

CARMEN COLETO FIAÑO • ANA BERMEJO BERMEJO  
EUGENIO RICO EGUIZÁBAL

# EL COMPLEJO LAGUNAR DEL ARQUILLO

Estudio Ecológico



INSTITUTO DE ESTUDIOS ALBACETENSES  
"DON JUAN MANUEL"  
DE LA EXCMA. DIPUTACIÓN DE ALBACETE

CARMEN COLETO FIAÑO  
ANA BERMEJO BERMEJO  
EUGENIO RICO EGUIZÁBAL

# EL COMPLEJO LAGUNAR DEL ARQUILLO

Estudio Ecológico



INSTITUTO DE ESTUDIOS ALBACETENSES  
"DON JUAN MANUEL"  
DE LA EXCMA. DIPUTACIÓN DE ALBACETE  
Serie I - Estudios - Núm. 128  
Albacete 2001

**Cubierta:** Vista del complejo lagunar del Arquillo y detalles de culebra viperina y nenúfar (fotografías de los autores).

COLETO FIAÑO, Carmen

El complejo lagunar del Arquillo : estudio ecológico / Carmen Coletto Fiaño, Ana Bermejo Bermejo, Eugenio Rico Eguizábal. -- Albacete : Instituto de Estudios Albacetenses "Don Juan Manuel" , 2001.

150 p.: il. col. -- (Serie I -Estudios; 128)

Bibliografía.

ISBN 84-95394-24-3

1. Ecología - Laguna de los Ojos del Arquillo (Albacete)  
2. Ecosistemas - Laguna de los Ojos del Arquillo (Albacete)  
I. Bermejo Bermejo, Ana. II. Rico Eguizábal, Eugenio. III. Instituto de Estudios Albacetenses "Don Juan Manuel". IV. Título. V. Serie.

502.7:504.455(460.288Ojos del Arquillo)

556.55(460.288Ojos del Arquillo)

INSTITUTO DE ESTUDIOS ALBACETENSES "DON JUAN MANUEL"

DE LA EXCMA. DIPUTACIÓN DE ALBACETE.

ADSCRITO A LA CONFEDERACIÓN ESPAÑOLA DE CENTROS DE ESTUDIOS LOCALES. CSIC

*Trabajo realizado con una ayuda  
del Instituto de Estudios Albacetenses*

I.S.B.N. 84-95394 24-3

D.L. AB-291 2001

Maquetación: Tipo y Trama. S. L.

Camino de la Virgen, 16 - bajo

Tel. y Fax 967 550 019

E-mail: [tipoytrama@ono.com](mailto:tipoytrama@ono.com)

02005 Albacete

Impreso en Gráficas Goyza

Polígono Industrial. C/ D. s/n

Tel. 967 467 001

Casas Ibáñez (Albacete)

## ÍNDICE

	<u>PÁGINAS</u>
AGRADECIMIENTOS .....	9
1. INTRODUCCIÓN .....	13
2. LA LAGUNA DE LOS “OJOS DEL ARQUILLO” .....	17
3. LA CUENCA DEL RÍO ARQUILLO .....	23
3.1. El Clima .....	25
3.2. La Geología y la Geomorfología .....	28
3.3. La Hidrología .....	30
3.3.1. Las aguas Superficiales .....	30
3.3.2. Las aguas Subterráneas .....	33
3.4. La Vegetación .....	36
3.5. Los Usos del Territorio .....	38
4. EL COMPLEJO LAGUNAR DEL ARQUILLO .....	41
4.1. Los Orígenes de la Laguna del Arquillo .....	44
4.2. La Charca del Arquillo y la Llanura de Inundación .....	48
4.3. La Morfología de la Cubeta del Arquillo .....	49
4.4. Características Físico-Químicas de las Aguas del Arquillo .....	57
4.4.1. El Funcionamiento Térmico de la Laguna .....	58
4.4.2. Transparencia .....	60
4.4.3. Hidroquímica del Arquillo .....	61

