

## **V. RECARGA ARTIFICIAL EN EL ACUIFERO DE JAVEA**

***Caracterización y presentación de la problemática existente***

***El Acuífero de Jávea***

***Excedentes hídricos disponibles en la cuenca del río Jalón-Gorgos***

***Zonas favorables para planificar operaciones de recarga artificial***

***Propuesta de dispositivos de recarga artificial***

***Simulaciones de recarga artificial***

***El Modelo matemático de Jávea***

***Actuaciones y obras propuestas***

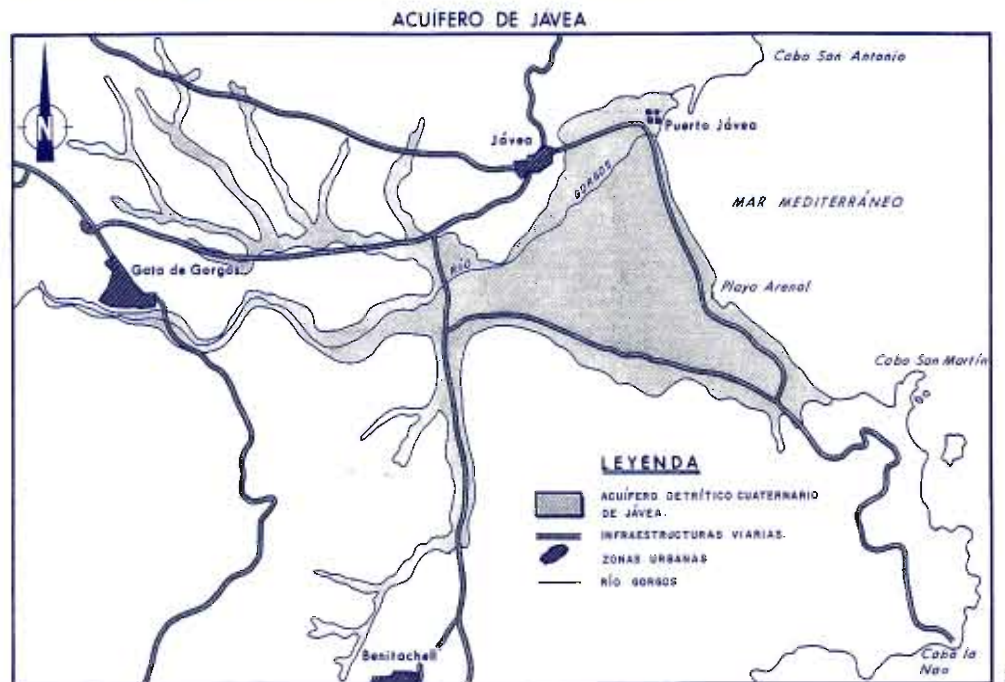
## V. RECARGA ARTIFICIAL EN EL ACUÍFERO DE JÁVEA



# RECARGA ARTIFICIAL EN EL ACUÍFERO DE JÁVEA

## CARACTERIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA EXISTENTE

El acuífero cuaternario de Jávea, de naturaleza detrítica, está localizado al norte de la provincia de Alicante entre el macizo del Montgó-Cabo de San Antonio y las estribaciones de la Sierra de Benitachell-Castell de la Solana-Cabo San Martín. Esta unidad hidrogeológica presenta una superficie aproximada de 13 km<sup>2</sup> asociada a la llanura aluvial del río Gorgos y en contacto con el mar Mediterráneo.



(Base Topográfica: M.M.E. a escala 1:50000)

La peculiaridad histórica más destacable de este acuífero ha sido su alta vulnerabilidad a las actuaciones exteriores que a lo largo del tiempo se han ido desarrollando en esta área. La moderada disponibilidad hídrica que presenta el acuífero, en torno a los 3 hm<sup>3</sup>/a, provoca un alto riesgo de sobreexplotación originada por el bombeo de aguas subterráneas para riego agrícola y, circunstancialmente, para abastecimiento a Jávea. Además, esta situación lleva asociada la aparición de procesos de intrusión salina relacionados con el contacto hidráulico de la unidad hidrogeológica con el mar, dando como resultado la consiguiente pérdida de calidad de las aguas. La sobreexplotación con aparición de intrusión marina aún estaba más agravada en años anteriores a 1980, período donde el uso agrícola de las aguas subterráneas se combinaba con usos destinados al abastecimiento urbano.

Actualmente se encuentran equilibradas las entradas y salidas hídricas en el acuífero de Jávea, valoradas en 3 hm<sup>3</sup>/a, pero este equilibrio puede volver a alterarse por un pequeño aumento de la demanda, actualmente exclusivamente para riego, o por la sucesión de años secos con escaso aporte de recarga natural al acuífero. Ante una situación de este tipo, donde la aparición de problemas de sobreexplotación e intrusión volvería a interferir en la gestión correcta del acuífero, la búsqueda de actua-

ciones complementarias a la gestión actual, como las de recarga artificial, son de indudable interés.

El río Gorgos cruza, prácticamente de oeste a este, el acuífero de Jávea interaccionando con este mediante la infiltración de sus aguas circulantes a través del lecho del cauce. El resultado de este proceso es la aparición de una fuente de recarga natural del acuífero. Esta infiltración de las aguas del río puede ser aumentada mediante la realización de actuaciones en el cauce del río que retengan el agua circulante y que favorezcan su infiltración, pasando en este caso a una actuación de recarga artificial.

