

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA
GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

**Diagnóstico del estado ambiental del “Ullal Fosc” (Gandía) en la
Marjal de la Safor.**

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor/a:
Anastasiya Dovgan

Tutor/a:
**María Teresa Sebastiá Frasquet
Vicent Jesús Altur Grau**

GANDÍA, 2019

Resumen

El *Ullal Fos* se ubica en el término municipal de Gandía en la Marjal de la Safor, siendo una de las zonas húmedas costeras más importantes de la Comunidad Valenciana incluida dentro del Catálogo Valenciano de Zonas Húmedas, además fue declarada como Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) *Dunes de la Safor* de la Red Natura 2000 y está incluido dentro de la Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) Mondúver - Marjal de la Safor.

Aun siendo uno de los ecosistemas acuáticos más importantes por su elevada calidad de agua, ha sufrido un deterioro continuo en los últimos años observado por el programa de seguimiento de la Dirección General de Medio Natural y de Evaluación Ambiental de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural. Una de las principales preocupaciones que ha presentado la surgencia, es la colmatación de la cubeta.

El objetivo principal de este Trabajo Final de Grado es diagnosticar el estado ambiental actual de este ecosistema tan peculiar revisando los antecedentes de las actuaciones pasadas que han podido afectar al principal problema de este ecosistema emplazado en un acuífero detrítico prestando atención a los posibles efectos de los bombeos de aguas subterráneas realizando simulaciones de los pozos más cercanos al *ullal* mediante el programa GLOVER. Los resultados obtenidos no mostraron el efecto que puedan suponer los pozos por lo cual es necesario un modelado completo del acuífero para detectar los flujos preferentes del agua y analizar si las obras de la carretera han podido afectar a estos y en consecuencia al *ullal*.

Palabras clave: Agua subterránea, surgencia, acuífero, bombeo, *ullal*.

Abstract

Ullal Fos is located in the municipality of Gandía in the Marjal de la Safor, being one of the most important coastal wetlands of the Valencian community included in the Catálogo Valenciano de Zonas Húmedas, was also declared as Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) *Dunes de la Safor* de la Red Natura 2000 and is included in the Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) Mondúver - Marjal de la Safor.

Although it is one of the most important aquatic ecosystems due to its high water quality, it has suffered a continuous deterioration in recent years observed by the monitoring programme of the Directorate General for the Environment and Environmental Assessment of the Regional Ministry of Agriculture, Environment, Climate Change and Rural Development. One of the main concerns raised by the emergence is the clogging of the basin.

The main objective of this Final Degree Paper is to diagnose the current environmental status of this peculiar ecosystem by reviewing the background of past actions that may have affected the main problem of this ecosystem located in a detritic aquifer paying attention to the possible effects of groundwater pumping by simulating the wells closest to the *ullal* through the GLOVER program. The results obtained didn't show the effect that the wells may have, so a complete modeling of the aquifer is necessary to detect the preferential flows of the water and analyse whether the road works have been able to affect them and consequently the *ullal*.

Key words: Groundwater, emergence, aquifer, pumping, *ullal*.

ÍNDICE

1.	Introducción	1
	1.1 Zonas húmedas y su importancia.....	1
	1.2 Marjal de la Safor.....	1
	1.3 Ullal Fosc	3
2	Objetivos	4
3	Metodología	4
4	Delimitación de la zona	9
	4.1 Hidrogeología	9
	4.2 Usos del suelo.....	13
	4.3 Hábitats	14
5.	Análisis de la problemática	14
	5.1 Estudios históricos.....	14
	5.2 Análisis de la influencia de los pozos.....	18
	5.2.1 Simulaciones mediante el programa GLOVER.....	22
	5.3 Propuestas de restauración.....	27
5	Conclusión	27
6	Bibliografía	28

1. Introducción

1.1 Zonas húmedas y su importancia

Las zonas húmedas se pueden definir como “superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Ramsar, 1971). Según la definición de la Conferencia Internacional sobre Conservación de Zonas Húmedas de Ramsar (Irán) las zonas húmedas se pueden clasificar en cinco tipos: marinas, estuarinas, lacustres, ribereñas y palustres.

La elevada importancia de los humedales se debe a que presentan elevados beneficios tanto para el medio ambiente como para la sociedad. Se debe a que en gran parte de ellos depende el suministro, purificación y la reposición del agua subterránea, ciclo de los nutrientes y el ciclo de carbono, acogen elevada variedad de biodiversidad que depende directamente de este hábitat además de producción de alimento y valor cultural (Brink et al., 2013). Son espacios de especial interés ambiental ya que actúan como un ecosistema de interacción entre medio terrestre y acuático proporcionando una elevada disponibilidad de refugio y alimento por lo cual acogen elevada cantidad de aves migratorias (Marco, 2005), además de ser una hábitat para los mamíferos, reptiles, anfibios, peces e invertebrados (Convención de Ramsar, 2006).

Desde el punto de vista ambiental, estos ecosistemas desempeñan muchas funciones vitales tales como: recarga y descarga de los acuíferos proporcionando buena calidad de agua a la vez depurándola y almacenándola, retención de nutrientes y contaminantes, estabilización de costas frente a la erosión, además de estabilización de condiciones climáticas (Convención de Ramsar, 2006).

Son sistemas extremadamente vulnerables y con un delicado proceso de equilibrio entre los diferentes factores que los caracterizan (Blasco, 2011). Presentan un elevado grado de amenaza (Camaño, 2012) a las acciones antrópicas ya que ha pasado de considerarse tierras marginales a estar ocupado por grandes cultivos debido a sus características idóneas para el arrozal (Altur et al., 2008) además de estar ocupados por fincas residenciales. Todo ello conlleva a impactos tales como la contaminación agrícola, industrial y doméstica. Además debido a la elevada calidad de agua que presenta, se aprovecha tanto para el riego de los cultivos como para el uso urbano, llegando a explotar los acuíferos de manera intensiva (Blasco, 2011).

1.2 Marjal de la Safor

La Marjal de la Safor es una zona húmeda costera (Ramsar, 2000). Se ubica en la zona costera de la provincia de Valencia comprendiendo los municipios de: Tavernes de la Valldigna, Xeraco, Xeresa y Gandia como se puede observar en la figura 1.

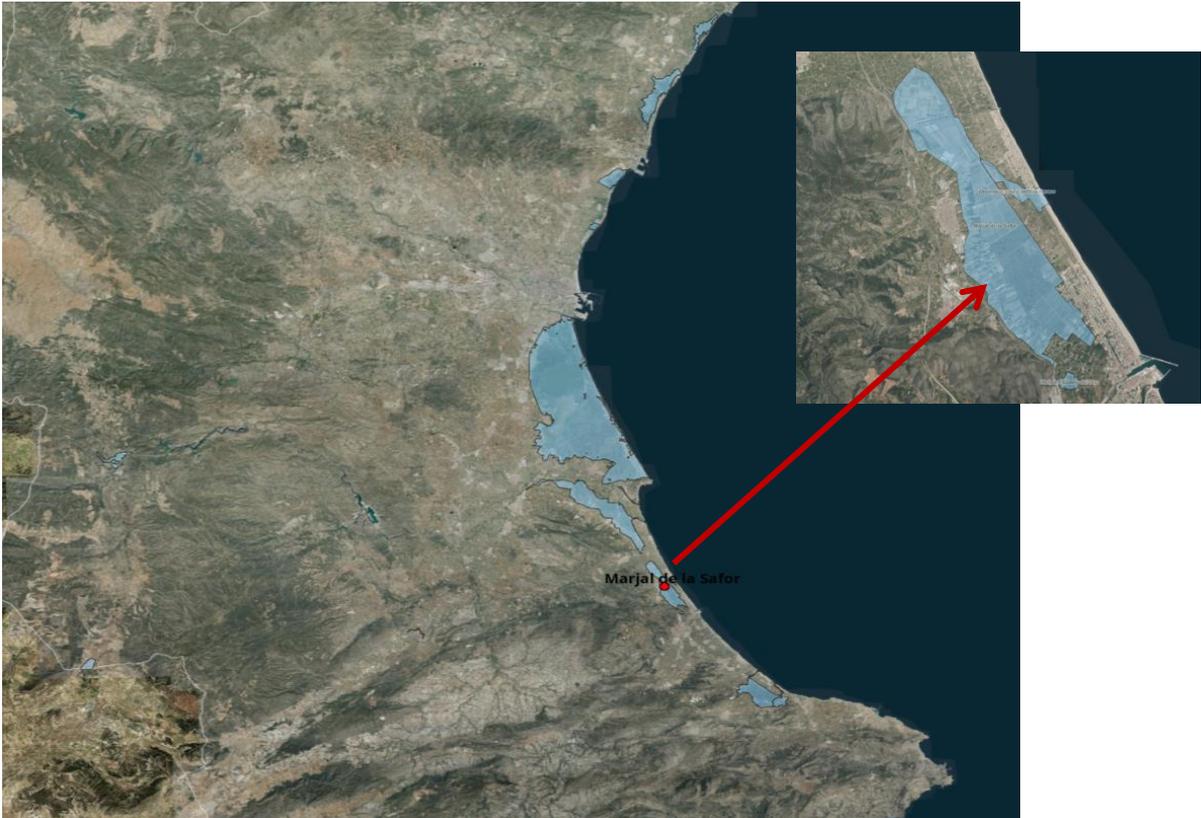


Figura 1. Ortofoto de la ubicación de la Marjal de la Safor en la zona costera de la provincia de Valencia, año 2019 (Catálogo de Zonas Húmedas, visor GVA).

Su formación se debe a la restinga litoral creciente de norte a sud a partir de los sedimentos depositados por las corrientes marinas, que finalmente cerró su conexión con el mar (Alonso-Monasterio, 2012).

Inicialmente este ecosistema presentaba el agua marina pero al no tener contacto con el mar con el tiempo ha sufrido la dulcificación del agua procedente de subambientes típicos denominados *ullals*. Se trata de surgencias naturales que alimentan el humedal con el agua procedente de los acuíferos kársticos, que brotan de forma ascendente en consecuencia de contraste de transmisividades entre calizas y dolomías kársticas que presentan los relieves del Mondúver (Martos, 1999).

Con una forma redondeada y con mayores profundidades que el área palustre que rodea la zona húmeda, se pueden encontrar hasta siete *ullals*: *Ullal de la Creueta*, *Ullal Fosc*, *Ullal Clar*, *Ullal de Baltasar*, *Ullal de la Perla*, *Ullal de Bou* y el *Ullal de l'Estany*. La ubicación de estos *Ullals* se muestra en la figura 2.