4.4.3.1. Aguas superficiales .....	61
4.4.3.2. Aguas subterráneas .....	70
4.5. El Tiempo de Renovación .....	73
4.6. El Estado Trófico .....	74
4.7. La Vegetación Asociada al Complejo Lagunar del Arquillo	76
4.7.1. La Vegetación de la Laguna .....	76
4.7.2. La Vegetación de la Charca .....	80
4.7.3. La Vegetación del Río Arquillo .....	81
4.7.4. La Vegetación de la Llanura de Inundación .....	83
4.7.5. La Vegetación Ribereña .....	83
4.8. La Fauna Invertebrada del Complejo Lagunar del Arquillo	83
4.9. La Fauna Vertebrada del Complejo Lagunar del Arquillo	86
4.9.1. Peces .....	87
4.9.2. Reptiles y Anfibios .....	89
4.9.3. Aves .....	91
4.9.4. Mamíferos .....	93
<b>5. CONSERVACIÓN Y GESTIÓN DEL COMPLEJO LAGUNAR</b>	<b>95</b>
5.1. El Hombre y el Medio Natural .....	98
5.1.1. Actividades de Ocio y Recreativas .....	98
5.1.1.1. Picnic .....	99
5.1.1.2. Baño .....	100
5.1.1.3. Tránsito de vehículos .....	100
5.1.2. Actividades Agrícolas y Ganaderas .....	100
5.1.3. Actividades Pesqueras .....	101
5.1.4. Otras Actividades .....	102
5.1.4.1. Quema de la vegetación .....	102
5.1.4.2. Modificación del litoral de la charca y encauzamiento del río .....	103
5.2. El Arquillo como Enclave Turístico .....	103
5.3. El Diagnóstico Ambiental del Complejo Lagunar del Arquillo .....	104
5.3.1. Alteración de la Cubierta Vegetal .....	105
5.3.2. Eutrofización .....	106
5.3.3. Alteración de los Regímenes Naturales de Inundación .....	106
5.3.4. Contaminación Visual .....	107
5.3.5. Introducción de Especies Alóctonas .....	107

5.4. Propuestas para la Gestión del Complejo Lagunar del Arquillo . . . . .	108
6. CONCLUSIONES . . . . .	115
7. BIBLIOGRAFÍA . . . . .	121
7.1. Bibliografía Citada . . . . .	123
7.2. Otra Bibliografía de Interés . . . . .	126
<b>ANEXOS</b>	
Anexo 1: Perfiles de temperatura, oxígeno y conductividad realizados en la Laguna del Arquillo . . . . .	129
Anexo 2: Hidroquímica del Complejo Lagunar del Arquillo . . . . .	133
Anexo 3: Datos de pigmentos del Complejo Lagunar del Arquillo . . . . .	138
Anexo 4: Flora acuática asociada al Complejo Lagunar del Arquillo . . . . .	140
Anexo 5: Inventario de invertebrados acuáticos bentónicos del Complejo Lagunar del Arquillo . . . . .	142
Anexo 6: Fauna vertebrada del Complejo Lagunar del Arquillo y su entorno . . . . .	147

## **AGRADECIMIENTOS**

La realización de este proyecto ha sido posible gracias a la concesión de una *Ayuda a la Investigación* del Instituto de Estudios Albacetenenses "Don Juan Manuel" de la Excm. Diputación de Albacete.

Agradecemos la ayuda prestada por Máximo Florín, Doctor en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Madrid, quien nos sugirió la idea principal que dio luz a este trabajo y colaboró en distintas fases del mismo.

El Prof. Carlos Montes, catedrático de Ecología de la Universidad Autónoma de Madrid, nos apoyó en las fases iniciales de petición de la ayuda y en el desarrollo del trabajo.

No podemos dejar de hacer mención a David González, Javier de la Puente y Juan Antonio Calleja, licenciados en Ciencias Biológicas, sin cuya ayuda los trabajos de campo hubieran sido agotadores.

Del mismo modo agradecemos la colaboración de todos aquellos miembros del Dpto. de Ecología de la Universidad Autónoma de Madrid, que en algún momento del proyecto nos " echaron una mano", especialmente a Ignacio Granados, que determinó un buen número de quironómidos.

Queremos agradecer encarecidamente la labor de ayuda prestada por la Dra. Ana Basaguren, de la Universidad del País Vasco, que determinó los tricópteros; la Dra. M<sup>a</sup> Rosario Vidal-Abarca, de la Universidad de Murcia, que colaboró con la determinación de los moluscos y el Dr. Javier García Avilés, del Centro de Investigaciones Ambientales de la Comunidad de Madrid (CIAM) "Fernando González Bernáldez", que nos ayudó con la de los odonatos.