El conocimiento detallado de los aportes de agua superficial en el río Gorgos es importante para determinar la capacidad de infiltración de las posibles instalaciones de recarga artificial. El gran inconveniente que se encuentra al intentar afrontar estas determinaciones de recursos hídricos en el río Gorgos, al igual que ocurre en muchos ríos de régimen intermitente situados en toda la región del Levante, es la falta de registros reales de esas aportaciones por la ausencia de instalaciones de medida. Por lo tanto será necesario recurrir a métodos indirectos que, de un modo teórico, permitan evaluar estas aportaciones.



*El estudio de los caudales circulantes por el cauce del río Gorgos ha permitido conocer el volumen de agua potencialmente infiltrable en el acuífero detrítico de Jávea.*

Para la cuenca del río Gorgos, denominada también del río Jalón, se han efectuado estudios con el objeto de determinar los aportes de agua hasta el área más favorable para realizar una experiencia de recarga artificial en el acuífero de Jávea. Los resultados obtenidos han servido para efectuar una serie de simulaciones de la capacidad de infiltración en las instalaciones de recarga artificial prediseñadas, completándolo con la utilización de un simulador numérico del flujo subterráneo que permite valorar la efectividad de la recarga artificial en el acuífero.



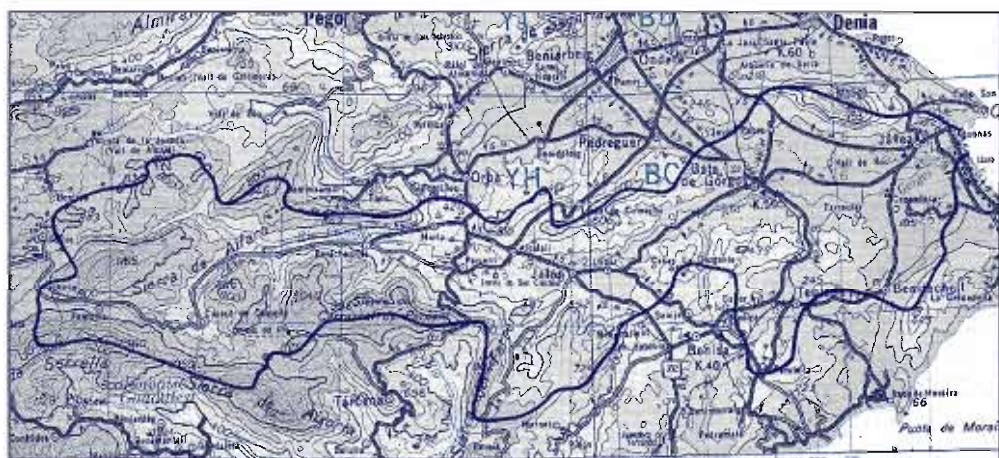
El análisis de las distintas simulaciones realizadas ofrece unos resultados óptimos para efectuar recarga artificial en el acuífero cuaternario de Jávea con aguas procedentes del río Jalón-Gorgos.

## EL ACUÍFERO DE JÁVEA

El acuífero de Jávea esta formado por materiales detríticos cuaternarios heterogéneos, gravas, arenas y limos de origen fluvial, con granulometrías muy variadas que van desde bloques a conglomerados heterométricos. Los límites hidrogeológicos del acuífero conforman una superficie alargada y plana, muy irregular en sus bordes, alcanzando profundidades de hasta 100 m con espesores medios de 20 m.

La naturaleza del acuífero es libre, poroso, con valores de transmisividad que oscilan entre los 750 y los 7500 m<sup>2</sup>/día, desconociéndose el coeficiente de almacenamiento. La cota de la superficie piezométrica, que ha ido evolucionando con el tiempo, esta comprendida entre -3 y 30 m.s.n.m. El gradiente hidráulico presenta una trayectoria preferencial hacia el este, donde se sitúa el mar Mediterráneo, y, por lo tanto, el flujo del agua en régimen estacionario seguirá esta dirección. Solamente el aumento de intensidad en los bombeos estacionales variará las direcciones preferentes de flujo de las aguas subterráneas.

La alimentación del acuífero se produce mediante un sistema multiproceso: infiltración directa del agua de lluvia, infiltración del agua de escorrentía a partir del agua de lluvia caída fuera del acuífero, incluidas las que puedan llegar canalizadas a través del cauce del río Jalón-Gorgos, alimentación lateral a partir de las formaciones calizas del Tossallet y por los retornos producidos por las aguas de regadío.



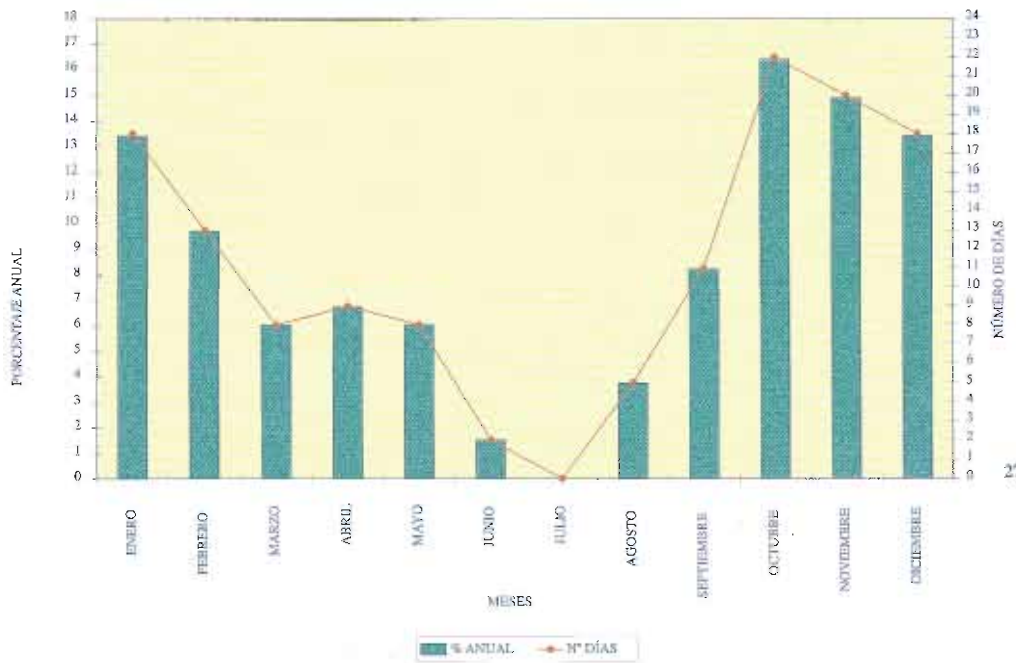
Límites de la cuenca del Jalón-Gorgos. (Base topográfica: 1:200.000).