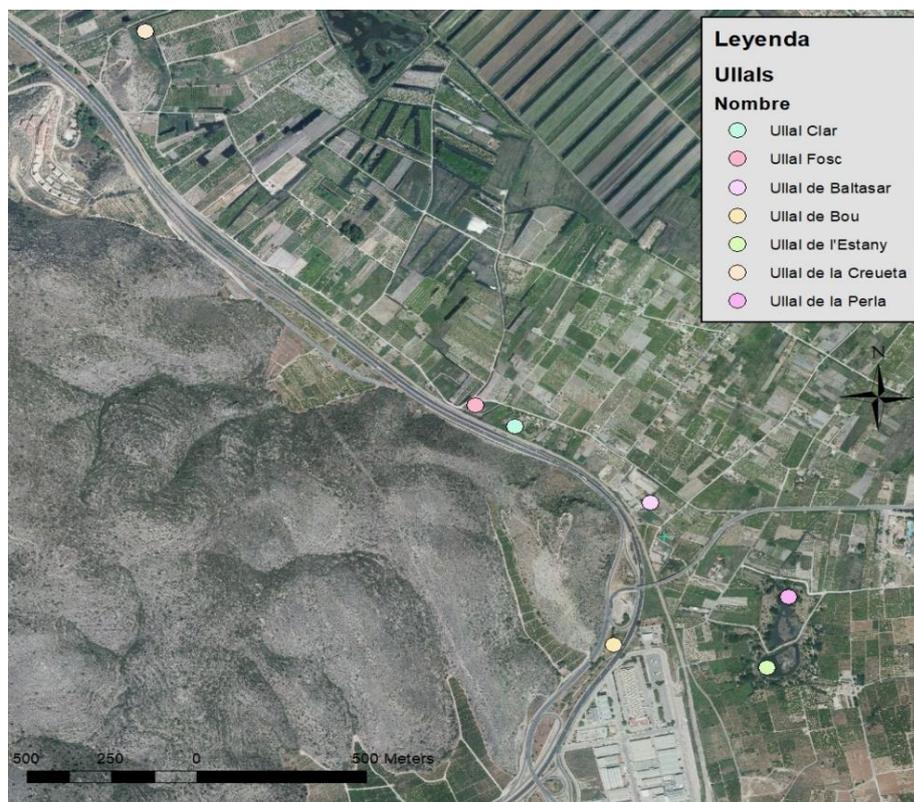


Figura 2. Ortofotografía de la ubicación de los ullals de la Marjal de la Safor, año 2019 (ArcGis 10.1).

Este ecosistema está incluido dentro de la Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) Mondúver - Marjal de la Safor. (Generalitat, 2009). Ha sido declarado ZEPA ya que alberga 12 especies de aves acuáticas nidificantes incluidas en el Anexo I de la Directiva 79/409/CEE además de especies que invernan de forma regular. Su importancia se debe a especies como: garza imperial, fumarel cariblanco y carricerín real.

Está declarada como Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) *Dunes de la Safor* de la Red Natura 2000. Su inclusión es debida a la presencia de especies contempladas en el artículo 4 de la Directiva 2009/147 / CE y enumeradas en el anexo II de la Directiva 92/43 / EEC con una representatividad significativa y estado de conservación escaso. Además se trata de una zona húmeda incluida dentro del Catálogo Valenciano de Zonas Húmedas ya que se trata de una unidad de transición entre zona acuática y terrestre y que se encuentra inundada de agua poco profunda (Generalitat, 2015) con una extensión de 1.226,64 ha.

1.3 Ullal Fosc

En el presente Trabajo Final de Grado se centra en el *Ullal Fosc* localizado en el Marjal de la Safor delimitado por la línea de la costa y la carretera A-38 al oeste.

Situado a los estribos de Mondúver es una de las surgencias de agua más importantes que alimenta este Marjal. Su localización coincide con la zona de materiales calcáreos provenientes de la sierra y los materiales sedimentarios porosos siendo un lugar adecuado para el afloramiento de aguas subterráneas (Miracle et al, 2007). En la figura 3 se muestra el estado actual del *ullal*.



Figura 3. Fotografía del Ullal Fosc, año 2019 (vista desde el camino).

Tal y como se observa en la figura 3, el *ullal* presenta una morfología redonda con vegetación palustre y debido a su elevada calidad y su continuo flujo se citaban numerosas especies prioritarias que dependen directamente de esta salida de agua como: *Macrocyclus distinctus* (copépodo), *Camptocercus uncinatus* (cladóceros) citada por primera vez en España a raíz de ser descubierta en este *ullal* e invertebrados como: *Dugastella valentina* y *Theodoxus sp, etc* (Miracle et al, 2007). Además de la vegetación como: *Nymphaea alba* (macrófito) siendo el mejor indicador del estado de este hábitat (Servicio de Vida Silvestres, 2018).

Durante años se ha observado un empeoramiento generalizado del estado de este *ullal*, por lo cual este TFG plantea realizar un diagnóstico que pueda acotar las causas.

2 Objetivos

El objetivo principal de este Trabajo final de Grado es diagnosticar el estado ambiental actual del “Ullal Fosc” para su posterior restauración.

Los objetivos secundarios son: caracterizar la zona del estudio, revisar los antecedentes, analizar los posibles efectos de las captaciones cercanas a la zona afectada, proponer propuestas de recuperación y restauración adecuadas.

3 Metodología

Para la realización de este estudio realiza un análisis de la cartografía de la zona de estudio con el programa Arcgis 10.1 para su caracterización. En la tabla 1 se presenta un listado completo de la cartografía utilizada.

Tabla 1. Cartografía del ecosistema estudiado con el fin de visualizar la zona de estudio.

Nombre	Fuente	Programa	Escala
Plano I. Clasificación del suelo	ICV	Arcgis 10.1	1:30000
Plano II. Zonificación del suelo	ICV	Arcgis 10.1	1:35000
Plano III. Litología	ICV	Arcgis 10.1	1:30000
Plano IV. Usos del suelo	ICV	Arcgis 10.1	1:30000
Plano V. Ubicación de los pozos de extracción de agua de Gandía.	ICV	Arcgis 10.1	1:15000
Plano VI. PATRICOVA	ICV	Arcgis 10.1	1:20000
Plano VII. LIC	ICV	Arcgis 10.1	1:25000
Plano VIII. ZEPA	ICV	Arcgis 10.1	1:25000
Plano IX. Zonas Húmedas Catalogadas	ICV	Arcgis 10.1	1:30000
Plano X. Mapa geológico de España	IGME		1:50000
Plano XI. Corte geológico transversal	IGME		
Plano XII. Ubicación de los ullals de Gandía	ICV	Arcgis 10.1	1:15000

(ICV= Institut Cartogràfic Valencià; IGME= Instituto Geológico y Minero de España)

Una vez localizada y caracterizada la zona de estudio se procede a la revisión de información histórica disponible sobre el Marjal de la Safor, para revisar los antecedentes que han influido en la situación actual. Los documentos utilizados han sido:

- Proyecto “El *Ullal de la Font* de Forner (Parc Natural de IÀlbufera) y el *Ullal Fosc* Z.H.C en la Marjal de la Safor (Gandia) (Miracle et al, 2007).
- El proyecto de “Actuaciones de mejora del Uso Público del entorno del Aula de Natura y conectividad con la Marjal de Gandía” (Confederación Hidrográfica de Júcar, 2011).
- El informe sobre el estado de conservación del *Ullal Fosc* (Gandía) (Servicio de Vida Silvestre, 2017).

En la actualidad, existen diversas captaciones de agua subterránea que podría estar afectando al caudal superficial de las surgencias. Así pues, se ha procedido a realizar un inventario de estas captaciones, determinando su localización y volumen extraído, centrándonos en las que se sitúen en las cercanías del *Ullal Fosc*. Estas captaciones se destinan a dos usos, urbano y agrícola.

Para la obtención de los datos de los pozos de extracción urbana se ha consultado tanto a Confederación Hidrográfica de Júcar como al Ayuntamiento de Gandía. Los datos que se obtuvieron fueron: el caudal mensual a partir del año 2018 y el nombre de los pozos.

La Comunidad de Regantes de los Marjales de Gandia nos ha proporcionado los datos del pozo existente para riego agrícola. Los datos facilitados fueron: la capacidad de retención en litros y la frecuencia con la que se utiliza (dos veces al año). Con los datos obtenidos se ha requerido una posterior visita al campo con el fin de poder localizar exactamente la ubicación de los pozos, y obtener la distancia hasta el *Ullal Fosc*.

Una vez obtenidos todos los datos necesarios de las captaciones se ha procedido a la utilización del programa GLOVER, del Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Este programa gratuito se puede descargar en la página del IGME, en el siguiente enlace: http://www.igme.es/productos_descargas/aplicaciones/glover.htm. Este programa se utiliza para calcular el descenso experimentado en el aporte natural de un acuífero a una masa de agua superficial debido a la realización en aquel de un bombeo. Se basa en el modelo Glover-Jenkins, considerando las siguientes condiciones: el acuífero se considera semiinfinito, homogéneo e isótropo con coeficiente de almacenamiento (S) y transmisividad (T) constantes. Para poder conseguir la superposición y la linealidad se considera que el acuífero es

completamente penetrante sin variaciones de las propiedades aun teniendo oscilaciones de nivel.

La interfaz del programa es muy sencilla, tal y como se muestra en la figura 4.

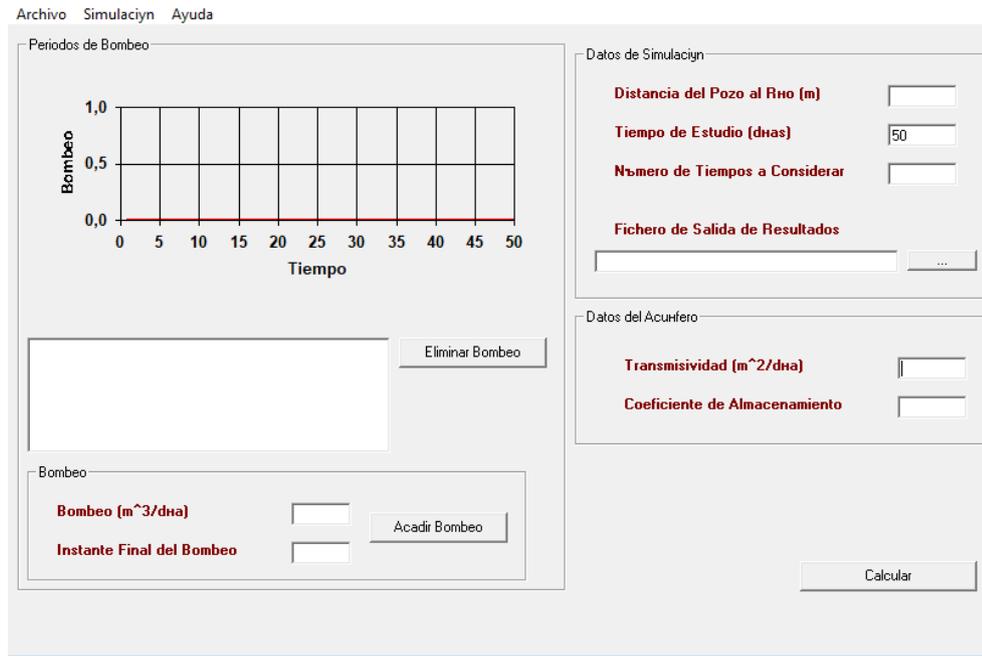


Figura 4. Pantalla principal del programa GLOVER donde se muestran los datos necesarios para la ejecución del programa.

Los datos que se requieren para ejecutar una simulación son: el caudal extraído (m^3), distancia del pozo al acuífero, tiempo de estudio, transmisividad ($m^2/día$) (capacidad del medio para transmitir agua, T) (Custodio et al, 1983) y coeficiente de almacenamiento (volumen de agua liberado por una columna de agua de acuífero de altura igual al espesor del mismo, S) (Custodio et al, 1983). Una vez introducidos todos los datos se decide el tiempo de estudio coincidiendo con el instante final del bombeo. Posteriormente se crea un fichero de salida en la misma carpeta donde se ubica el programa con el fin de poder realizar simulaciones mediante el botón “**Calcular**” como se muestra en la figura 4.