D. Domingo García Delcán, de la sección de Hidrogeología de la Excm. Diputación Provincial de Albacete, nos asesoró en temas de hidrología y nos orientó en la materia.



Queremos mencionar también a Tomás Velasco, licenciado en Ciencias Biológicas especializado en aves, quien nos facilitó los datos correspondientes a los censos de aves realizados en el Arquillo y a Ignacio Doadrio, del Museo Nacional de Ciencias Naturales, por la información facilitada sobre la fauna piscícola. Fernando Alonso, del Centro de Investigaciones Agrarias de Albaladejito (Cuenca), nos prestó información sobre los decápodos del área. Así mismo Isabel Coletto, doctora en Hidrogeología, nos asesoró pacientemente en temas de hidroquímica subterránea.

Agradecemos a Enrique de la Puente y Susana Merino, del estudio de diseño Enebro, su colaboración en el diseño y maquetación.

Finalmente queremos hacer constar la diligencia con la que la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha nos concedió los permisos necesarios para poder realizar el proyecto, y a la Guardería de la zona, que nos atendió amablemente en todo momento.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Las zonas húmedas forman parte del grupo de ecosistemas más amenazados de nuestro planeta. Consideradas desde antaño como zonas insalubres y de poca productividad, han sido en muchos casos desecadas para ser puestas en cultivo o urbanizar sobre ellas. Sin embargo, se trata de ecosistemas de gran valor ecológico que albergan una fauna y vegetación de elevado interés.

En la actualidad la Limnología tiende a estudiar los sistemas acuáticos de forma integradora, con el fin de conocer la dinámica y el funcionamiento de los mismos. Sólo a través de un conocimiento global de su estructura y de los factores que condicionan dicho funcionamiento, es posible establecer las directrices de gestión que garanticen su integridad ecológica, paisajística y natural, cada día más en peligro por las crecientes presiones ejercidas sobre estos ecosistemas.

Con esta filosofía sobre la conservación de la naturaleza se ha llevado a cabo este estudio sobre el Complejo Lagunar del Arquillo (Albacete), uno de los sistemas acuáticos más singulares de la provincia por su peculiar origen y sus características limnológicas.

La Comunidad de Castilla-La Mancha ha sido siempre conocida por el paisaje llano y seco que la caracteriza, pero no por ello se trata de un área pobre en zonas húmedas. Nada más lejos de la realidad, ya que en esta comunidad se encuentra uno de los complejos húmedos de mayor importancia en la Península Ibérica, la Mancha Húmeda, pero además posee una gran riqueza en humedales de características muy variadas distribuidos por toda su geografía; entre ellos se encuentra el Complejo Lagunar del Arquillo.

La necesidad general de este proyecto desarrollado en el Complejo Lagunar del Arquillo se derivó de la escasez de conocimientos sobre este sis-

tema y a su singularidad ambiental. Además es un ecosistema que goza aún de un relativo buen estado de conservación, dentro de los escasos humedales existentes en la Península Ibérica que presentan un origen similar.

Este trabajo pretende recopilar los primeros resultados científicos obtenidos sobre este enclave, para poder contribuir a un mejor conocimiento de los sistemas acuáticos de la provincia de Albacete, que asegure su protección. Gracias a la concesión de una *Ayuda a la Investigación* por parte del Excmo. Instituto de Estudios Albacetenses, ha sido posible llevar a cabo este proyecto.

## **2. LA LAGUNA DE LOS “OJOS DEL ARQUILLO”**

De las cuatro provincias que conforman esta área meseteña, la provincia de Albacete ha sido una de las menos investigadas, en cuanto a cuerpos de agua se refiere. Existen pocos estudios recopilatorios de las zonas húmedas de Albacete (Cirujano *et al.*, 1988; Herreros Ruiz, 1991) y sólo unas pocas de las lagunas albacetenses son conocidas debido a su extensión, interés paisajístico o por ser fuente de recursos minerales, como son las lagunas de Pétrola, Salobrejo, Saladar, Ontalafia y Ruidera.

La provincia de Albacete, caracterizada por su aridez, es, paradójicamente, rica en humedales poseedores de una fauna y flora de gran valor. Dentro de la Comunidad de Castilla-La Mancha, es una de las provincias que mayor número de humedales presenta, lo que le confiere una entidad que la diferencia del resto de las provincias del centro de la Península Ibérica.