La descarga del acuífero se produce principalmente a través de las extracciones que tienen lugar en el acuífero y, en menor cuantía, en virtud del drenaje lateral que tiene lugar a través del sector costero.

Aunque actualmente el balance hídrico se encuentra equilibrado, en periodos anteriores o coincidentes con los años ochenta se han alcanzado déficits de 1 hm<sup>3</sup>/a, siendo el valor máximo el alcanzado en el año 1982 donde el déficit se aproximó a los 2 hm<sup>3</sup>.

## EXCEDENTES HÍDRICOS DISPONIBLES EN LA CUENCA DEL RÍO JALÓN-GORGOS

La cuenca del río Jalón-Gorgos, con una morfología alargada con orientación este-oeste, tiene una superficie de 283 km<sup>2</sup> con una longitud total de 53 km, donde la altura máxima es de 1.384 m.s.n.m. y la cota mínima se sitúa al nivel del mar.



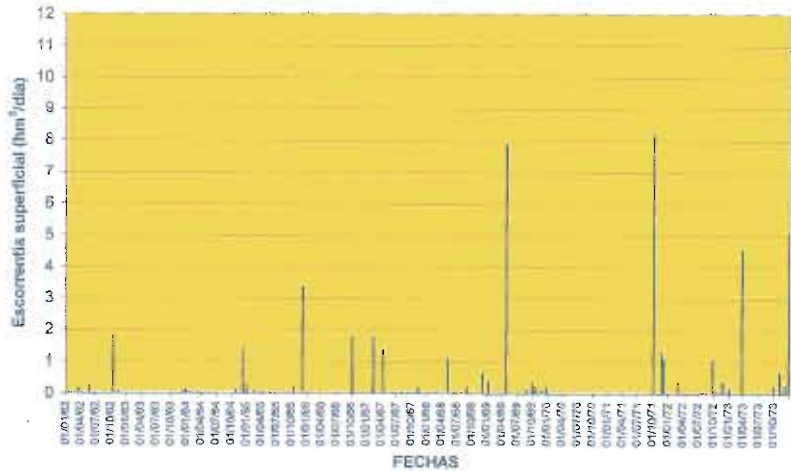
Número de días por mes para toda la serie estudiada con circulación de aguas por el río Gorgos y porcentajes respecto al total anual (período 1962-1997).

El análisis de la serie histórica de precipitación diaria para un periodo de 36 años, comenzando en el año 1962 y terminando en el año 1997, ha dado como resultado una precipitación media anual de 795 mm, con máximas que llegan hasta los 1.601 mm/a y mínimas de 377 mm/a. Los tipos de años secos tienen pluviometrías inferiores a 642 mm/a, los años medios tienen pluviometrías entre 642 y 872 mm/a y los años húmedos tienen pluviometrías superiores a 870 mm/a. La media de la precipitación máxima en 24 horas es de 122 mm, con máximas de 230 mm y mínimas de 38 mm. El periodo de retorno para la precipitación máxima en 24 horas registrada en la serie es de 25 años.

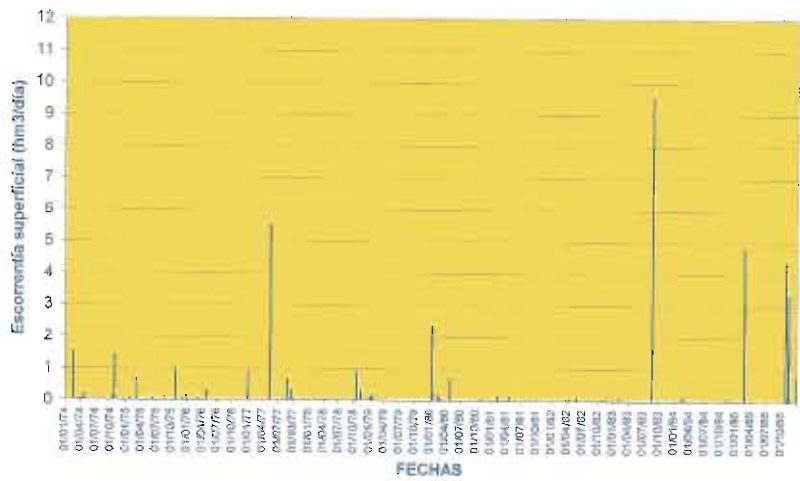
Existe una marcada estacionalidad para el periodo estudiado, en la cuantía de la precipitación que distingue a los meses con más lluvia (septiembre a mayo) de los que presentan una menor precipitación (junio a agosto). Dentro de los primeros también se puede realizar una subdivisión, identificando como más lluviosos los comprendidos desde octubre a enero, siendo octubre el más lluvioso de todos para el total de la serie de años analizada (1962-1997).



