

Limnología de las surgencias costeras (*basses* o *ullals*) situadas al sur del río Júcar, Cullera (Valencia)

J. M. Soria, J. P. Catalán, M.J. Gallach, A. López y P. López

e-mail: juan.soria@uv.es

Publicado originalmente en: Soria, Juan Miguel, J.P. Catalán, A. López, P. López y M.J. Gallach. 1998. Estudio del medio físico y biológico de los "ullals" situados entre los ríos Xeraco y Serpis. En: II^{es}. Jornades d'Estudis de Cullera: 159-174. Editorial 7 i mig. Benicull (Valencia).

1. Introducción

En el Parque Natural de la Albufera se realizó por J.M. Soria y colaboradores en 1988 (Soria, 1992), un estudio de las surgencias situados dentro del Parque y en sus proximidades. Estas surgencias se conocen popularmente en lengua valenciana con el nombre de "Ullals", porque indican un punto donde el agua mana desde la tierra. Los resultados obtenidos muestran que muchos de estos ullals se encuentran en muy mal estado de conservación, y la mayoría de ellos están prácticamente irrecuperables, invadidos por campos o enterrados y reducidos a drenajes conocidos como "cadufos".

Por presentar el territorio situado al sur del río Júcar unas características similares en cuanto a su conformación geomorfológica, es lógico que también debían existir numerosas surgencias que podían ser similares a las encontradas en el Parque Natural de la Albufera. En un trabajo realizado por Burguet *et al.* (1988) se observaron algunas de ellas. El objeto del presente trabajo es de conocer nuevas surgencias y conocer la calidad de sus aguas ampliando las ya conocidas anteriormente.

2. Material y métodos

Localización de las surgencias

El territorio objeto del presente estudio está situado al sur del río Júcar, en los términos municipales de Cullera, Tavernes de Valldigna y Xeraco, limitado por el río Júcar por el Norte, la carretera nacional 332 por el Oeste, la carretera de Xeraco a la playa por el Sur, y el mar Mediterráneo por el Este. Se ha accedido a ellos desde tierra situándolos a partir del mapa del IGN a escala 1:25.000; del trabajo realizado por Burguet *et al.* (1988), que estudió el Estany Gran de Cullera y su cuenca hidrológica, y de la exploración "in situ" por los caminos que recorren en dirección N-S la franja costera comprendida en el área de estudio considerada previamente.

La toma de muestras se realizó siguiendo la metodología descrita por Golterman *et al* (1978), tomando las muestras a 1 -- 1,5 m de la orilla, y a 0,5 m de profundidad, con botellas de

polietileno incoloro de baja densidad, conservándolas refrigeradas hasta el momento del análisis químico. Algunos parámetros se miden directamente en el punto de muestreo, como la temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto en el agua. Para los demás análisis se siguen los procedimientos habituales descritos por Golterman *et al* (1978) y Strickland y Parsons (1972).

3. Resultados

Geomorfología de la zona

La configuración geomorfológica de la zona responde al modelo de antiguas albuferas colmatadas que, a modo de rosario, conforman las costas bajas del litoral mediterráneo (Roselló, 1982).

Al sur del río Júcar aparece una cuenca sedimentaria delimitada por el norte por su propia llanura de inundación; por el oeste por las sierras de la Murta y Cavall Bernat y de límites difusos en su parte meridional. Esta cuenca está cerrada por levante por una restinga arenosa de notable espesor, en la que, con frecuencia, aparecen afloramientos de agua dulce o salobre, conocidos popularmente como *basses* o *ullals*.





Hidrología

Del trabajo de Burguet antes citado, se desprende que la red de drenaje se organiza en torno a pequeños barrancos que drenan los relieves superando distintos desniveles en corto recorrido, por lo que darán lugar a pequeños conos de deyección recientes al pie de los mismos. Cuando los barrancos llegan a la marjal, el drenaje deja de ser natural para antropizarse totalmente. Aquí, toda una serie de acequias de riego, canalizan el agua, tanto para aprovisionar los cultivos de regadío como para evacuar posibles acumulaciones superficiales. En cuanto a la hidrología subterránea, tanto la naturaleza del roquedo (calizo-dolomítico), como la gran cantidad de manantiales, fuentes y pozos que aparecen en la zona hacen pensar en una abundante circulación subterránea de procedencia cárstica, como las fuentes y los ullals.