En la primera obra recopilatoria de los humedales españoles “Catálogo de los Lagos de España” (Pardo, 1948), a pesar de que se recoge una lista de 23 humedales albacetenses, no aparece registrada la Laguna del Arquillo, lo que nos da una idea de lo poco conocido que es este humedal a pesar de su interés ecológico y geológico.

Su aislada situación, separado de los demás humedales de la provincia de Albacete, ha mantenido este complejo como un verdadero enclave desconocido hasta hace pocos años, cuando se comienzan a realizar estudios concretos y puntuales sobre algunos aspectos descriptivos del mismo, como por ejemplo sobre vegetación acuática (Cirujano, 1990), o sobre los coleópteros y heterópteros acuáticos (Millán *et al.*, 1996), pero ninguno desde un punto de vista global y funcional.

Sin embargo, desde antaño, la Laguna del Arquillo es conocida con el nombre de la Laguna de los Ojos del Arquillo por los habitantes de la

comarca, lo que nos proporciona ciertos indicios sobre la peculiaridad de su funcionamiento. El nombre de “ojos” u “ojuelos” es aplicado, en la terminología popular, a las surgencias de aguas subterráneas.

De entre los setenta y siete humedales naturales que conforman el paisaje albacetense (Cirujano *et al.*, 1988), el Complejo Lagunar del Arquillo es uno de los menos conocidos y estudiados. Este complejo destaca por reunir tanto ambientes de aguas fluyentes (lóticos) como de aguas remansadas (leníticos), lo que unido a su localización a una altitud de unos 1.000 m.s.n.m. le confieren una cierta singularidad y relevancia respecto a otros humedales manchegos (Cirujano, 1990).

El Complejo Lagunar del Arquillo se sitúa en el oeste de la provincia de Albacete (figura 1), concretamente entre los términos municipales de El Robledo y El Masegoso. Se encuentra entre 38° 45' y 38° 46' de latitud norte, y entre 2° 21' y 2° 22' de longitud oeste (coordenadas UTM 30SWH555897).

La característica más relevante de la Laguna del Arquillo es su singular origen, un represamiento travertínico natural en el cauce fluvial del río Arquillo que embalsa un volumen de agua importante. Es uno de los pocos ecosistemas palustres de la Península Ibérica que presenta este origen, como las Lagunas de Ruidera (Ciudad Real-Albacete) o la Laguna de



Foto 1. Vista panorámica de la Laguna del Arquillo.