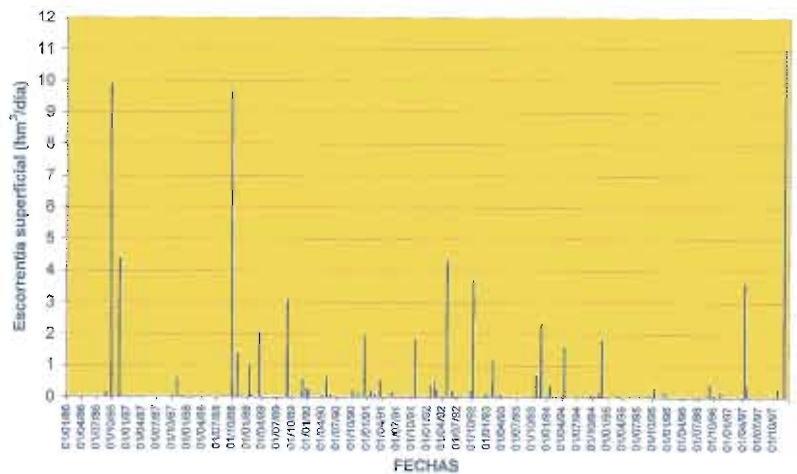
ESCORRENTÍA SUPERFICIAL DIARIA PERIODO 1962-1973  
Río Gorgos (término municipal de Jávea)



ESCORRENTÍA SUPERFICIAL DIARIA PERIODO 1974-1985  
Río Gorgos (término municipal de Jávea)



ESCORRENTÍA DIARIA PERIODO 1986-1997  
Río Gorgos (término municipal de Jávea)



Las precipitaciones, en general, presentan una duración que no sobrepasa un número pequeño de días. El mayor porcentaje de lluvia se produce en un solo día, el 62% dentro de los 36 años analizados, lo que indica la existencia de precipitaciones muy altas asociadas a procesos de "gota fría".

El tiempo de concentración de agua del aguacero en la cuenca del río Jalón-Gorgos es de 5'2 horas. El caudal máximo para un aguacero de 24 horas es de 851 m<sup>3</sup>/s, para un aguacero de 10 horas es de 1.579 m<sup>3</sup>/s y para uno de 4 horas es 2.495 m<sup>3</sup>/s.

El cálculo de la escorrentía superficial, mediante el método propuesto por el Soil Conservation Service (S.C.S) de los EE.UU., para la cuenca del río Jalón-Gorgos se ha basado en la serie de precipitaciones diarias que abarca los años 1962-1997, acotando la zona donde se concentra la escorrentía superficial al área favorable, dentro del cauce del río Gorgos, para realizar una recarga artificial. Esta área coincide con la parte central-oeste donde se ensancha en superficie el acuífero dentro de la plana de Jávea. Los resultados obtenidos son de 5'2 hm<sup>3</sup>/a como valor medio de la escorrentía superficial, con máximos de 20'4 hm<sup>3</sup> para el año 1986 y mínimo de 0'1 hm<sup>3</sup> para el año hidrológico 1982. Los meses en los que se produce más escorrentía superficial son los de noviembre, diciembre y enero. La media de días al año con circulación de aguas por el río Gorgos en la plana de Jávea es de 4 días al año, con máximo de 9 días al año.

## ZONAS FAVORABLES PARA PLANIFICAR OPERACIONES DE RECARGA ARTIFICIAL

En los años 90, por parte de los agricultores de la plana de Jávea, se construyeron una serie de zanjas excavadas en el cauce del río Gorgos a su paso por el término municipal de Jávea con el fin de infiltrar las aguas que esporádicamente circulan por el río.

Esta iniciativa privada, a pesar de su indudable interés como primera experiencia de recarga artificial efectuada en la zona, está limitada en sus resultados, tanto por las dimensiones de las instalaciones creadas, de pequeña capacidad de infiltración con un valor de 1.280 m<sup>3</sup>/día para el conjunto de las zanjas, como por los problemas de mantenimiento que han supuesto un aporte de sólidos y finos importantes que, a pesar del relleno con bloques y gravas que se realizó en su construcción, con el tiempo han llegado a inutilizar la mayoría de ellas como dispositivo de infiltración.