Para la obtención de T y S, en primer lugar debe de consultarse el mapa Hidrogeológico de España, para conocer el tipo de roca que presenta el acuífero como se muestra en la figura 5 para la posterior utilización de las tablas 2 y 3.

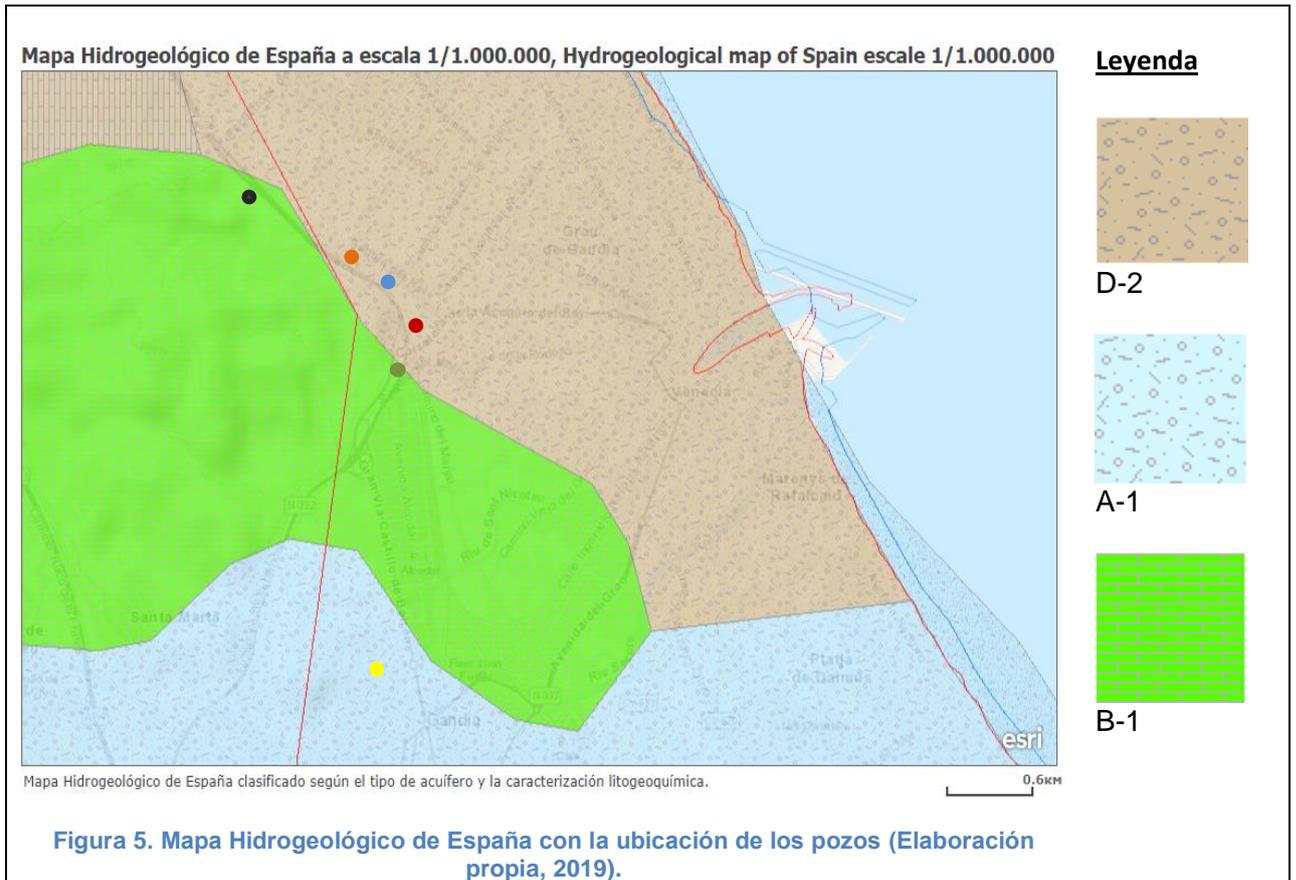


Tabla 2. Tabla de los valores del coeficiente de almacenamiento de un acuífero (Custodio et al, 1983).

Tipo de material	Funcionamiento del acuífero	Valores S
Kárstico (calizas y dolomías jurásicas)	Libre	2×10^{-2}
	Semiconfinado	5×10^{-4}
	Confinado	5×10^{-5}
Calizas y dolomías cretácicas	Libre	2×10^{-2} 6×10^{-2}
	Semiconfinado	$10^{-3} - 5 \times 10^{-4}$
	Confinado	$10^{-4} - 5 \times 10^{-5}$
Gravas y arenas	Libre	$5 \times 10^{-2} - 15 \times 10^{-2}$
	Semiconfinado	10^{-3}
	Confinado	10^{-4}
Calcarenitas marinas terciarias	Libre	$15 \times 10^{-2} - 18 \times 10^{-2}$

Tabla 3. Tabla de los valores de la Transmisividad ($m^2/día$) de un acuífero (Custodio et al, 1983).

Transmisividad ($m^2/día$)	Permeabilidad	Tipo roca	
10^4	Muy alta	Grava neta	Arenisca, rocas ígneas y metamórficas
10^3		Arena neta	
10^2	Alta	Arena fina	
10^1	Moderada		
1		Limo, arcilla, mezcla de arena, limo y arcilla	
10^{-1}			
10^{-2}	Baja	Arcilla masiva	Arenisca laminada, lutita
10^{-3}			
10^{-4}	Muy baja	Arcilla masiva	Arenisca laminada, lutita
10^{-5}			

Se considera que el acuífero es libre también conocido como acuífero freático ya que el límite superior de la saturación está a la presión atmosférica. Existe una relación estrecha entre los acuíferos y masas de aguas superficiales (en este caso los *ullals*) ya que pueden actuar como canales de descarga o recarga siendo una forma natural de captación de agua subterránea, se podría decir que el acuífero alimenta al *ullal*.

Así mismo un pozo de bombeo (dispositivo que permita extraer agua contenida en un acuífero mediante el bombeo) que lleva extrayendo el agua durante un tiempo prolongado deforma la superficie piezométrica formando un embudo o cono invertido situando el pozo en el centro produciendo un descenso del nivel del agua del acuífero redirigiendo su dirección hacia la captación mostrado en la figura 5.

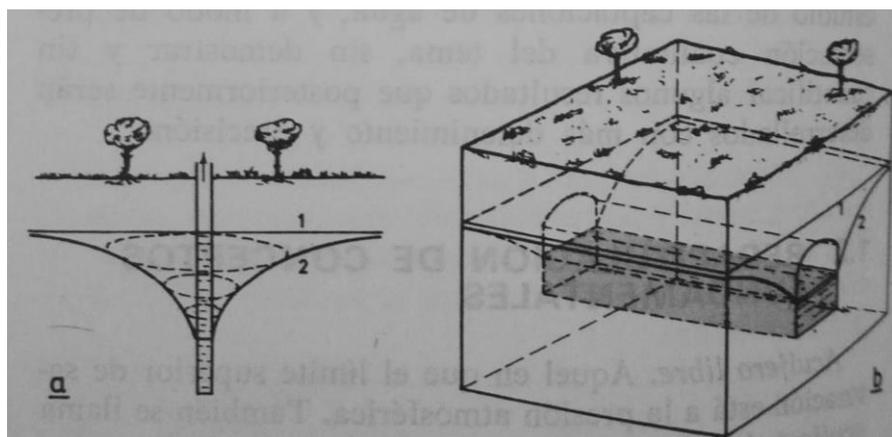


Figura 6. Formación de un embudo o cono invertido a consecuencia de la extracción de agua mediante un pozo de bombeo (Custodio et al, 1983).

Al principio del bombeo el agua se extrae del almacenamiento de los alrededores del pozo. En ese momento se establece un régimen no permanente en el cual se extiende el embudo hasta la obtención de la misma cantidad de agua obtenida del almacenamiento del acuífero que extraída por el pozo. Sabiendo que se trata de un acuífero libre su recarga puede ser debida a las lluvias pero si existe carencia de las mismas, el cono puede alcanzar masa de agua superficial situada encima del acuífero en este caso el *ullal*. Si no se llega a igualar el bombeo, se establece el régimen permanente, es decir no se toma el agua del almacenamiento del acuífero, se invierten las condiciones hidrológicas induciendo el movimiento del agua de la surgencia hacia la dirección del pozo llegando a disminuir el caudal del *ullal* (Custodio et al, 1983) mostrado en (figuras 6 a 8).

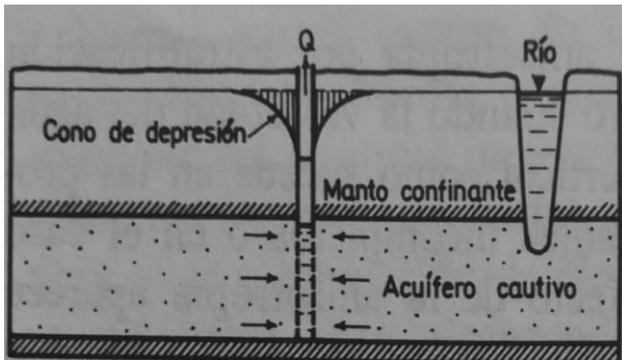


Figura 7. Se muestra el cono invertido en un régimen no permanente al iniciarse el bombeo (Custodio et al, 1983).

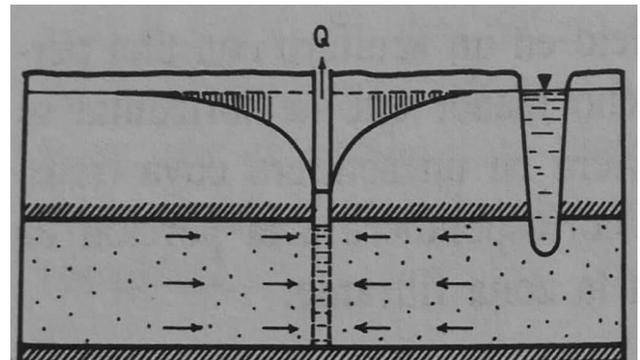


Figura 8. Se muestra el cono invertido en el momento que se alcanza la masa de agua superficial invirtiéndose las condiciones hidrológicas. Régimen no permanente (Custodio et al, 1983).

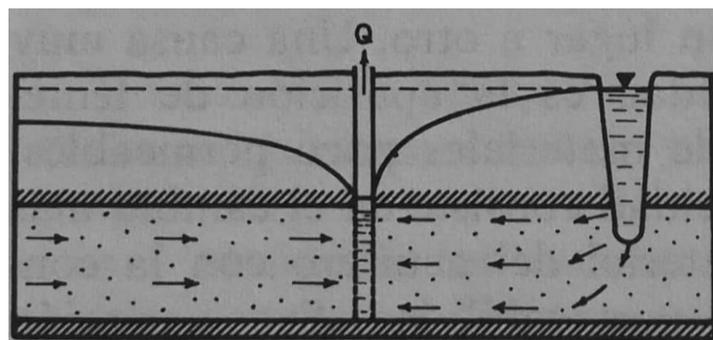


Figura 9. Se muestra el régimen permanente. El caudal del pozo es suministrado por la masa de agua superficial (Custodio et al, 1983).