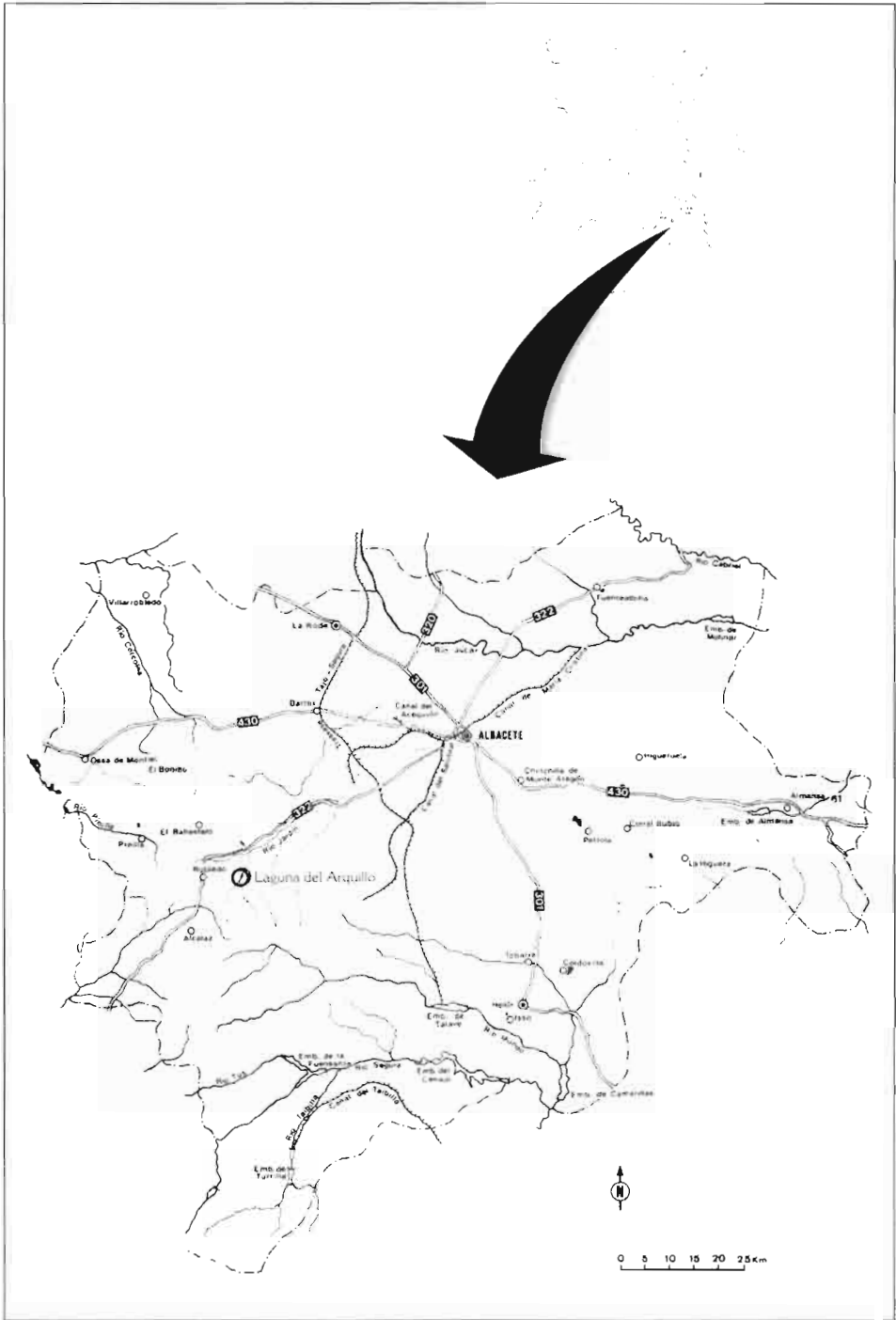


Figura 1. Localización del Complejo Lagunar del Arquillo.



Uña (Cuenca), con lo cual su singularidad a escala nacional adquiere relevancia.

Es probable que el desconocimiento de su existencia haya permitido preservar este humedal en un buen estado de conservación respecto a otras zonas húmedas de Castilla-La Mancha, muchas de ellas transformadas o modificadas para beneficio del hombre pero en perjuicio de sus valores naturales. No olvidemos, sin embargo, que sobre este singular enclave, ya en ciertos aspectos muy modificado por actividades antrópicas, se cierren problemas acuciantes que hacen necesaria la actuación diligente de los gestores.

### **3. LA CUENCA DEL RÍO ARQUILLO**

Solamente se pueden entender la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos teniendo en cuenta el medio que los rodea. La unidad fundamental de trabajo en el estudio de los ecosistemas acuáticos continentales es la cuenca fluvial. Todos los procesos que la afecten repercutirán de forma más o menos directa en el humedal, lo que hace preciso conocer sus características geológicas, climáticas, hidrológicas, los organismos que la pueblan y los principales usos que se hacen del área.

### 3.1. El Clima

La región suroccidental de Albacete se distingue claramente del resto de la provincia en su régimen pluviotérmico. Si bien todo el área se engloba en el denominado clima mediterráneo continental templado, la sierra suroccidental albacetense es el sector más húmedo (con 500-1.000 mm/año), con temperaturas medias anuales más frías (13 °C) y un periodo de nivación y heladas superior a la media provincial (Almarza, 1984).

Según el sistema de clasificación climática de Koppen, el clima puede catalogarse como mediterráneo mesotérmico húmedo con veranos secos y calurosos (González Beserán *et al.*, 1991) y marcado carácter continental.

La estación meteorológica más cercana a la zona de estudio es la de Casas de Lázaro, situada a 943 m.s.n.m., pero los datos de los que dispone son incompletos y referidos solamente a parámetros pluviométricos. Por ello, atendiendo a los datos termopluiométricos de la estación meteorológica de Munera (Albacete), situada a una altitud de 930 m.s.n.m. (tabla 1), se observa que la zona presenta una temperatura media anual de

13,9 °C. con meses invernales en los que no se alcanza más que una temperatura media de 4,5 °C (con diciembre como mes más frío) y con meses estivales en los que se alcanzan temperaturas medias de 26,2 °C (con julio como mes más caluroso). Es, por lo tanto, un clima marcadamente continental en el que la oscilación térmica anual es de 21,7 °C (González Beserán *et al.*, 1991).