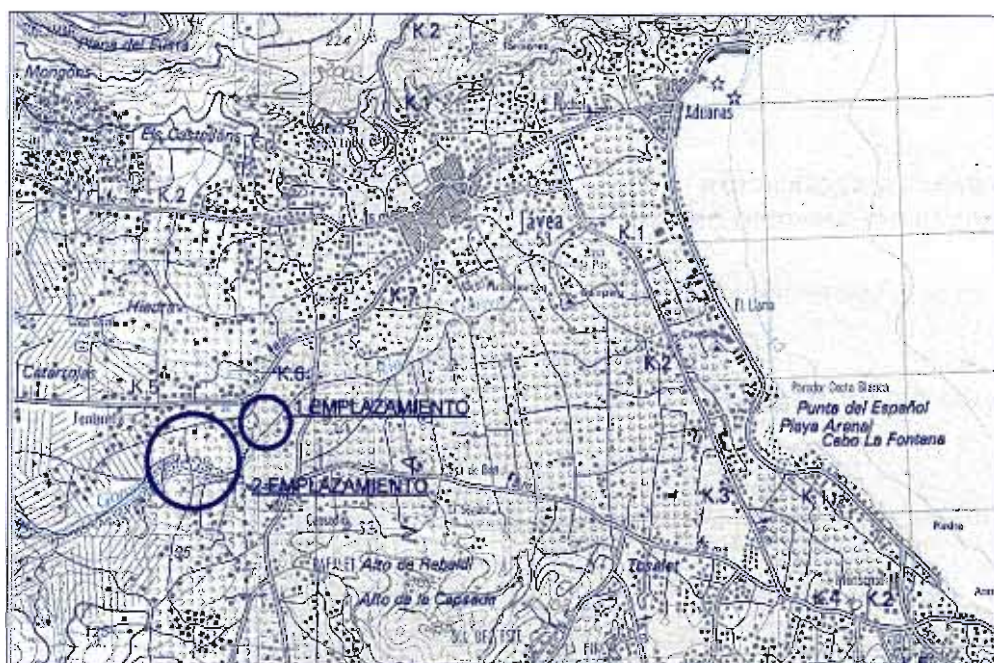
35

*Cauce del río Gorgos a la altura de uno de los emplazamientos seleccionados para realizar operaciones de recarga artificial.*



La importancia de las aguas aportadas por el río Gorgos para recargar artificialmente el acuífero de Jávea, ha conducido a investigar y analizar otras áreas dentro del cauce y otro tipo de dispositivos que pudieran facilitar la infiltración de estas aguas superficiales.

Como resultado de los primeros trabajos se han seleccionado, bajo criterios geológicos, hidrológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, de gestión y medioambiental, dos emplazamientos situados a 3'5 km de la desembocadura del río Gorgos, dentro del cauce, como muy favorables para la realización de operaciones de infiltración utilizando el propio lecho del río.



Situación de los dos emplazamientos seleccionados para realizar la recarga artificial en el cauce del río Gorgos. (Base topográfica: mapa SCEE a escala 1:50000).

En las zonas elegidas, el factor más favorable para la realización de este tipo de operaciones, aparte de la buena geomorfología circundante donde se alternan estrechamientos con posibilidades de implantar muros y diques de retención de las aguas con ensanchamientos del cauce, es la tasa óptima de infiltración de sus suelos. En ensayos de infiltración realizados en campo se han obtenido valores que oscilan desde los 12 mm/hora hasta los 372 mm/hora como velocidades características de infiltración.

## PROPUESTA DE DISPOSITIVOS DE RECARGA ARTIFICIAL

Dentro de los distintos métodos existentes para recargar aguas pluviales circulantes por un río, se propone como más idóneo para efectuar una recarga artificial en el acuífero cuaternario de Jávea, la realización de diques y represamientos de pequeño tamaño en el cauce del río Gorgos. Básicamente consistiría en la colocación de dos muros en los estrechamientos asociados a los dos emplazamientos preseleccionados, actuando como cierre al paso del agua y permitiendo la inundación de una parte de la superficie. Estos



Zanjas filtrantes en el cauce del río Gorgos.

dispositivos se complementarán con trabajos de escarificación del lecho del río que favorezcan la capacidad de infiltración.



Las posibilidades de embalsamiento del agua dependerán de la altura de los muros y de las actuaciones de nivelación en la base del cauce para aumentar el volumen de agua retenida. En el caso más favorable, para el emplazamiento 1 con una altura de muro de 2 metros y realizada nivelación en el lecho del río, el volumen de agua embalsada es de 20.400 m<sup>3</sup> con una superficie inundada de 16.400 m<sup>2</sup>, y para el emplazamiento 2 (no admite nivelación por razones técnicas y medioambientales) con una altura de muro de 2,5 m el volumen resultante de agua embalsada es de 97.405 m<sup>3</sup> y la superficie inundada es de 77.200 m<sup>2</sup>. El volumen de agua embalsada conjunto es de 118.000