4 Delimitación de la zona

El entorno de este estudio se extiende por una superficie aproximada de 10 km² (distancia que presentan los pozos al *ulla*) en la Marjal de la Safor. Presenta suelo no urbanizable protegido debido a su valor ambiental destinado al uso agrícola.

4.1 Hidrogeología

La zona del Marjal de la Safor pertenece al plano costero que es conocido como "Óvalo de Valencia" con una cuenca abierta hacia el mar. Las montañas que rodean esta zona forman un arco que interactúa entre el sistema ibérico y bético y se comporta como una capa distensiva lo cual provoca un hundimiento continuo de la cubeta del humedal (Viñals, 1999).

Al comportarse como un área distensiva, en el Marjal se pueden encontrar materiales pertenecientes al periodo Plioceno-Cuaternario formado por multicapa con espesor entre 50-100 metros, con una presencia de calizas y dolomías. (Viñals, 1999).

Pertenece a la unidad hidrogeológica Plana Gandía – Denia la en la cual la zona montañosa de Mondúver está compuesta por rocas calcáreas y dolomíticas, mientras que en el resto del Marjal se puede hallar gravas, arenas, limos y arcillas obtenido del mapa Hidrogeológico de España.

El relieve que rodea el marjal por la parte interior está formado por roca calcárea. Al estar en contacto con el agua ácida la calcita se disuelve produciendo fisuras que se van abriendo formando cuevas en las cuales se acumula el agua subterránea. En el caso del Marjal se producen muchos afloramientos de agua de las sierras de Marxuquera y Falconera. Pero al mismo tiempo la capa superior alejada de la sierra está formada por arcilla blanda y limos, enclavada en un acuífero detrítico que funciona como una grande esponja ya que retienen el agua entre los poros del material por el que están formados (Donat et al, 2001). A diferencia del

acuífero kárstico, estos se abastecen directamente del agua procedente de la lluvia. A raíz de presentar formaciones de baja permeabilidad, puede albergar acuíferos poco extensos y de baja productividad pero con un gran interés local para el regadío (IGME).

Existe una conexión entre los dos acuíferos en forma de *ullals* como es el caso del *Ullal Fosc*. Son un “tipo de manantiales de flujo concentrado que brota al pie de los relieves de forma ascendente como consecuencia del contraste de transmisividades entre caliza, dolomía y materiales detríticos” (Martos, 1999), a consecuencias de este suceso el humedal se alimenta de agua subterránea dependiendo del nivel piezómetro en al cual al estar formado por materiales permeables, el nivel freático fluctúa.

Balance hídrico

El balance hídrico depende tanto de las entradas y salidas del acuífero como de la morfología, geología, el subsuelo y la vegetación además de la capacidad del humedal.

Entradas:

- Precipitaciones

Se ha estudiado la evolución de las precipitaciones desde el año 2000 hasta la fecha actual y en la figura 10 se puede observar como las precipitaciones durante estos años han tenido mucha variabilidad.

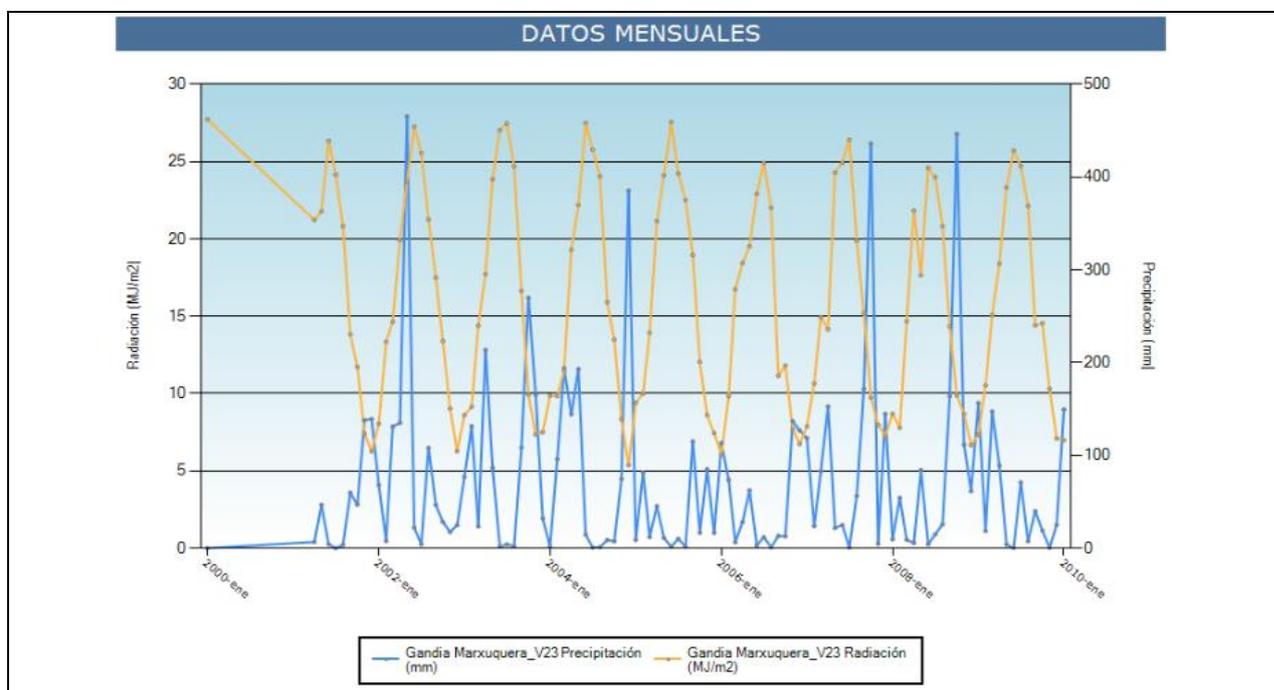


Figura 10. Datos de la pluviometría de la estación Gandía-Marxuquera del período de 2000- 2010 (SIAR, 2019).

Existen máximos valores de las precipitaciones en los meses tanto de primavera como de otoño considerándolos meses más lluviosos, el promedio de las precipitaciones está en 900 (mm/año).

A partir del año 2010 (el año que registra las evidencias del empeoramiento del *Ullal Fosc*), se ha registrado que los años con lluvias más abundantes son el 2010 y el 2018 coincidiendo ambos con el principio de otoño, como se puede observar en el siguiente figura 11.

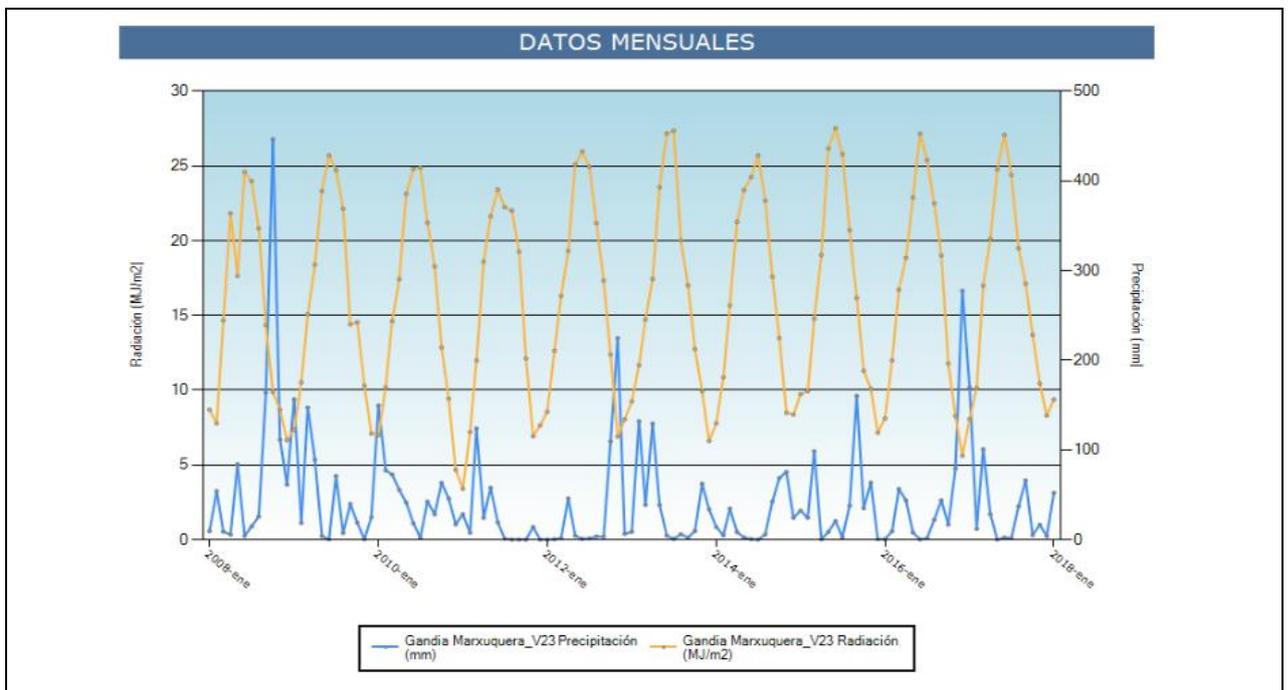


Figura 11. Datos de la pluviometría de la estación Gandía-Marxuquera del período de 2010-2018.

Pero aun así el promedio de las precipitaciones en estos diez años ha disminuido a 500 (mm/año).

Según los meses y el estado de saturación del suelo si el nivel piezómetro se encuentra bajo, al agua de la lluvia se infiltra alimentando el acuífero detrítico mientras que en los meses de otoño se produce encharcamiento por la saturación del suelo (Martos, 1999).

Al tener buena permeabilidad del suelo y poca precipitación, el agua aparte de perderse por la evapotranspiración se pierde por la infiltración a las capas inferiores del suelo. Si no se produce aporte de agua y hay elevada radiación del suelo, la vegetación tiene mayor dificultad de obtener la humedad del suelo y comienza a sufrir déficit de agua lo cual requiere mayor aporte de agua mediante el regadío.

- Aporte por aguas subterráneas

Presenta el aporte hídrico más importante de la Marjal de la Safor, ya que se ubica en un acuífero detrítico explicado anteriormente.

Se trata de un acuífero freático donde la parte superior está formada por materiales permeables y la parte interior por materiales calcáreos. Es uno de los aportes hídricos más estables que dependen de las descarga de los acuíferos kársticos, además de alimentarse de las lluvias (Martos, 1999). Así mismo donde se encuentra la cota más baja, se presenta afloramientos de esta agua.

Es muy importante analizar la evolución del nivel piezométrico en las masas de agua subterránea de la plana de Gandía ya que tiene una relación estrecha con las precipitaciones y como se ha comentado anteriormente, las lluvias en los últimos años se han reducido a la mitad.