No hay que olvidar en ningún momento los vientos dominantes del sur, de marcado carácter seco, los cuales suelen acentuar la sensación térmica calurosa en los meses de julio y agosto (Almarza, 1984). En lo que se refiere más concretamente al valle del río Arquillo, los vientos dominantes a nivel regional son superados en intensidad por los locales que se encauzan por la propia morfología del valle, los cuales son constantes e intensos durante todo el año. Estas corrientes entran longitudinalmente en el valle siguiendo una dirección sureste-noroeste y acentúan la sensación térmica fría, incrementando los riesgos de helada en los meses de invierno y produciendo una marcada evapotranspiración en los meses de verano.

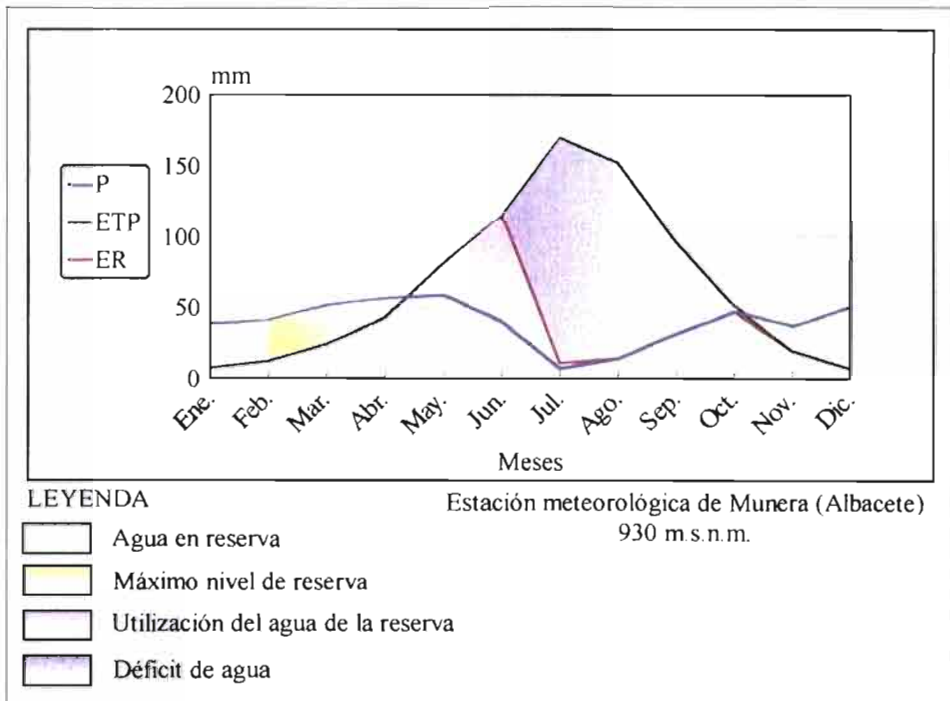


Figura 2. Diagrama ombroclimático de la Estación Meteorológica de Munera (Albacete). (P: Precipitación; ETP: Evapotranspiración potencial; ER: Evapotranspiración real).

Tabla 1. Ficha climática y principales variables climáticas de la estación meteorológica de Munera (Albacete) en el periodo de años 1944-1975.

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Media Anual
Temperatura (°C)	20,6	14,6	8,2	4,5	4,8	5,8	8,0	11,3	16,5	20,8	26,2	25,6	13,9
Evap. potencial (mm)	96,7	51,8	20,2	7,4	7,6	12,6	24,7	43,3	81,2	115,3	170,1	152,2	783,1
Precipitación (mm)	32,9	47,8	38,1	50,9	39,1	41,4	51,5	56,5	58,7	41,1	8,1	14,9	481,0
Diferencia P-EP (mm)	-63,8	-4,0	17,9	43,5	31,5	28,8	26,8	13,2	-22,5	-74,2	-162	-137,3	-302,1
Variación reserva (mm)	0	0	17,9	43,5	31,5	7,1	0	0	-22,5	-74,2	-3,3	0	
Reserva (mm)	0	0	17,9	61,4	92,9	100	100	100	77,5	3,3	0	0	
Evaporación real (mm)	32,9	47,8	20,2	7,4	7,6	12,6	24,7	43,3	81,2	115,3	11,4	14,9	419,3
Déficit (mm)	63,8	4,0	0	0	0	0	0	0	0	0	158,7	63,8	363,8
Excedente (mm)	0	0	0	0	0	21,7	26,8	13,2	0	0	0	0	61,7