Se pueden encontrar también bastantes depósitos artificiales al nivel de suelo, principalmente en las zonas citrícolas, pero no se encuentran en las zonas de arrozal. También existen numerosas motobombas, tanto para riego como para descender el nivel freático en los drenajes de los campos. Además, a lo largo de la restinga aparecen numerosos ullals alimentados por el freático.

Si comparamos el drenaje superficial con la cantidad de afloramientos de agua de origen cárstico, se comprueba el predominio de estos últimos, lo que nos indica que el funcionamiento hidrológico de la cuenca se organiza fundamentalmente en los niveles subterráneos. Esto supone un aporte hídrico importante y relativamente continuado al marjal, lo que provoca que el nivel freático de ésta, e incluso el de la restinga, esté muy elevado.

Génesis y Evolución

Del estudio y comparación de los cortes transversales se desprende es que nos encontramos ante la última gran secuencia transgresiva holocena donde la posterior retirada de las aguas hasta su posición actual, dan lugar a la morfología hoy existente, en la cual el marjal desaguaría en el mar a través de canales naturales como el Estany de Cullera y otras golas, hoy desaparecidas o modificadas en canales. Las lagunas de albufera y marjales se han reducido por el aterramiento en campos de cítricos sobre todo en el último siglo. Sólo quedan pequeñas balsas que recogen los afloramientos de aguas y los conducen hasta los canales de drenaje. Pese a todo existen en esta zona dos grandes lagunas en la restinga, que son el Estany de Cullera y el Estany del Brosquil que se mantienen por la surgencia de aguas del fondo, que lo mantienen con profundidades de hasta 8 m, y limpios de arena, cuando lo lógico es su desaparición. Más al interior, cerca de Xeraco existe la zona de los Fondos, que mantiene lagunas de 1 a 2 m de profundidad y con una extensión importante, que quedarían como residuo de la antigua albufera.

Situación de ullals y afloramientos

En el mapa de la figura 1 se sitúa la zona de los afloramientos de agua que se ha tomado muestra. Se han visitado algunos más, pero que no se han tomado por tener una lámina de agua muy escasa, o estar prácticamente secos.

Morfológicamente podemos decir que los "ullals" son de forma alargada y rectangular, constreñidos por los campos que los rodean, que los dejan reducidos a un área larga con una anchura de tres a quince metros y longitud de sesenta a cien metros. En ocasiones se sitúan al borde del camino. A este tipo pertenecen la mayoría de los muestreados y visitados.

Otro tipo es los afloramientos situados en la orilla del mar, que conforman una auténtica marjal, como el que hemos llamado Estany del Brosquil (número 17), sin influencia marina importante en superficie, y el número 18, más influenciado por el mar, por tener la duna menor extensión y altura. Se extienden ambos por una amplia zona, alternando las láminas de agua libre con las masas de vegetación palustre.

Otros casos singulares son la llamada por nosotros Laguna de los Fondos (número 1 y 2), en Xeraco, extensión amplia, con matas de vegetación interior, posible resto de algún intento pasado de transformación del terreno; el Estany Gran de Cullera, laguna alargada, de casi 2 km de longitud y anchura variable, entre 10 y 50 m, con una profundidad máxima de 8 m, y los ullals Gran y de les Penyetes (número 40 y 41), situados cerca del cruce de la carretera de Tavernes a la playa, ocupados en parte por campos de naranjos.

Si en general se puede decir que hay dos tipos de ullals, de los parámetros observados se puede apreciar una gradación continua en todos ellos. Así en los tamaños, la superficie de los mismos oscila desde los 36 metros cuadrados a los 350.000. Las profundidades oscilan desde 0,2 a los 4 m, si bien se puede observar que existe por parte de los lugareños una pretensión de su desaparición, pues algunos son lugares de acúmulo de escombros y basuras, especialmente los de la zona próxima a Tavernes.

Destacamos los que posiblemente tengan mayor interés, que son el Estany Gran de Cullera, el Estany del Brosquil, como representantes de las surgencias situadas en la línea de la costa, junto a las actuales dunas de la playa en término de Cullera. La laguna de Los Fondos y los ullals de les Penyetes y ullal Gran son surgencias reducidas a balsas más bien grandes entre campos de naranjos en término de Tavernes.