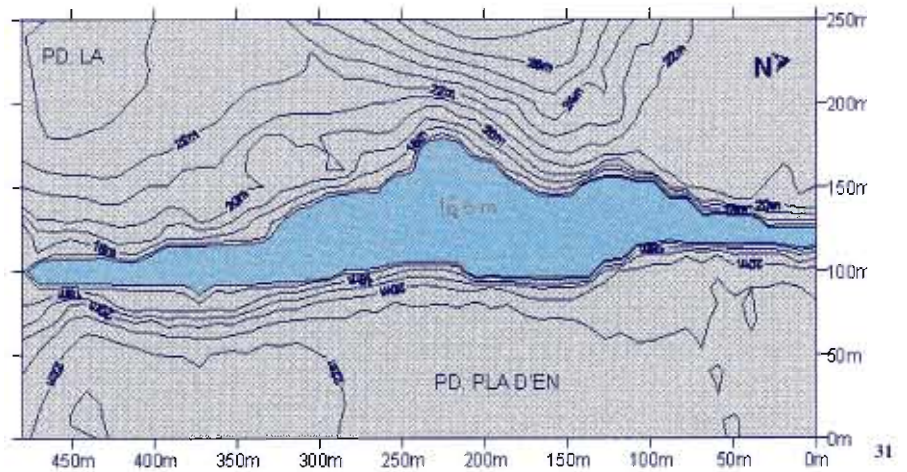
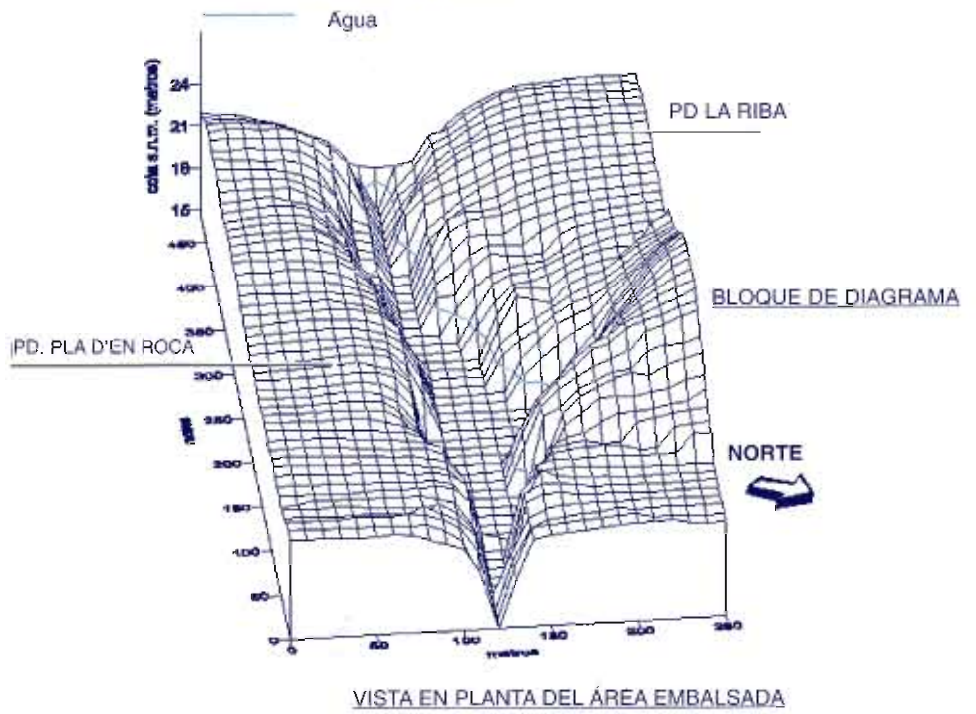


### 1. EMPLAZAMIENTO NIVELADO

Altura del muro: 2 m. Cota del muro s.n.m.: 16'5 m.

Volumen de agua embalsada: 20.457'3 m<sup>3</sup>

Superficie inundada: 16.454'0 m<sup>2</sup>



Volumen y superficie inundada.

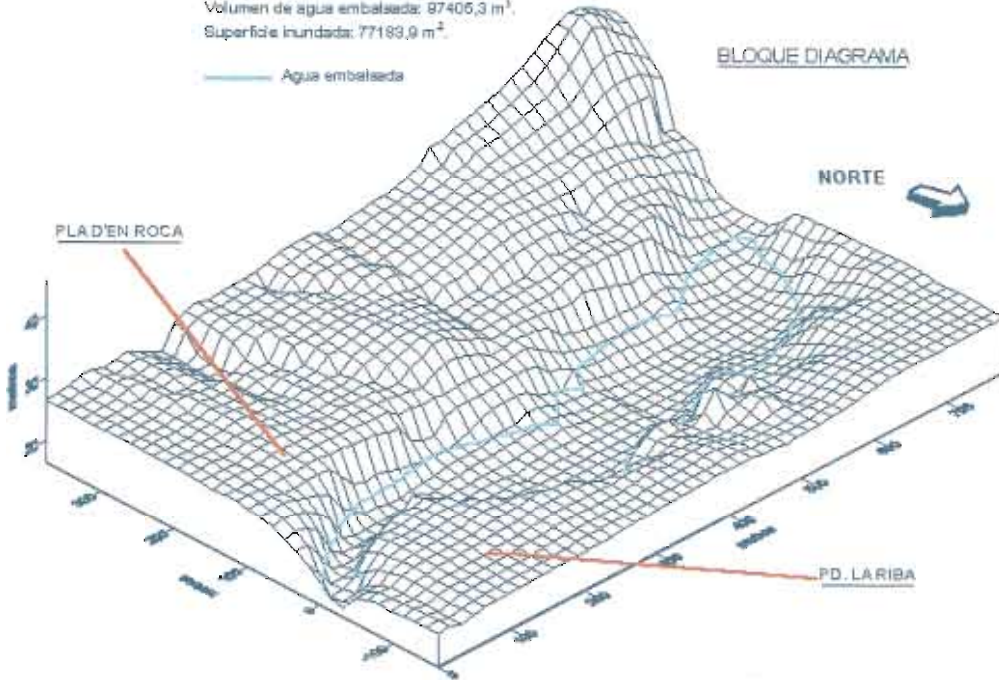


## 2. EMPLAZAMIENTO

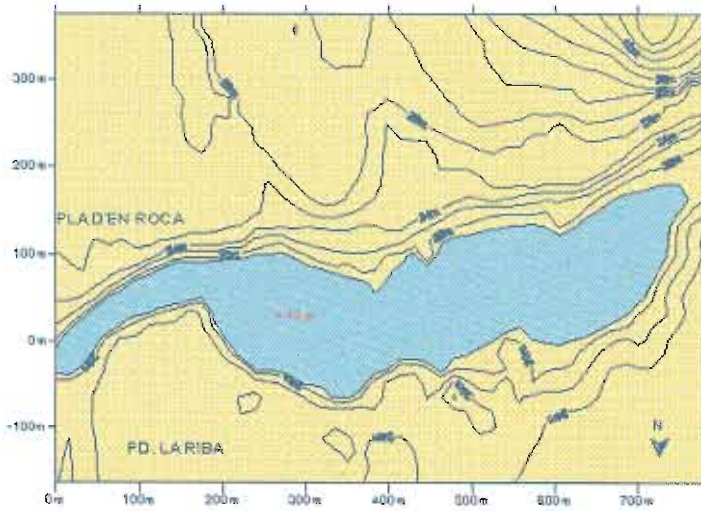
Altura del muro: 2,5 m. Cota del muro s.n.m.: 19 m.  
Volumen de agua embalsada: 97405,3 m<sup>3</sup>.  
Superficie inundada: 77189,9 m<sup>2</sup>.