Análisis de la ficha hídrica de la estación meteorológica de Munera (Albacete):

- Evaporación real anual: 419,3 mm
- Mes en el que comienza a constituirse la reserva: Noviembre
- Mes en el que se alcanza la reserva de saturación de 100 mm: Febrero
- Mes en el que empieza a disminuir la reserva: Mayo
- Mes de agotamiento de la reserva de saturación de 100 mm: Julio

NOTA: Los cálculos se han realizado con una reserva de saturación de 100 milímetros (Datos del Instituto Nacional de Meteorología y elaboración propia de la ficha hídrica normalizada).

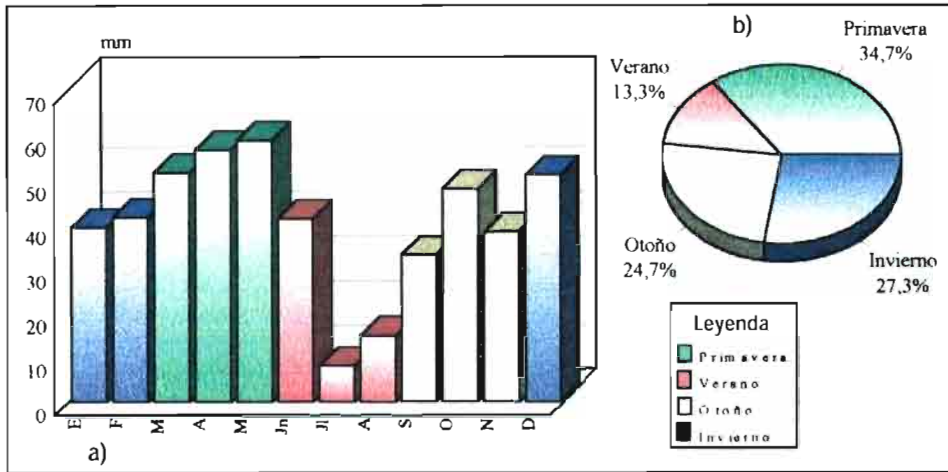


Figura 3. Distribución estacional de las precipitaciones en la Estación Meteorológica de Munera (Albacete).  
a) Pluviales netos (mm); b) Pluviales relativos (%).

Los datos climáticos de la estación meteorológica de Munera permiten la realización de una ficha hídrica para una reserva de saturación de 100 mm (tabla 1).

Mediante el análisis de esta ficha climática (tabla 1) y de la gráfica de comparación entre precipitación real (P), evapotranspiración potencial (ETP) y evaporación real (ER) (figura 2), se observa cómo en un periodo de seis meses, de abril a octubre, la ETP es notablemente superior a la P, por lo que a mediados de junio se empieza a dar un déficit de agua por agotamiento del agua de la reserva. Es en el periodo de febrero a abril cuando la reserva de agua está al máximo, ya que ha sido rellenada desde octubre a febrero.

La distribución anual de las precipitaciones (figura 3) es típicamente mediterránea, con el máximo de lluvias en primavera, y un marcado periodo seco en verano, si bien el invierno es también bastante lluvioso.

### 3.2. La Geología y la Geomorfología

Los heterogéneos rasgos geomorfológicos de la provincia de Albacete determinan dos unidades distintas, una mesa tabular al norte y una zona montañosa plegada al sur, separadas por un territorio con características transitorias ente las dos unidades (Jerez, 1982). Es en el primer

área donde se sitúa la mayor parte de los humedales de Albacete (Cirujano *et al.*, 1988).

En la mesa tabular se pueden distinguir tres unidades morfoestructurales: la plataforma calcárea del Campo de Montiel, la covertera sedimentaria de los Llanos de Albacete y una zona del sistema prebético suroriental. El Campo de Montiel se encuentra dentro de la fosa del Guadiana. Se extiende desde el final del Campo de Calatrava, a la altura de Valdepeñas, hasta la Sierra de Alcaraz por el este. Al norte queda limitada por La Mancha y al sur por Sierra Morena.