Características morfológicas

Se ha medido la longitud y la anchura de cada una de las surgencias que se han encontrado con agua, para estimar su área. La profundidad se ha determinado de modo aproximado, pues no se han sondeado, por lo que se ha considerado un valor de profundidad que puede estar comprendido entre la media y la máxima.

La mayoría de las surgencias son de forma regular, generalmente cuadrada o rectangular. Están limitados por campos y caminos entre los campos. La franja de vegetación perilagunar que tienen es muy pequeña, como máximo de unos dos metros. En algunos casos es de sólo unos palmos de ancha. Algunas de las balsas parecen haber sido excavadas o mantenidas con profundidad para aprovechar sus aguas por medio de una bomba para el riego de los campos cercanos, a modo de pozos artesianos. El nivel del acuífero es cortado por la excavación, de manera que mantiene nivel de agua siempre, hasta en épocas de escasas lluvias.

Destacamos la presencia de tres extensiones de agua más grandes, que salen de lo que llamamos balsa, y entrarían dentro del concepto de laguna costera. Poseen un cinturón de vegetación perilagunar amplio. En parte han sido aterradas y convertidas en campos de cítricos, pero todavía conservan una superficie libre importante.

Fisicoquímica de las aguas

El resumen de los resultados obtenidos se muestra en la tabla 1, así como la media, la desviación estándar y los valores máximo y mínimo para cada una de las variables.

Tabla 1. Valores medios, desviación estándar y rango de cada una de las variables consideradas en el estudio.

		Media	Desv. std.	Máximo	Mínimo
Longitud	m	121	187	850	10
Anchura	m	26	74	500	2
Superficie	m ²	10994	52183	350000	36
Profundidad	m	1,4	1,0	4,0	0,2
Temperatura	°C	11,7	2,2	17,2	7,9
Conductividad	mS.cm ⁻¹	2,65	2,39	15,60	0,84
Oxígeno	mg.l ⁻¹	6,7	3,5	14,3	2,2
pH		8,0	0,3	8,6	6,9
Alcalinidad	mg.l ⁻¹ .CaCO ₃	299,0	115,7	950,0	187,5
Cloruros	mg.l ⁻¹ .Cl	473,7	827,2	5141,7	44,3
Nitrato	mg.l ⁻¹ .NO ₃	83,1	71,6	300,0	2,0
Nitrito	mg.l ⁻¹ .NO ₂	1,0	1,0	3,2	0,0
Fósforo	mg.l ⁻¹ .P	0,22	0,79	5,50	0,00
Amonio	mg.l ⁻¹ .NH ₄ ⁺	0,88	2,44	16,67	0,00
Sodio	mg.l ⁻¹ .Na ⁺	236,6	366,9	2300,0	23,0

Dureza	°dF	95,9	38,9	265,0	35,0
Calcio	mg.l ⁻¹ .Ca ⁺⁺	235,3	87,4	521,0	80,2
Magnesio	mg.l ⁻¹ .Mg ⁺⁺	90,4	60,1	413,3	24,3

El oxígeno disuelto en las aguas oscila entre 2,2 y 14,3 mg.l⁻¹. El valor medio de las muestras es de 6,7 mg.l⁻¹, similar al que presentan las aguas procedentes de surgencias en la zona de la Albufera de Valencia (Soria, 1993). Los valores más bajos se presentan en aquellas balsas que están cubiertas la mayor parte de la superficie por lenteja de agua.

El pH varía entre 6,9 y 8,6 apreciándose que es más alto en ullals en los que la eutrofia es mayor o en los que el cañaveral circundante ha sido quemado, práctica que parece bastante habitual en la zona. El valor inferior se encontró en una surgencia que tenía aspecto de haber recibido algún tipo de vertido extraño.