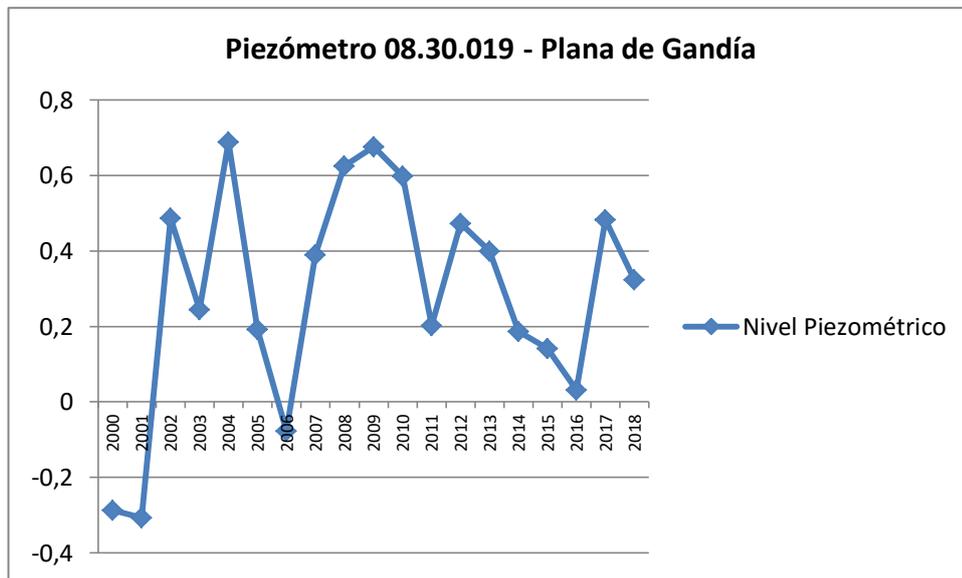


Figura 12. Valores del nivel piezométrico de la Plana de Gandía (Confederación Hidrográfica de Júcar, 2017).

En la figura 12 se puede observar como a partir del 2009 el nivel piezométrico se reduce coincidiendo con la bajada de las precipitaciones de estos años. Aunque en el año 2012 se observa una subida de los valores pero aun así no llegan a ser los mismos que antes y siguen en declive llegando a una cota mínima de 0,031 (m.s.n.m.)

- Escorrentía superficial

Además de las lluvias otra de las entradas principales es la escorrentía superficial. En el caso del Marjal de la Safor este aporte de agua procede de los pequeños barrancos al pie del relieve montañoso (Martos, 1999) coincidiendo con la ubicación del *Ullal Fosca*.

Este fenómeno se observa cuando se producen lluvias torrenciales ya que la capacidad de infiltración disminuye a causa de la saturación del suelo.

Otro factor que afecta es el umbral mínimo de las precipitaciones, cuando este mismo se encuentra por encima, la probabilidad de que ocurra escorrentía superficial aumenta. Se encuentra entre 65 mm durante 5 horas y 100 mm durante 24 horas (Martos, 1999). Como se ha comprobado anteriormente el promedio de las precipitaciones en estos últimos 10 años no supera el umbral mínimo necesario.

- Desbordamiento de aguas fluviales

La Marjal de la Safor está rodeada por el río Vaca y río San Nicolau en Gandía los cuales están sujetos a inundaciones ocasionales que provocan desbordamiento de aguas y las consiguientes inundaciones.

Según el Plan de Acción Territorial de Carácter Sectorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación de la Comunidad Valenciana (PATRICOVA) el área de estudio se puede encontrar que la zona se encuentra dentro del nivel 3 de peligrosidad con una frecuencia de 25 años. Es debido a que se encuentra en una zona deprimida donde se producen acumulaciones de aguas con dificultades de drenaje hacia el mar.

Salidas:

- Evapotranspiración

Se trata del agua evaporada del suelo del humedal junto con la humedad del sistema vascular de la vegetación hacia la atmosfera (Martos, 1999). Es un fenómeno natural que está sujeto a la temperatura y la radiación solar elevadas además del viento.

Si no se produce aporte de agua y hay elevada radiación del suelo, la vegetación tiene mayor dificultad de obtener la humedad del suelo y comienza a sufrir déficit de agua lo cual requiere mayor aporte de agua mediante el regadío.

- Bombeos y acequias

Siendo el cultivo el principal uso del suelo, se han establecido pozos de extracción agrícola con el fin del abastecer los cultivos cítricos, etc. Además, entre los meses de otoño y invierno el nivel de agua sube y genera problemas como la inundación. Para poder solucionar este problema se han establecido bombas conectadas con las acequias que succionan el agua y la llevan hacia el mar.

Las principales acequias que alimentan el río Vaca situado al norte y río Sant Nicolau situado hacia el sur, que atraviesan la Marjal de la Safor son: Acequia de l'Ahuir, Acequia de la Mota o de Trènor y Acequia Travessera. Sin embargo el ramal que rodea el *ullal* es la Acequia de la Tancada.

Así como en la época de invierno las acequias sirven de gran ayuda para controlar las inundaciones, en época estival suponen un problema para el acuífero. El problema viene dado por el aumento ocupacional en esa época y por la escasez de precipitaciones junto con elevada evatranspiración. Todo ello provoca un problema ya que el cultivo de cítricos tiene necesidades hídricas las cuales no se puede abastecer con tan bajo nivel piezómetro, lo cual conlleva a explotación de acuíferos cercanos como en el caso de la *Sèquia de l'Ahuir*.

4.2 Usos del suelo

Rememorándose al siglo XVI, la comarca se basaba en la agricultura extensiva y de subsistencia basada en morera, arroz y caña de azúcar siendo el principal cultivo. La demanda de la población creciente obligó el aumento del regadío. A partir del siglo XVIII el intensivo crecimiento agrícola provocó un cambio en el uso del suelo ya que agricultura se empezó a basar en el maíz y arroz principalmente, además la modernización de los azudes permitió aumentar la superficie regada (Cano, 2005).

Aun prohibiendo el cultivo del arroz, no solo no desapareció sino que se expandió progresivamente llevando a cabo la transformación de amplias zonas y la superficie regada ascendía a 11.000 hanegadas.

Sin embargo el periodo de transición del siglo XIX al siglo XX fue el periodo más marcado para a agricultura de la Safor. Dicho periodo se basó en nuevas técnicas de extracción de agua lo cual conllevó al aumento de la superficie regada de 106,240 hanegadas a 129,537 hanegadas.



Figura 13. Imagen del vuelo fotogramétrico de la Marjal de la Safor del año 1945-46.



Figura 14. Imagen del vuelo fotogramétrico de la Marjal de la Safor del año 1980-86.

A partir de los años 60 por la crisis de arroz se produjo una importante transición con abandono de los dichos cultivos y transformación por un sistema agrícola denominado

“bancos”. Este sistema consistía en la elevación del terreno dragando las parcelas lindantes para poder cultivar cítricos y hortalizas pudiendo venderlos a un precio más elevado. Así mismo el desarrollo de este cultivo se apoyó en la creación de grandes fincas de cítricos en Xeraco (Sanchis, 2008) y posteriormente la importante actividad turística de Gandía, que expandió la urbanización hasta alcanzar la marisma.

Hoy en día el cultivo constituye el principal uso del suelo del Marjal de Gandía, que ha pasado de ser extensos cultivos de arroz a hortalizas y frutales cítricos principalmente. Aun así, en la zona del estudio se pueden observar pequeñas áreas ocupadas por arrozales. Cabe destacar la continua expansión del regadío que presenta debido a la expansión del cultivo cítrico.

Desde el año 1850 las comunidades de regantes obtienen el agua a partir de los ullal Fosc y Clar (Antequera, 2005). Con los años los requerimientos hídricos han aumentado conllevando a mayor explotación de estos manantiales.

4.3 Hábitats

Se puede hablar de un espacio palustre a la hora de hablar del Marjal. Esta zona húmeda se sitúa entre *backbarrier* que se trata de una llanura arenosa que se ubica detrás de las dunas en las cual varían los procesos subaéreos y subacuáticos dependiente del nivel freático, y el relieve montañoso de Mondúver.

La peculiaridad de este Marjal se encuentra en que se halla en un elevado estado de colmatación con escasa lámina de agua. De este modo el humedal presenta tres subambientes como: área palustre, zanjas artificiales y *ullals*.

El hábitat palustre existente se debe a dos fenómenos. Primer fenómeno es la fuerte colmatación que se ha producido debido a la erosión de la ladera por causa de la deforestación del bosque mediterráneo. Por otro lado, la causa es la dulcificación del agua procedente de los *ullals*. Aun así existe intrusión marina debida a la alta porosidad de la restinga y la sobreexplotación del acuífero lo cual conlleva a la bajada del nivel freático.

Otros hábitats existentes son las láminas de agua libre como zanjas artificiales y *ullals*.

Las zanjas son formaciones cuadradas artificiales que se han formado a partir de la excavación de la parcela para extraer sedimento con el cual elevar la cota para el cultivo existente. Al dejar la excavación por debajo del nivel freático, el mismo se encharca con agua súbita la cual permanece en un régimen más o menos constante.

Mientras que los *ullals* son de forma redonda, con cierta profundidad que descargan el agua procedente del acuífero kárstico. Generalmente se encuentran al pie del relieve de la zona montañoso, además en el Marjal de Gandía se ha detectado la existencia de 13 *ullals* entre los cuales se encuentra el ullal fosc. Este tipo de manantial alimenta el humedal desde el fondo, es decir, el agua brota de forma ascendente debido al contraste de coeficiente de transmisión entre caliza y dolomía del Mondúver y materiales detríticos de la plana (Viñals, 1999).

5. Análisis de la problemática

5.1 Estudios históricos

Con el fin de encontrar el foco del problema que presenta el ullal fosc se rememora al año 2007 a la memoria del proyecto “ El ullal de la Font de Forner (Parc Natural de l'Àlbufera) y el Ullal Fosc Z.H.C en la Marjal de la Safor (Gandia)” realizado mediante la Universidad de Valencia. En este informe el *ullal* presentaba buen estado siguiendo una morfología típica con una zona de hundimiento en el centro con forma de cono, con presencia de material arenoso y con una profundidad total de cuatro metros. Presentaba buenos indicadores de calidad de agua como la presencia de los macrófitos sumergidos en prácticamente todo el fondo a excepción del cono por su pronunciada profundidad debido a la falta de luz y la verticalidad de las paredes mostrado en la figura 15.

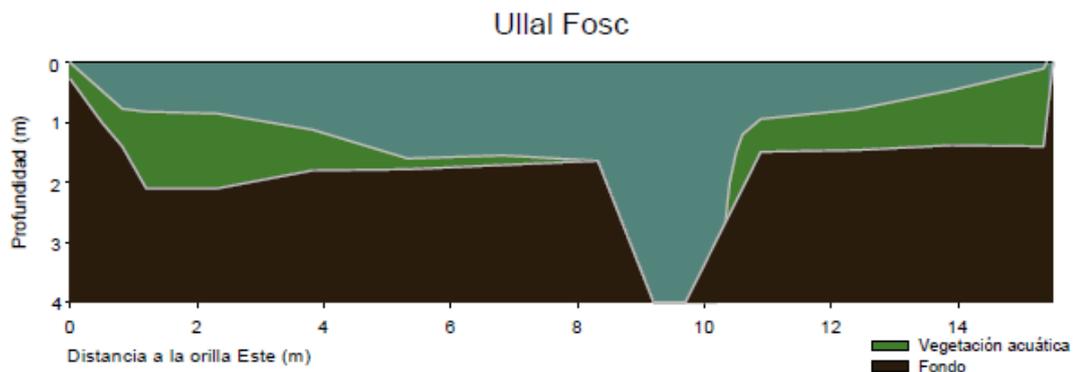


Figura 15. Perfil batimétrico y recubrimiento de la vegetación sumergida en el Ullal Fosc en noviembre de 2007 (Universidad de Valencia).