— Agua embalsada

### BLOQUE DIAGRAMA



### VISTA EN PLANTA DEL ÁREA EMBALSADA



32

Volumen y superficie inundada.

m<sup>3</sup>. En el caso más restringido, para una altura de muro de 1 m (sin nivelar) para el emplazamiento 1 y una altura de 2 metros en el emplazamiento 2, el volumen de agua embalsada conjunto sería de 62.600 m<sup>3</sup>.

## SIMULACIONES DE RECARGA ARTIFICIAL

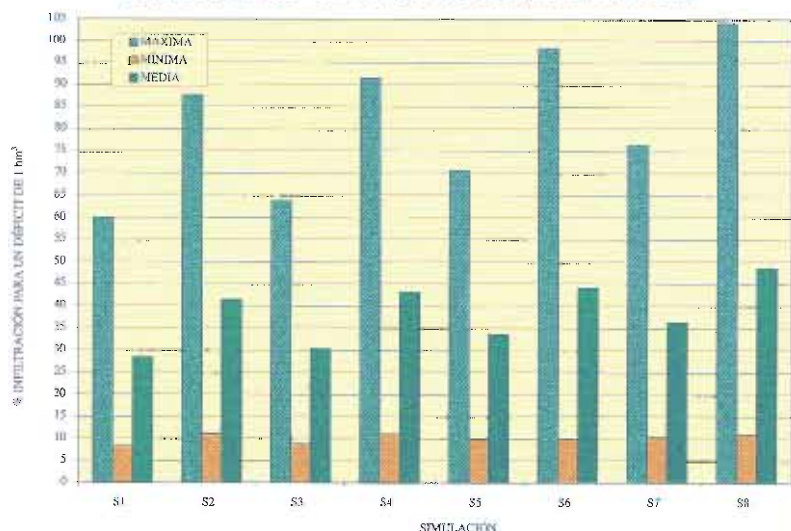
La interceptación de la escorrentía superficial generada en la cuenca del Jalón-Gorgos en los dispositivos de recarga propuestos, se ha simulado para las diferentes capacidades de embalsamiento en los dos emplazamientos (período de estudio de 1962 a 1997).

El caso más favorable, emplazamiento 1 con una altura de muro de 2 metros con nivelación de la superficie del cauce del río y emplazamiento 2 con una altura de muro de 2'5 m, la infiltración anual media para el periodo estudiado es de 485.000 m<sup>3</sup>, la máxima es de 1.040.000 m<sup>3</sup> y la mínima es de 110.000 m<sup>3</sup>. El caso de menor capacidad de las instalaciones, emplazamiento 1 altura de muro de 1 m (sin nivelar) y emplazamiento 2 altura de muro de 2 m, la infiltración anual media para el período estudiado es de 284.000 m<sup>3</sup>, la máxima es de 598.000 m<sup>3</sup> y la mínima es de 82.400 m<sup>3</sup>.

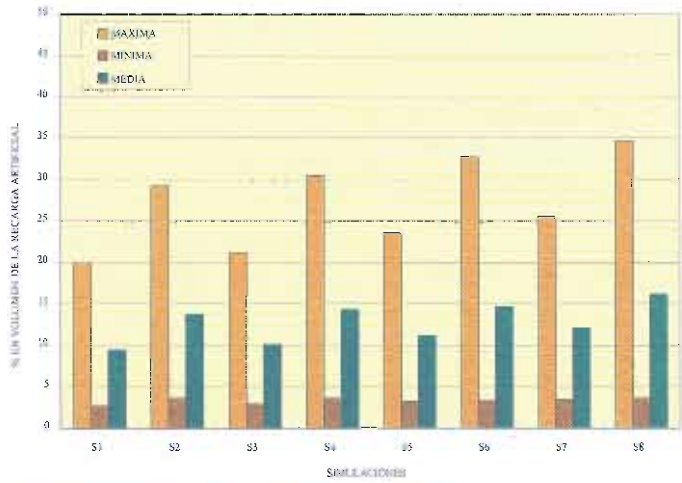
Relacionando los resultados obtenidos para las simulaciones realizadas con una situación de posible déficit de agua en el balance hídrico del acuífero, la más repetida se sitúa en el entorno de 1 hm<sup>3</sup> anual, las aportaciones medias anuales mediante recarga artificial podrían cubrir, para las distintas simulaciones, entre el 30% y el 50% de las aguas deficitarias. Las aportaciones máximas anuales entre el 60% y el 104% de las aguas deficitarias y las correspondientes al mínimo serían menores del 10%. Las aportaciones máximas anuales entre el 60% y el 104% de las aguas deficitarias y las correspondientes al mínimo serán menores del 10%.

El porcentaje de la recarga artificial en el río Gorgos sobre los recursos renovables, cifrados en el entorno de los 3 hm<sup>3</sup>, sobrepasa para la simulación más favorable una media anual del 15%, pudiendo llegar a alcanzar máximos de casi el 35%.