Mineralización

Respecto a la conductividad se observa una notable variación desde 0,84 mS.cm⁻¹ a 15,60 mS.cm⁻¹, apreciándose un aumento, en general, desde las surgencias más lejanas a la línea de la playa, a las más próximas. Como excepción localizamos el Estany del Brosquil junto a la playa con una conductividad de 1,67 mS.cm⁻¹ y que debería ser objeto de un análisis en profundidad, pues indica que posiblemente se trate de un punto de descarga de aguas dulces provenientes de las sierras cercanas, y de ahí la característica de sus aguas. Las muestras tomadas unos días después de lluvia presentan valores más bajos de conductividad también. Es lógico por cuanto los terrenos son de naturaleza arenosa, con facilidad de drenaje sobre las propias surgencias, que son los puntos más bajos.

Por su parte la alcalinidad, expresada en mg.l⁻¹ CaCO₃, varía entre 187,5 y 950,0 siendo los valores más altos debidos a que el medio está muy cargado de bicarbonatos como es en el ullal número 15. Sin embargo los valores promedio son los normales de aguas mineralizadas, con 299 mg.l⁻¹.

Los cloruros oscilan entre 44,3 y 5141,7 mg.l⁻¹ siendo mayor en ullals cercanos a la zona de playa, siendo debido probablemente tanto a la infiltración marina, como a un proceso de evaporación de las aguas de las balsas alimentadas por el nivel freático durante las épocas de estiaje.

La dureza de las aguas, medida como grados de dureza franceses (°dF), presenta valores comprendidos entre 35 y 265. El valor promedio es de 96. Son valores de aguas duras y muy duras en general. La equivalencia con otras medidas de dureza es que 1 °dF equivale a 0,1 mmol/l de iones alcalinotérreos, o a 10 mg.l⁻¹ de carbonato cálcico. Se dice que las aguas son blandas, hasta una dureza de 15 °dF, y son duras hasta los 50 °dF, y son muy duras para valores superiores. Las lagunas que presentan los valores más altos son debidos posiblemente a procesos de evaporación en un caso (surgencia 14) y a presencia de sales magnésicas por otro, posiblemente de origen marino, por su situación entre dunas (surgencia 18).

El sodio oscila entre 23 y 2300 mg.l⁻¹ siendo los valores medios de 236, siendo superiores cuanto mayor es la mineralización de las aguas y la influencia marina.

El calcio presenta valores entre 80,2 y 521 mg.l⁻¹, con un promedio de 235,3. Al igual que en el caso de la dureza, los valores superiores a 100 ya se consideran altos para las aguas continentales, y son los habituales en estas surgencias.

El magnesio está comprendido entre 24,3 y 413,3 mg.l⁻¹, con un promedio de 90,4. El valor más alto se presenta en la surgencia más próxima al mar, al igual que pasa con el sodio, por la influencia de las sales marinas sobre las aguas de la surgencia.