Presentando 315 m³ de volumen de la cubeta, 179 m³ eran ocupados por el agua libre mientras que el resto del volumen era ocupado por la vegetación acuática.

Sin embargo en primavera del mismo año se realizó un muestreo que presentaba un desarrollo de algas filamentosas y el aumento de la eutrofización debido a la contaminación por lixiviado de excesos de abonado procedente de la agricultura, disminuyendo la cantidad de macrófitos como es el caso de *Lemna minor* (Lenteja de agua) comparado con los años 80 (Miracle et al, 2007).

Según la escala de cinco categorías que propone la Directiva Marco Europea el estado se consideró moderado-bueno con alta presencia de la comunidad acuática típica de sistemas acuáticos permanentes. Aun así el estado del *ullal* empeoraba debido a su utilización como vertedero de escombros incontrolado provocando la disminución del perímetro además del crecimiento de carrizo debido a la destrucción de la orla helofítica (vegetación resistente a la inundación permanente típica de lagunas) que bordeaba el manantial debido a los cultivos y la construcción de las vías de comunicación, lo cual conlleva a la colmatación de la cubeta. Por último otra de las causas de la pérdida de la calidad y en la cual se centrará este TFG es debida a la excesiva explotación del acuífero mediante los pozos de extracción de agua que alimentaba este manantial.

Como soluciones la Universidad de Valencia propuso:

- Aislarlo de la zona agrícola creando un perímetro de protección y evitando así la contaminación mediante los pesticidas.
- Plantación de vegetación palustre que actuara como filtro verde.
- Eliminar materiales que se utilizaron para para el trazado de los caminos, disminuyendo la cota completando así la conexión del *ullal* con la zona saturada del agua.
- Efectuar una retirada manual de la basura.
- Mantenimiento de los canales de salida del agua de los *ullals* en estado naturalizado.
- Cuidar la sobreexplotación de los acuíferos provocada por los pozos de extracción de agua.

A partir del año 2007 el *Ullal Fosc* ya presentaba unos indicadores alarmantes sobre su estado evolutivo. Se evidenciaba la disminución de la cubeta por lo cual en el año 2011 se puso en marcha el proyecto de "Actuaciones de mejora del Uso Público del entorno del Aula de Natura y conectividad con la Marjal de Gandía" realizado mediante CHJ, con el fin de puesta en valor de los recursos naturales y la mejora paisajística y biológica en el área del *Ullal Fosc*.

Entre las propuestas establecidas se encontraba:

- Aumentar la superficie de la lámina de agua y retirar el resto de los residuos vertidos dentro del *ullal*.
- La excavación y dragado con el fin de extender la capa de agua en comparación con la preexistente.
- Aumentar la profundidad en el área perimetral que evite un crecimiento del carrizo comentado anteriormente.

- Eliminación de especies exóticas y revegetación de la zona sustituyendo la vegetación ruderal.
- Evitar los vertidos ilegales construyendo un vallado perimetral integrado paisajísticamente.
- Integración de elementos mobiliarios como: carteles, papelera, etc.

Además este año coincidió con las obras que presentaba A-38 que recorre paralelamente el *Ullal Fosc*, presentando elevados perjuicios a este ecosistema ya que además de incidir negativamente sobre la escorrentía superficial ya que se ubica al pie de la zona montañosa (lo cual actúa como una barrera entre el marjal y la montaña), incide negativamente sobre la fauna local como se puede observar en la figura 16.



Figura 16. Trazado de la construcción de la A-38.

Hasta el año 2017 en el ullal aún se podía observar la flora autóctona (macrófitos) de este lugar, sin embargo en ese mismo año desapareció por completo. Por lo cual el Servicio de Vida Silvestre puso en marcha la recopilación de información con el fin de poder hallar la causa.

Realizando una batimetría se observó que la cubeta del ullal estaba muy colmatada a pesar de las actuaciones de restauración realizadas en el año 2011 como se puede observar en la figura 17.



Figura 17. Batimetría de la cubeta del Ullal Fosco realizada en el año 2018 (Servicio de Vida Silvestre).

La profundidad que presentaba el cono de surgencia disminuyó a la mitad y la profundidad total pasó de 4 m a escasos 40 cm.

Además se registró el menor nivel de agua debido a la bajada de las precipitaciones no llegando a recargar el acuífero como a los pozos de extracción de agua para el regadío provocando un estancamiento de agua lo cual disminuye el oxígeno disuelto presente en la surgencia.

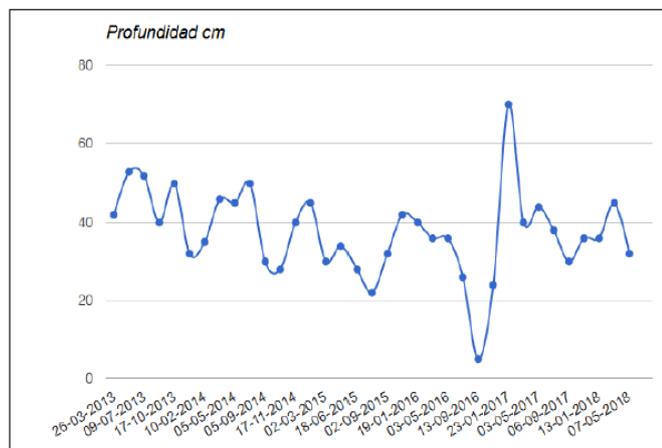


Figura 18. La profundidad (cm) de la lámina de agua del Ullal Fosco (Servicio de Vida Silvestre, 2018)

Los cloruros presentaban una concentración estable hasta el año que ocurrió el descenso de la profundidad, lo cual conlleva a que el acuífero no podía contrarrestar la presión del agua salada provocando una intrusión marina, figura 19.

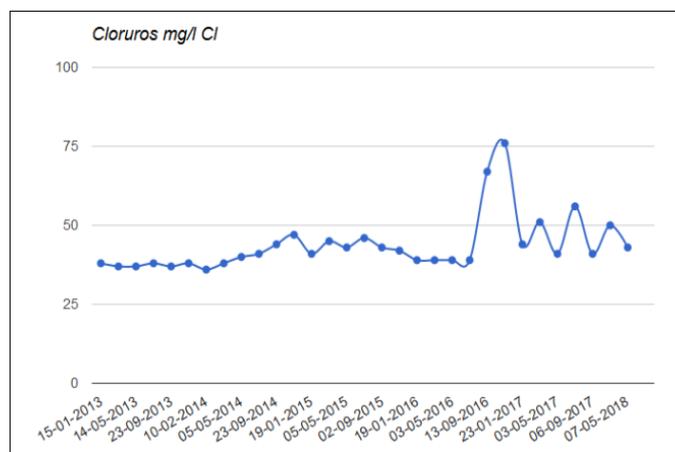


Figura 19. Cloruros (mg/l) presentes en el Ullal Fosç (Servicio de Vida Silvestre, 2018).

Finalmente en el año 2017 no se evidencia la presencia de los macrófitos siendo estos buenos indicadores de calidad de agua de estos hábitats, en su lugar se desarrollaron algas filamentosas.

Todo ello conlleva a revisar el posible efecto que pueden presentar los pozos de extracción de agua subterránea para el regadío que requiere el cultivo en este ecosistema.

5.2 Análisis de la influencia de los pozos

Con el fin de poder hallar si el problema que presenta el *ullal* tiene relación con la extracción de agua mediante los bombeos, se ha recopilado un inventario de pozos extracción de agua tanto de uso urbano como agrícola indicando a la distancia que se encuentran del *ullal* junto con el volumen de agua extraído mensualmente, para la posterior utilización del programa GLOVER.

Tabla 4. Inventario de los pozos de extracción de agua de uso urbano y agrícola.

Nombre	Uso	Coordenadas UTM	Distancia (m)	Q (m3/día)	Q (m3/día)
Comunidad de Regantes	Agrícola	x=743934.563 y=4320046.483	600	160	5
Pozo San Juan	Urbano	x=743862.379 y=4319733.885	780	59500	1983
Pozo Playa IV	Urbano	x=743830.213 y=4320217.191	400	156000	5200
Pozo Llombart	Urbano	x=742722.526 y=4320808.061	750	38100	1270
Pozo de Beniopa	Urbano	x=743756.365 y= 4317882.531	2500	230500	7683

En la figura 20 se puede observar como entre los pozos más cercanos al *ullal* se encuentra el de la extracción de agua de uso agrícola.



Figura 20. Localización de los pozos.

Se ubica en el lado derecho del Centro Hípico de Gandía (Los Robles) visto desde la carretera N-332. A pesar de que su funcionamiento se inició hace más de 20 años su caudal mensual es el más bajo de todos, además de que su puesta en marcha se produce dos veces al año en los meses de verano cuando se requiere mayor cantidad de agua para el regadío de los naranjos.



Figura 21. Pozo de extracción de agua de uso agrícola de la Comunidad de Regantes de Gandía.

Tanto los pozos Playa IV y Beniopa son los encargados de la extracción anual de agua para el abastecimiento de la población superando un caudal promedio mensual de 150000 m³.



Figura 22. Pozo de extracción de agua para el abastecimiento urbano (Pozo de Beniopa).

El Pozo de Beniopa se puede encontrar siguiendo el carrer de Baix de Santa Anna (Gandía, Beniopa) subiendo hacia la ermita de Santa Anna (Gandía, Beniopa). Dispone de una bomba de extracción, que envía el agua a la planta desnitificadora de Falconera.



Figura 23. Pozo de extracción de agua para el abastecimiento urbano (Pozo Playa IV).

El pozo Playa IV es ubicado en la marjal de Gandía, al lado del Centro Hípico de Gandía (Los Robles) visto desde la carretera N-332. Este pozo dispone de dos bombas de extracción enviando el agua a la planta desnitificadora *Ull de Bou*.

Sin embargo, a pesar de que el volumen extraído mediante el pozo de Beniopa es mayor, su distancia al *ullal* es tres veces mayor que la del pozo Playa IV que se encuentra a escasos 400 metros siendo el pozo más cercano.

