 a 27 de octubre de 2017.
- Mejías Moreno, M., García-Orellana, J., Plata, J. L., Marina Rojo, M., García-Solsona, E., Ballesteros Navarro, B. J., Masqué, P., López, J., & Fernández-Arrojo C. (2007). Methodology of hydrogeological characterization of deep carbonate aquifers as potential reservoirs of groundwater. Case of study: The jurassic aquifer of El Maestrazgo (Castellón, Spain). *Environmental Geology*, 54(3), 521-536. doi: 10.1007/s00254-007-0845-0.
- Mejías Moreno, M., Ballesteros Navarro, B. J., Antón-Pacheco, C., Domínguez Sánchez, J. A., Garcia-Orellana, J., Garcia-Solsona, E., & Masqué, P. (2012). Methodological study of submarine groundwater discharge from a karstic aquifer in the Western Mediterranean Sea. *Journal of Hydrology*, 464-465, 27-40.
- Orden de 15 de junio de 1965 (BOE nº 162 de 8 de julio de 1965) por la que se aprueba el Plan de Promoción Turística presentado por don Emilio Huarte Mendicoa, en representación de la “Compañía Urbanizadora Las Fuentes, S.A.”, para “Las Fuentes”, situado en el término municipal de Alcalá de Chivert, provincia de Castellón.
- Red Bibliotecas y Archivos CSIC. Biblioteca virtual. Archivo Fotografía Royo Gómez. Museo Nacional de Ciencias Naturales.
- Primo by Ex Libris - Alcalá de Chivert (Castellón) ([exlibrisgroup.com](http://exlibrisgroup.com)).
- Resolución de la Dirección General de Urbanismo por la que se transcribe relación de asuntos sometidos al ministerio de la Vivienda con indicación del acuerdo recaído en cada caso (BOE nº 223 de 16 de septiembre de 1964). Alcalá de Chivert. Plan Especial de Ordenación del polígono de Las Fuentes, núcleo número 2 de la zona costera de Alcalá de Chivert, de Castellón de la Plana, redactada y presentado por “Urbanizadora de Levante, S.A.” – Fue aprobado.
- Resolución de 11 de noviembre de 1966 (BOE nº 290 de 5 de diciembre de 1966) de la Dirección General de la Energía por la que se autoriza a «Hidroeléctrica Española, Sociedad Anónima», para instalar la central nuclear de Irta, en Pla de Pebret (Castellón de la Plana).
- Resolución de 28 de octubre de 1969 (BOE nº 267 de 7 de noviembre de 1969) de la Dirección General de Energía y Combustibles por la que

- se concede una prórroga a «Hidroeléctrica Española, S.A.», para la presentación del proyecto y documentos de la central nuclear de Irtá.
- Resolución de 23 de septiembre de 1971 (BOE nº 257 de 27 de octubre de 1971) de la Dirección General de Energía y Combustibles por la que se concede una prórroga a «Hidroeléctrica Española, S.A.», para la presentación del proyecto y documentos de la central nuclear de Irtá.
- Sanz i Sancho, J. V. (2001). Itineraris didàctics per la Serra d'Irtá. MAINHARDT-41, desembre de 2001.
- Sanz i Sancho, J. V. (2012). Visita del ministre d'Informació i Turisme, don Manuel Fraga per inaugurar la urbanització Les Fonts d'Alcossebre (1968). MAINHARDT-74, desembre de 2012.
- Sanz i Sancho, J. V. (1991). El Port Esportiu de les Fonts. MAINHARDT. Butlletí de l'Associació d'Amics de Mainhardt. Num. 9 – Alcalà de Xivert - Abril 1991.
- Serrano Orts, V., Roca Mauri, A., Pérez Baviera, A., Nieto Salvatierra, M., Obarti Segrera, F., Ortiz Pérez, S., & Capilla Roma, J. (1995). Estudio de investigación de las descargas de agua subterránea al mar por la Sierra de Irtá (U.H. 08.07: Maestrazgo). Mancomunidad del Baix-Maestrat, Castellón. 6th Hydrogeology Symposium in Seville, Spanish Association of Underground Hydrology, XIX, 679-697.
- Vilaplana, F. A. (2015). Alcalà 1961 (l'abans i el després).MAINHARDT-82, agosto de 2015.
- Visor de ortofotos aéreas de España en distintos años. España. 2023, <https://www.geamap.com/es/ortofoto-espana>, <https://www.geamap.com/es/contact>