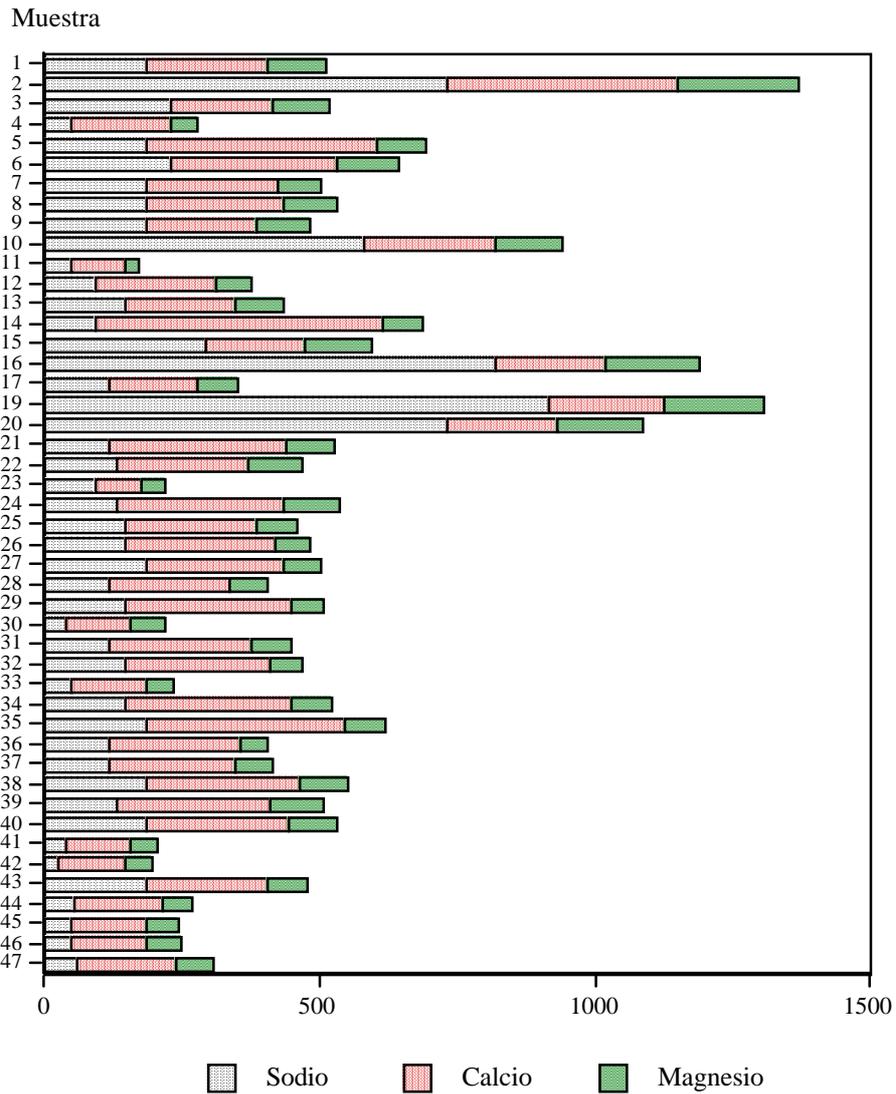


Figura 2. Cationes mayoritarios presentes en las aguas de las surgencias. Valores expresados en mg.l⁻¹

Nutrientes

Los nitratos varían entre 2 y 300 mg.l⁻¹ de NO₃ debiendo su origen a la contaminación de las aguas subterráneas de origen agrícola, a causa del lavado de los abonos utilizados. El valor promedio encontrado es de 83,71 mg.l⁻¹, bastante alto, lo que da una idea de la importancia de

los aportes. Sólo aquellos situados en puntos separados de naranjales y de huertas de cultivo intensivo presentan los valores más bajos.

Los nitritos oscilan entre 0,0 y 3,2, mientras que el amonio está entre 0,00 y 16,67 mg.l⁻¹. Estos compuestos son indicativos de la presencia de procesos reductores en las aguas, o como mineralización de la materia orgánica; por tanto cuanto más altos aparecen los valores, menor oxígeno en el medio, y mayor indicación de contaminación.

El fósforo se encuentra en unos valores entre 0,00 y 5,5 en mg.l⁻¹ siendo posiblemente este valor debido a vertidos de las proximidades. El valor promedio es de 0,2 mg.l⁻¹ de P, normales para estas aguas, siendo todos, excepto el máximo, inferiores a 1 mg.l⁻¹. Esto nos da una idea de aguas con contenido en fósforo bajo, pues se considera ya el valor de 5 mg.l⁻¹ como alto con peligro de eutrofia para los ecosistemas.