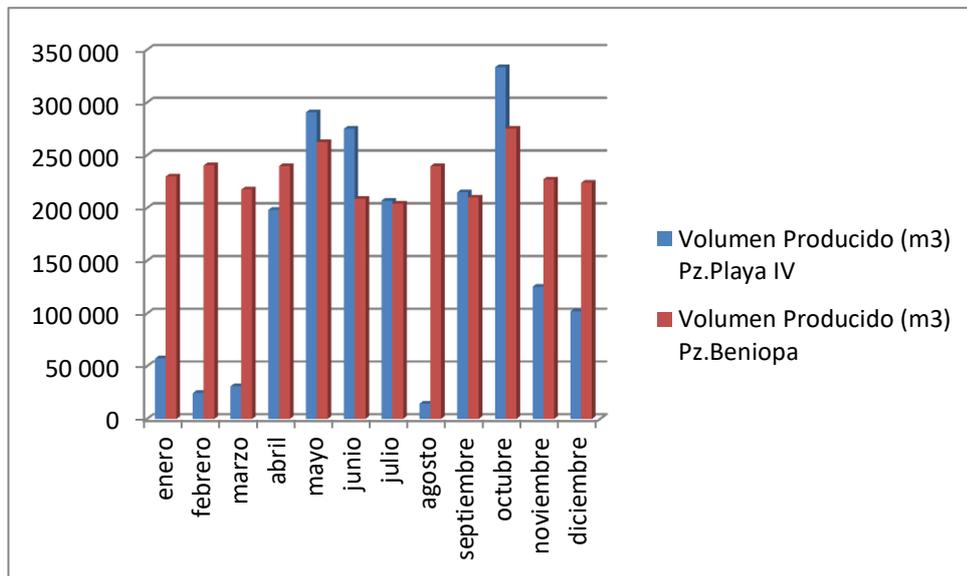


Figura 24. Volumen de agua producido (m³) mediante los pozos Playa IV y Beniopa.

Así mismo el Pozo San Juan y el Pozo Lombart enfocan su producción en los meses de verano siendo los meses más poblados de Gandía.



Figura 25. Pozo de extracción de agua para el abastecimiento urbano (Pozo San Juan).

El pozo de San Juan se ubica enfrente del Parque de Bomberos de Gandía, junto al polígono Alcodar. Dispone de una bomba de extracción de agua enviando el agua directamente a la planta desnitificadora *Ull de Bou*.

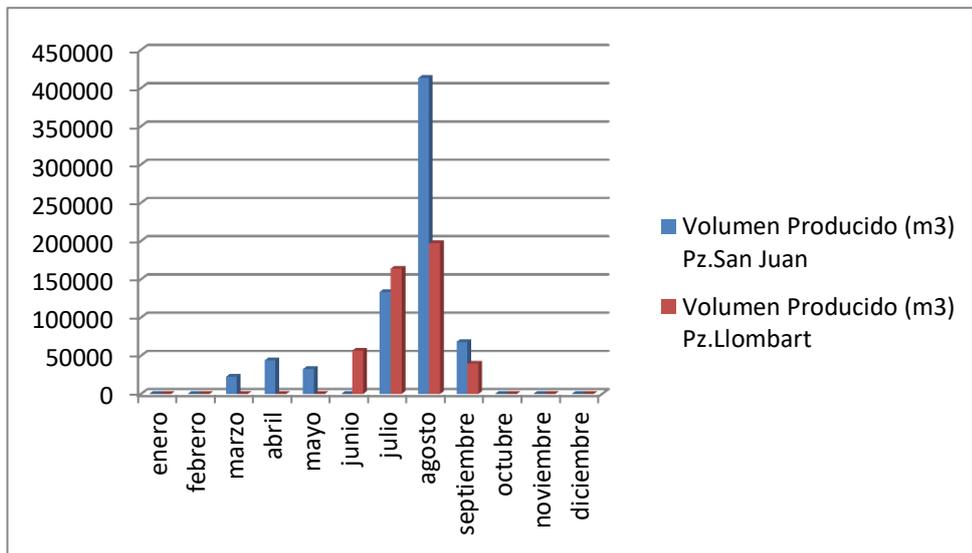


Figura 26. Volumen de agua (m³) producido mediante los pozos San Juan y Llobart.

Mientras que la planta desnitrificadora de la Falconera trata el agua procedente del Pozo de Llobart, el agua procedente del pozo de San Juan es tratada mediante la planta de *Ull de Bou*. Ambas plantas conectadas a la red de abastecimiento sirven de soporte aportando el agua de buena calidad en épocas de crecida de la población de Gandía, por esta misma razón se puede observar que la producción aumenta en meses en verano siendo nula en meses invernales.

5.2.1 Simulaciones mediante el programa GLOVER

Para poder proceder a realizar las simulaciones mediante el programa GLOVER, se han creado las siguientes tablas con el fin de poder hallar la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento mediante el tipo de material que presenta el acuífero la cual se ha consultado en el mapa Hidrogeológico de España mostrado en la figura 27.

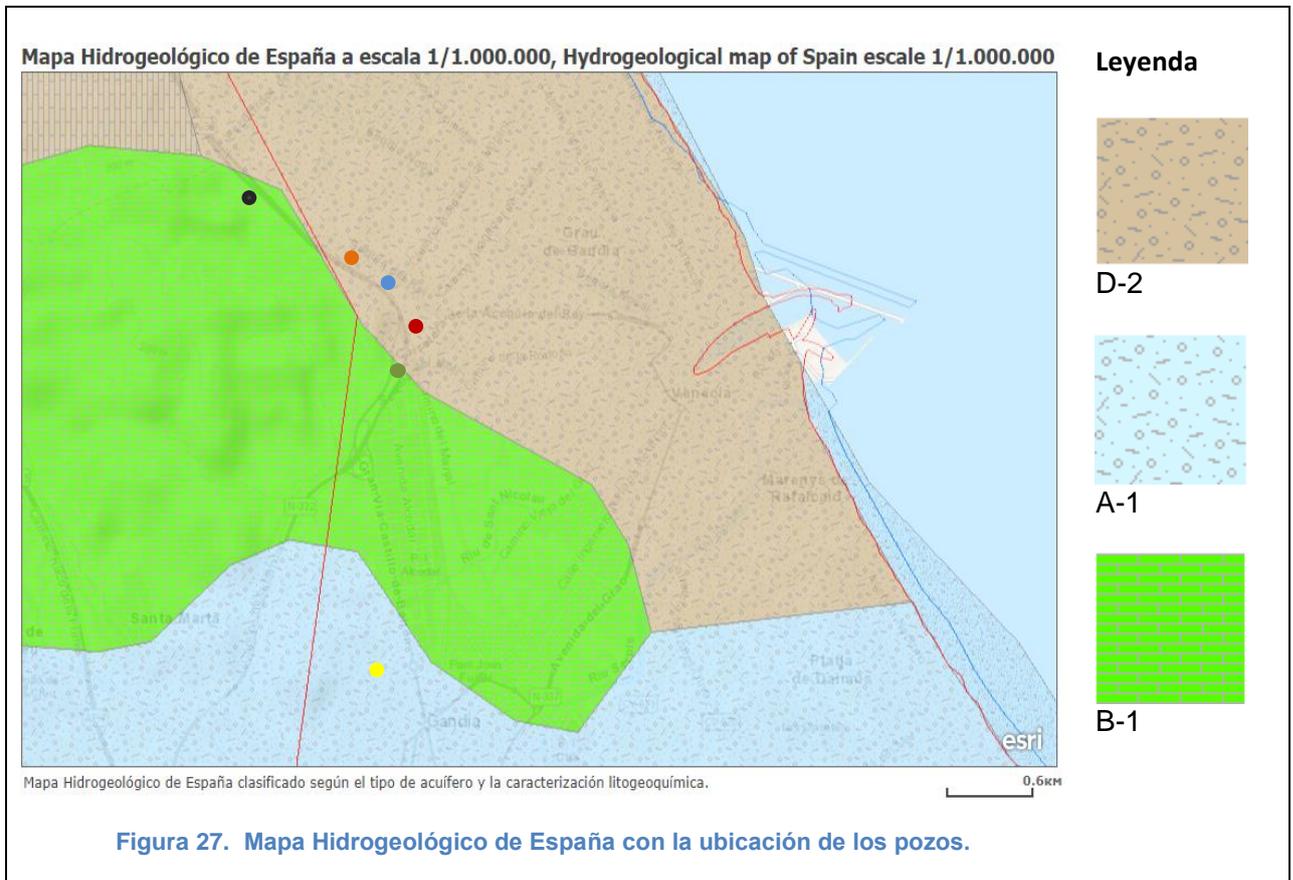


Tabla 5. Leyenda del mapa Hidrogeológico de España (Elaboración propia, 2019).

D-2	Gravas, arenas, limos y arcillas (aluviales y terrazas), travertinos, turbas, glaci
A-1	Gravas, arenas, limos y arcillas (aluviales y terrazas), travertinos, turbas, glaci
B-1	Calizas y dolomías

	Pozo de Beniopa
	Pozo San Juan
	Pozo de Asociación de Regantes
	Ullal Fosc
	Pozo Llobart
	Pozo Playa IV

El tipo de material que presenta el acuífero en el que están ubicados los pozos y el ullal fosc es arena fina salvo el pozo Llobart que presenta un tipo de material caliza. Además el funcionamiento del acuífero se considera como libre. Del tipo de roca depende la permeabilidad de la cual la transmisividad:

- Permeabilidad: la facilidad con la que un fluido puede fluir a través de un medio poroso. Por lo tanto más poroso sea el material mayor permeabilidad tendrá.
- Transmisividad: cantidad de agua que puede fluir a través del espesor que presenta el acuífero. Mayor conductividad hidráulica, mayor flujo de agua.
- Coeficiente de almacenamiento: volumen de agua que puede ser absorbido por un material permeable. También depende del medio poroso ya que depende de la distribución de los granos y de la densidad de la misma agua. Al tener grano fino su distribución es compacta lo cual deja menos espacio libre entre granos.

Teniendo el tipo de material arenoso fino, la permeabilidad que presenta es moderada ya que tiene poros medianamente grandes por los cuales pueda fluir el agua. Por lo tanto la transmisividad también es medianamente alta, en nuestro caso $T=10$ ($m^2/día$) y a su vez $S=0,15$ obtenido de las tablas 2 y 3.

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para cada uno de los pozos de extracción se ha procedido a la ejecución del programa GLOVER.

Pozo San Juan y Pozo Llombart:

Teniendo en cuenta que presentan una distancia similar además de que su función es de apoyo en meses de verano, se han agrupado en el mismo apartado.

En la siguiente figura 28 se muestra una simulación del pozo San Juan realizada mediante el programa durante un período de 365 días.

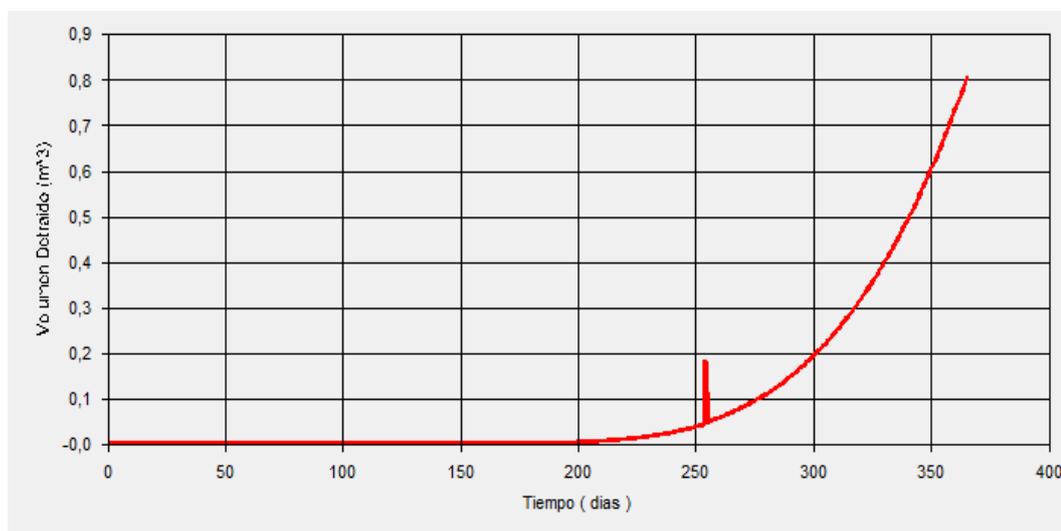


Figura 28. Volumen extraído mediante el Pozo San Juan durante un periodo de 365 días con un caudal constante.