**PORCENTAJE DE LA INFILTRACIÓN TOTAL RESPECTO A UN DÉFICIT DEL ACUÍFERO CUATERNARIO DE JÁVEA DE 1 hm<sup>3</sup>**



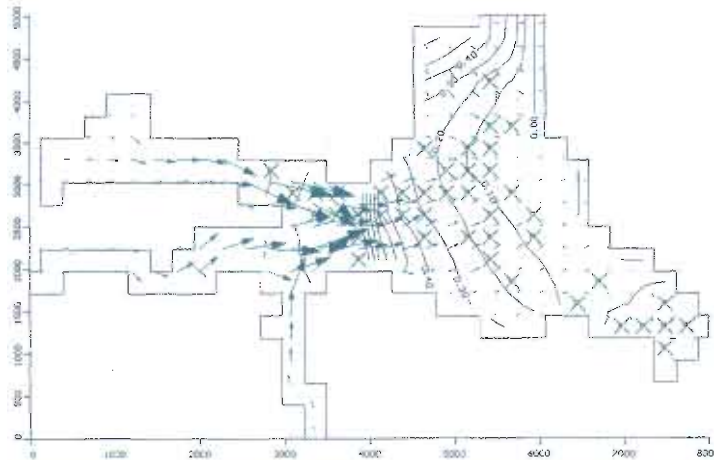
**PORCENTAJE DE LA RECARGA ARTIFICIAL EN EL RÍO GORGOS SOBRE  
LOS RECURSOS RENOVABLES DEL ACUÍFERO (3 hm<sup>3</sup>)**



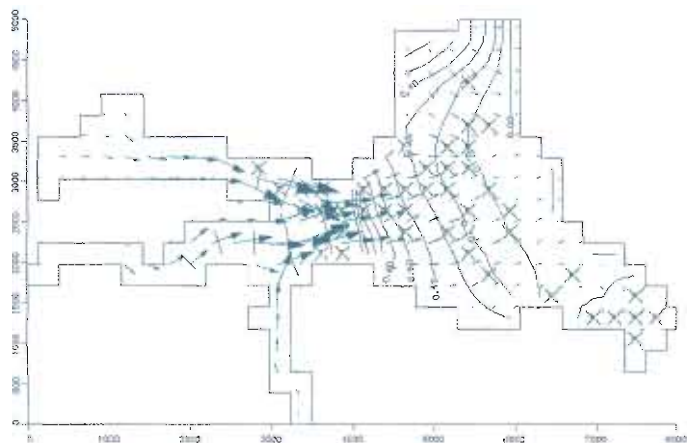
34

**EL MODELO MATEMÁTICO DE JÁVEA**

Los modelos matemáticos permiten abordar estudios del comportamiento hidrodinámico de los acuíferos, incluyendo la simulación de distintos aspectos relacionados con el funcionamiento del sistema hídrico como puede ser la realización de recarga artificial.



Mapa de isopotenzas y campo vectorial de flujo para una simulación de equilibrio hídrico.



Mapa de isopotenzas y campo vectorial de flujo incluyendo operaciones de recarga artificial.

35



Para el acuífero de Jávea se ha utilizado el simulador numérico de flujo subterráneo denominado *Flowpath*. Este programa informático simula el acuífero en dos dimensiones y opera en régimen estacionario mediante métodos matemáticos en diferencias finitas. Mediante esta aplicación se han evaluado las distintas alternativas de recarga artificial que se pueden plantear en el acuífero detrítico de la Plana de Jávea.

De las distintas simulaciones realizadas (simulaciones para situaciones de equilibrio hídrico, sobrebombeo, bombeos inferiores a la recarga natural del acuífero, simulaciones de recarga artificial para distintas cuantías de infiltración en el período 1962-1997 combinadas con las situaciones anteriores), se presentan en las figuras con los mapas de isopiezas y campo vectorial de flujo para una situación de equilibrio hídrico (situación actual), y para la misma situación más la simulación de recarga artificial en el río Gorgos con unas disponibilidades hídricas medias.

El análisis comparativo entre los dos mapas permite constatar la influencia de la actuación de recarga artificial que tiene su reflejo en la subida del nivel piezométrico en el mapa con la simulación de la recarga artificial respecto al mapa de la simulación en condiciones naturales.

Como resultado general de la evaluación de la recarga artificial en el acuífero de Jávea mediante la construcción de dos dispositivos de recarga artificial en el río Gorgos, las distintas simulaciones realizadas permiten valorar su óptima efectividad como proceso que mejora los recursos y el flujo subterráneo en el acuífero, suponiendo, al mismo tiempo, un factor de control de los procesos de intrusión salina al desplazar y frenar la expansión del agua de mala calidad.

## ACTUACIONES Y OBRAS PROPUESTAS

---

La propuesta de recarga artificial en el cauce del río Gorgos utilizando las aguas de avenida procedentes de la cuenca del Jalón-Gorgos requiere la realización de una serie de estudios y trabajos complementarios:

- Realización de sondeos de investigación que corten el espesor total del acuífero cuaternario de Jávea en los emplazamientos seleccionados, incluyendo ensayos de permeabilidad a distintos niveles.
- Realización de estudios geotécnicos en las secciones del cauce más favorables para la construcción de los muros de represamiento.
- Realización del proyecto de las instalaciones de recarga (incluyendo las excavaciones necesarias para aumentar la capacidad de embalsamiento y de infiltración en los emplazamientos seleccionados).
- Seguimiento y control de la efectividad de las instalaciones de recarga, incluyendo mantenimiento de las instalaciones, principalmente, dirigido a la eliminación de la capa de finos que se pueden concentrar en la superficie después de los episodios de recarga.
- Realización de un modelo tridimensional de flujo de las aguas subterráneas complementado con otro de calidad definido para caracterizar la intrusión salina.