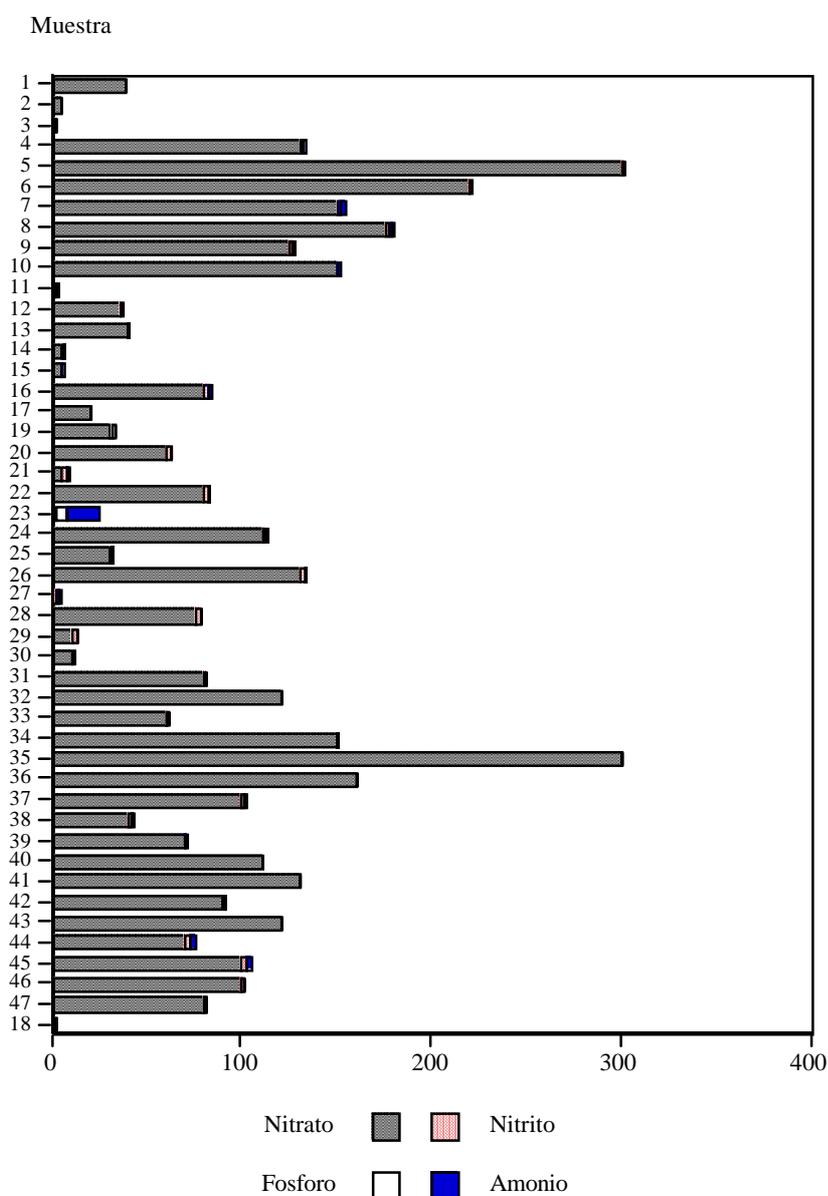


Figura 3. Nutrientes presentes en las aguas de las surgencias estudiadas. Valores expresados en mg.l⁻¹

Relaciones multivariantes

El estudio de las relaciones entre las variables fisicoquímicas nos muestra la relación directa que existe entre la conductividad y los cloruros (figura 4), con un coeficiente R de 0,96 para n=46 muestras, excluyendo aquella que presenta el valor más elevado, significativo a nivel de $p < 0,001$.

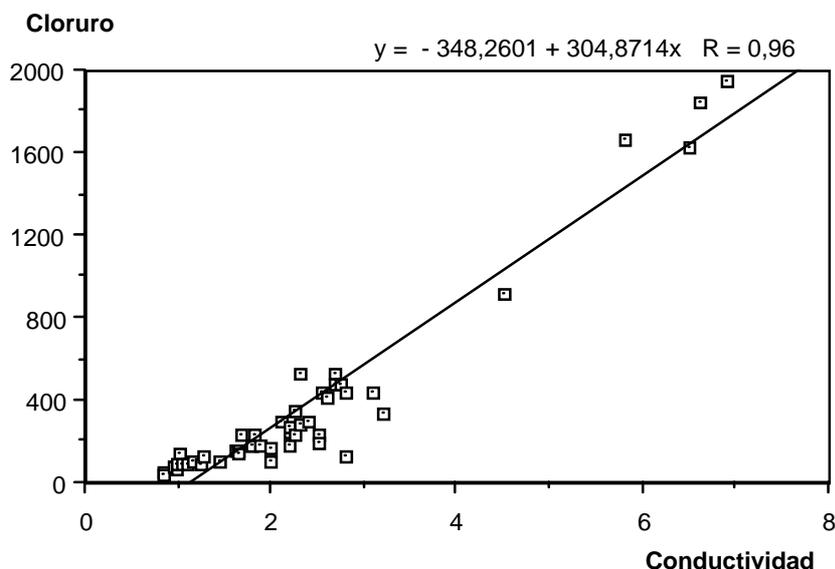


Figura 4. Regresión de los valores de la conductividad con los cloruros, y ecuación de ajuste de la recta.

Una relación similar se da en el caso de los Cloruros con el Sodio, donde el valor de R es de 0,99. Debemos entender que la presencia de sodio tan relacionada con los cloruros es por efecto de la intrusión de las aguas marinas en estas surgencias.