Con un caudal diario de 1983 ($m^3/día$) no sería posible realizar un estudio mensual ya que los cambios en el volumen extraído se observan a partir de los 200 días de extracción. La distancia al *ullal* y el tipo de material que presenta el acuífero juegan un papel importante en los resultados obtenidos ya que explicado anteriormente la permeabilidad que presenta el tipo de roca es muy bajo además la distancia al manantial es elevada.

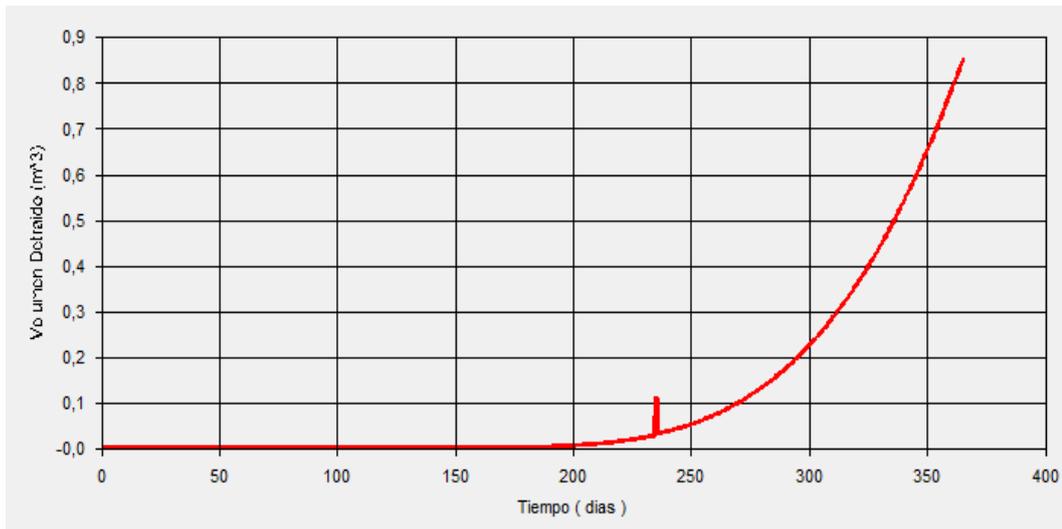


Figura 29. Volumen extraído mediante el Pozo Llombart durante un periodo de 365 días con un caudal constante.

Como se observa en la figura 29, igual que en el caso anterior se necesitaría mayor tiempo de bombeo además de mayor caudal de extracción para poder observar cambios en el volumen extraído del acuífero. Por lo tanto se podría decir que existe una proporcionalidad inversa entre la distancia al *ullal* y el volumen extraído, ya que al aumentar la distancia el volumen que se extrae disminuye, por lo cual se requeriría mayor tiempo de bombeo para poder extraer volúmenes importantes de agua subterránea.

Pozo Playa IV

Comparado con el caso anterior, la distancia de este pozo es la mitad además de que el caudal extraído es de 5200 (m³/día) siendo el doble que el anterior. Es un claro ejemplo de como la distancia y el mayor bombeo afecta al volumen detraído. Se observan cambios a partir del día 100 llegando a obtener un volumen de 400 m³ en todo el año, figura 30.

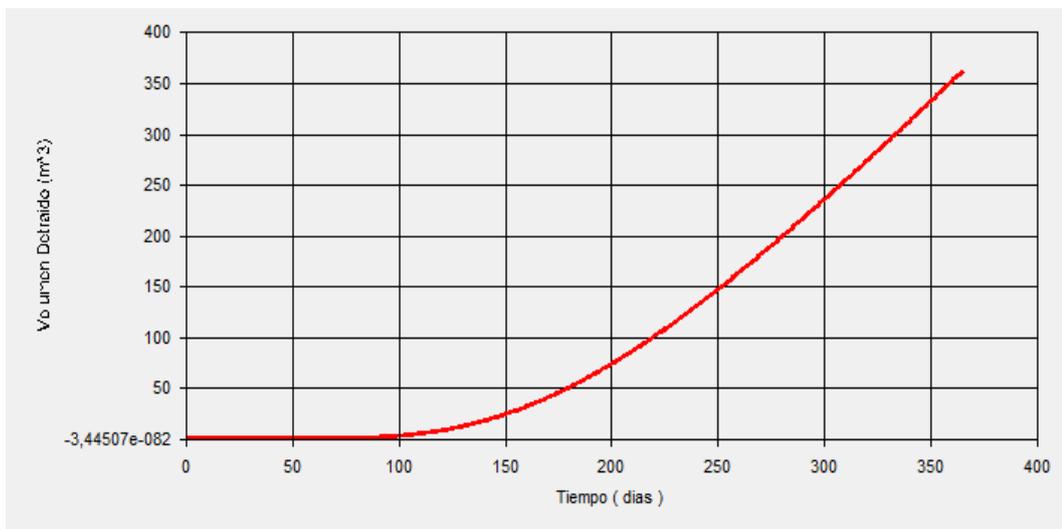


Figura 30. Volumen extraído mediante el Pozo Playa IV durante un periodo de 365 días con un caudal constante.

Pozo de Beniopa

Es el pozo que mayor caudal de agua extrae (7683 m³/día) pero su distancia al acuífero es la mayor ya que se encuentra a 2500 metros. Por mucho que se extraiga mayor cantidad de agua la distancia afecta de mayor medida como se puede observar en la figura 31, pasando un año el volumen detraído es nulo.

primero sobre la surgencia es mayor. También hay que tener en cuenta que no se ha analizado el efecto de todos los pozos de extracción agrícola presentes en este Marjal.

5.3 Propuestas de restauración

La propuesta que se sugiere a raíz del análisis que se ha elaborado es la realización de un modelo matemático de flujo de agua subterránea del acuífero Plana Gandia-Denia ya que presenta una elevada importancia alimentando todas las surgencias de agua presentes en este ecosistema y que son de vital importancia por su elevada calidad y por la biodiversidad que albergan, entre las cuales se encuentra el *Ullal Fosc*.

Ya que los resultados obtenidos han dado negativo, la idea es realizar un modelo numérico utilizando el código MODFLOW-2005 que se trata de un programa que moldea el sistema de agua subterránea mediante el métodos de diferencia finitas. Planteando casos hipotéticos como el aumento del volumen extraído mediante los pozos y calibrando el funcionamiento del sistema lo más fiel posible a la realidad, se analizarían la sensibilidad que presenta con el fin de encontrar la causa del empeoramiento que presenta el manantial. Se debería plantear un nuevo estudio más amplio basándose en propiedades físicas del medio, presiones a las que es sometido el acuífero, datos históricos, formaciones hidrogeológicas, etc (Citores, I, 2018).

5 Conclusión

El objetivo principal de este TFG ha sido diagnosticar el estado ambiental actual del “*Ullal Fosc*” buscando la causa del empeoramiento del mismo para su posible restauración.

En los últimos años las precipitaciones se han reducido a la mitad comprado con los años anteriores a la detección del problema del *ullal*. Al abastecerse el acuífero detrítico del agua procedente de las lluvias, el nivel piezométrico de las aguas subterráneas también sufre descendidas como se ha observado en el balance hídrico.

Tras varias simulaciones realizadas mediante el programa GLOVER, se ha llegado a la conclusión de que el caudal de agua que obtenían los pozos de extracción urbana no eran los causantes del problema ya que no afectaban al volumen de agua que contiene el acuífero tanto por el tipo del material que presenta siendo arena fina la cual no tiene una permeabilidad elevada, como de la distancia que presentan al *Ullal Fosc*. Por lo cual el problema podría ser la construcción de la carretera A-38 ya que no se ha analizado su impacto.

Por lo consiguiente se necesitaría ampliar la información creando un modelo completo de ambos acuíferos (kárstico y detrítico) con el fin de poder estudiar los caminos preferentes del agua y así poder analizar si la construcción de la carretera pudiera tener efecto sobre los acuíferos y en consecuencia sobre el *ullal*.

6 Bibliografía

Alonso-Monasterio, P., Viñals, M.J., Alonso-Monasterio, M., Morat, M. (2012). Mapa per a la autovisita guiada de la Ruta Oest de la Marjal de la Safor.

Camaño, A., Fariña, J.M. (2012). *Humedales costeros de Chile*. Santiago, Chile. Ed. UC.

Confederación Hidrográfica de Júcar, 2010. *Memoria sobre: Actuaciones de Mejora de Uso del Entorno Público del Aula de Natura y Conectividad con la Marjal de Gandía*.

Custodio, E., Llamas, M.R., Aparicio, I., Galofre, A., Fayas, A., Vilaró, F. (1983). *Hidrología Subterránea*. Segunda Edición. Barcelona, España: Ed. OMEGA.

Grau, V. J., Blay, J. A., Frasquet, M. T., (2008). *Inventari del Usos del sol de la Zona Humida "Marjal de la Safor" al terme municipal de Xeresa (Valencia)*.

Hermosilla, J. (2005). Los Riegos de la Safor y la Vallidigna. Valencia, España: Ed. Dirección General de Patrimonio Cultural Valenciano

Instituto Cartográfico Valenciano. Sistema territorial de la Comunidad Valenciana. Recuperado de: <https://visor.qva.es/visor/>

Instituto Geológico y Minero de España. Recuperado de: <http://www.igme.es/>

Instituto Geográfico Nacional. Fototeca Digital. Recuperado de: <https://fototeca.cnig.es/>

Sebastiá, M.T., Altur, V., Sanchís, J., 2008. *Informe sobre las xarxa de drenatge de la Marjal de la Safor al terme municipal de Xeresa*.

Sebastiá, M.T., Altur, V., Sanchís, J., 2014. Wetland Planning: Current Problems and Environmental Management Proposals at Supra-Municipal Scale (Spanish Mediterranean Coast), *Rev Water*.

SEHUMED, 1999. *La Marjal de la Safor, Mancomunidades de los municipios de la Safor*.

Servicio de Vida Silvestre, 2018. *Informe sobre el estado de conservación del ullal fosc (Gandía)*.

Sistema de Información Agroclimática para el Regadío. Recuperado de: <http://eportal.mapama.gob.es/websiar/SeleccionParametrosMap.aspx?dst=1>

Universidad de Valencia, 2007. *Memoria sobre: "El ullal de la Font de Forner (Parc Natural de l'Albufera) y el Ullal fosc Z.H.C en el Marjal de la Safor (Gandía)*.

Viñals, M. J., Donat, M. P., Maiques, C. (2001). *Guía didáctica de la Marjal de la Safor*. Valencia, España: Editorial Alfons el Vell.

Viñals, M.J., Blasco, D., y Morant, M. (eds). 2011. *Los humedales mediterráneos: el contexto ambiental y social. Reflexiones para su estudio y gestión eficaz*. Ed. Fundación Biodiversidad. 266 pp.