El caso de la dureza con el calcio y el magnesio es similar. Las ecuaciones obtenidas presentan un valor de R de 0,88 y 0,86 respectivamente. Las concentraciones de calcio son mayores que las del magnesio, como sucede en general en todos los ecosistemas de aguas dulces de zona cárstica. Estas relaciones son diferentes en lagunas de zonas endorreicas, donde el magnesio puede ser más importante, como sucede en algunas lagunas manchegas. En nuestras surgencias se presenta un sólo caso donde el magnesio sea mayor que el calcio, el de la surgencia 18. Pensamos que es debido a la presencia de cloruros de magnesio de origen marino. En este caso, esta muestra también ha sido eliminada de la representación gráfica.

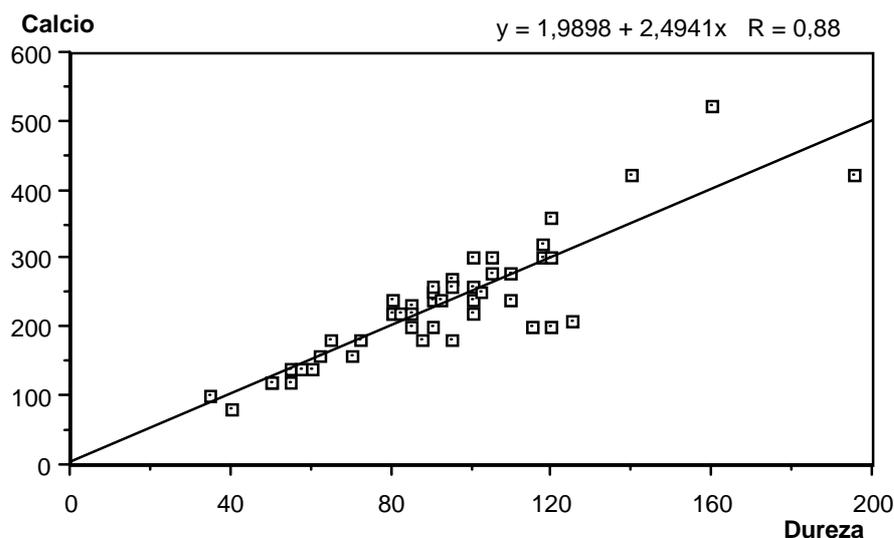


Figura 3. Regresión de los valores de la Dureza con el Calcio y ecuación de ajuste de la recta.

En la tabla 2, presentamos la matriz de correlaciones obtenida de la transformación logarítmica de los resultados en cada surgencia. Señalamos las correlaciones que tienen nivel de significación superior al 95 y al 99 %, para un número de variables estudiadas en este análisis de catorce.

Tabla 2. Matriz de correlaciones obtenida a partir de la transformación logarítmica de los resultados obtenidos en cada surgencia. Se indican subrayadas las correlaciones significativas superiores al 95 %, y en **negrita**, las superiores al 99 %.

Variable														
Area	1													
Conductivida	-.022	1												
d														
Oxígeno	.222	.102	1											
pH	.170	-.459	.367	1										
Alcalinidad	-.127	.203	-.088	-.481	1									
Cloruro	.001	.951	.113	-.372	.092	1								
Nitrato	-.057	-.141	.276	.174	-.401	-.151	1							
Nitrito	-.344	.112	-.287	.026	-.047	.092	.245	1						
Fósforo	-.145	-.171	-.287	-.110	-.072	-.053	-.191	.049	1					
Amonio	-.203	-.203	-.115	-.004	.057	-.068	-.117	.136	.850	1				
Sodio	-.052	.966	.070	-.386	.130	.965	-.158	.063	-.086	-.119	1			
Dureza	-.078	.877	.066	-.490	.253	.739	-.017	.135	-.327	-.361	.792	1		
Calcio	-.203	<u>.627</u>	.007	-.450	.211	.434	.118	.178	-.420	-.440	.519	.896	1	
Magnesio	.085	.913	.123	-.371	.175	.896	-.135	.053	-.141	-.166	.888	.837	.514	1

El análisis de componentes principales aplicado a la matriz de correlaciones nos da la proporción de la varianza explicada por cada uno de los primeros tres ejes considerados, en la tabla que sigue:.

<u>Eje</u>	<u>Varianza explicada</u>
1	0,389
2	0,167
3	0,118

El conjunto de los valores obtenidos para cada uno de los factores del análisis de componentes principales para cada variable se presenta en la tabla a continuación.

<u>Variable</u>	<u>Factor 1</u>	<u>Factor 2</u>	<u>Factor 3</u>
Area	-0,580	-0,390	-0,624
pH	-0,536	-0,448	-0,160
Amonio	-0,311	0,756	-0,186
Fósforo	-0,282	0,800	-0,220
Nitrato	-0,121	-0,456	0,437
Oxígeno	0,059	-0,570	-0,386
Nitrito	0,101	0,210	0,662
Alcalinidad	0,284	0,340	0,014
Calcio	0,755	-0,193	0,436
Cloruro	0,888	0,122	-0,245
Magnesio	0,909	0,030	-0,225
Sodio	0,918	0,112	-0,188
Dureza	0,952	-0,910	0,149
Conductividad	0,971	0,055	-0,117

El 38,9 % de la varianza explicada por primer eje es atribuible principalmente a la concentración de sales disueltas en el agua responsables de la mineralización, y sus dependientes, como la conductividad, la dureza, el cloruro, el calcio, el magnesio y el sodio. En la parte negativa tiene más peso el área y el pH, indicando en conjunto que aquellas lagunas más saladas son las más pequeñas, a la vez que son las que presentan el pH más bajo que las demás.

El segundo factor explica un 16,7 % de la varianza, y la atribuye a la presencia de condiciones de oxígeno bajo, con elevadas concentraciones de amonio y fósforo, definiendo las lagunas que posiblemente tengan mayor presencia de materia orgánica y sus productos de degradación mineral, con durezas bajas (quizás debidas a la precipitación por los fosfatos).

Por último, el tercer factor considerado explica sólo el 11,8 % de la varianza, y la atribuye a la existencia de lagunas pequeñas con valores más altos de nitrito, nitrato y calcio en las aguas.

4. Conclusiones

Las surgencias costeras situadas al sur del río Júcar son ecosistemas lagunares muy afectados por la acción humana, que los ha dejado reducidos a balsas de tamaño y profundidad variable, de acuerdo con los intereses de los agricultores.

Del conjunto de afloramientos estudiados destacamos la importancia que tiene la mineralización de sus aguas, donde el sodio y el calcio presentan unos valores similares en promedio, aunque la dominancia del sodio es mayor, cuanto más próximo está de la línea de la costa. La extracción de agua de estos puntos para el riego puede producir la intrusión marina en las épocas de mayor estiaje, perjudicando seriamente a los campos que las utilicen, así como al acuífero en general.

La concentración de los nutrientes es baja en general, excepción hecha de vertidos puntuales y de los aportes de nitratos desde los campos de alrededor.

Por sus características y grado de conservación, algunas de estas surgencias deberían preservarse como reductos de los sistemas acuáticos lagunares costeros, de los que cada día son más escasos.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Agencia del Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana la subvención recibida que sufragó en parte los gastos del presente estudio, así como a los Laboratorios Aguacontrol S.C. de Mislata (Valencia), donde se realizaron los análisis de las aguas.

6. Bibliografía

- Burguet, I., A. Camarasa, L. Navarro, J. Pardo Y M. Viñals. 1988. L'Estany Gran de Cullera: evolución geomorfológica. **Cuad. de Geogr. 44**: 163 - 176.
- Golterman, H.L., R.S. Clymo y M. Ohnstad. 1978. **Methods for physical and chemical analysis of fresh waters**. IBP Handbook nº 8. 214 págs.
- Roselló, V.M. 1982. Albuferas Mediterráneas. **Actas I Reunión Cuaternario Ibérico. V**: 43 - 87.
- Strickland, J.R. y T.R. Parsons. 1972. **A practical handbook of seawater analysis**. J. Fish. Res. Bd. Canad. 311 págs.
- Soria, J.M. 1992. Caracterización fisicoquímica de las surgencias del Parque Natural de la Albufera (Valencia). **Actas del VI Congreso Español de Limnología**.