El Sistema Lagunar del Arquillo se localiza dentro de la fosa del Guadiana. Es una altiplanicie calcárea elevada a unos 1.000 m.s.n.m. que posee una intensa actividad kárstica y una gran capacidad de absorción, al establecer la cabecera de alimentación de varias subcuencas hidrológicas (IGME, 1985). Reflejo de esa actividad son las Lagunas de Ruidera, conectadas por barreras travertínicas de la misma naturaleza que la que encontramos en la Laguna del Arquillo. También originada por procesos kársticos, destaca la Laguna de Ojos de Villaverde. Esta gran plataforma de sedimentación triásica es en una parte estructural, debido a la disposición tabular de las calizas, pero en otra lo es de erosión, por disolución de los yesos internos que han alterado la disposición primitiva. Presenta un relieve escaso o nulo originado por modelado kárstico.

El área sobre la que se asienta la cuenca del río Arquillo está constituida principalmente por dolomías, carniolas y calizas jurásicas, que originan una formación permeable por fisuración y karstificación. Se encuentra rodeada de una unidad de margas y arcillas jurásicas que se intercalan con calizas (IGME, 1979). Esta formación origina un estrato impermeable que da lugar a acuíferos aislados de interés local.

Concretamente encontramos tres estratos diferenciados en el sustrato básico de la cuenca: calizas y dolomías del Jurásico Superior; margas verdes, calizas, dolomías y yesos del Jurásico Medio; y dolomías y carniolas del Jurásico Inferior. Aparecen algunas zonas de rañas con cantos rodados cuarcíticos y matriz arcillo-arenosa del Plioceno (IGME, 1979).

Los cursos fluviales están ocupados por aluviones depositados por el propio río en el Holoceno de la era Cuaternaria. Los aluviones están compuestos de gravas rodadas, arenas y limos de carácter local, sobre los que se asienta la vegetación de ribera.

En determinados puntos de la cuenca del río Arquillo aparecen travertinos originados a lo largo del Cuaternario. Son tobas y limos calcáreos relacionados con surgencias kársticas antiguas y actuales, situadas fun-

damentalmente en el contacto Trias-Lias Inferior o en los cauces de los ríos. Estas últimas son las que presentan mayor interés desde el punto de vista limnológico por la creación de ecosistemas acuáticos singulares.

Las formaciones antiguas, compactas y con espesores de 10-15 m, se presentan escalonadas a lo largo de los cauces y diseminadas por el curso actual. Algunas de ellas crean amplias zonas de inundación pero no dan lugar a lagunas bien formadas. Las actuales suelen adquirir gran desarrollo superficial como es el caso de las situadas en los Chospes y Ojos de Villaverde. Esa misma formación aparece cerca de las Casas del Arquillo, creando una cerrada que ha permitido la formación de la laguna que lleva su mismo nombre.

El patrón de represamiento travertínico natural que se observa en la laguna principal del Complejo del Arquillo se repite a lo largo del eje longitudinal del río aguas arriba y abajo en varias ocasiones, sin llegar a formar un embalsamiento tan desarrollado como aquél, pero presentándose como fabulosas acumulaciones de carbonato cálcico que propician saltos en el curso fluvial muy atractivos visualmente.

### 3.3. La Hidrología

En el estudio de las aguas de una cuenca de drenaje es preciso tener en cuenta, por un lado las aguas superficiales encauzadas o de escorrentía, y por otro las aguas subterráneas que fluyen por los acuíferos de la zona. Cada tipo tiene un funcionamiento diferente del otro, pero sin embargo están relacionados por procesos de surgencia e infiltración.

#### 3.3.1. *Las aguas Superficiales*

El Sistema Lagunar del Arquillo pertenece a la subcuenca hidrográfica del río que lleva su mismo nombre, dentro de la cuenca hidrográfica del Júcar. La cuenca de drenaje del río Arquillo tiene una extensión de alrededor de 5.300 Ha en su totalidad, pero la superficie que drena al complejo lagunar, es decir, todo lo que queda de la cuenca de drenaje aguas arriba de la Laguna del Arquillo, tiene 3.700 Ha.

Aunque el río Arquillo es de carácter permanente, algunos tramos del mismo se secan durante la época estival, debido probablemente a las infiltraciones existentes y a las tomas de agua artificiales destinadas a regadíos circundantes. Sin embargo, no se tiene evidencia de que se haya



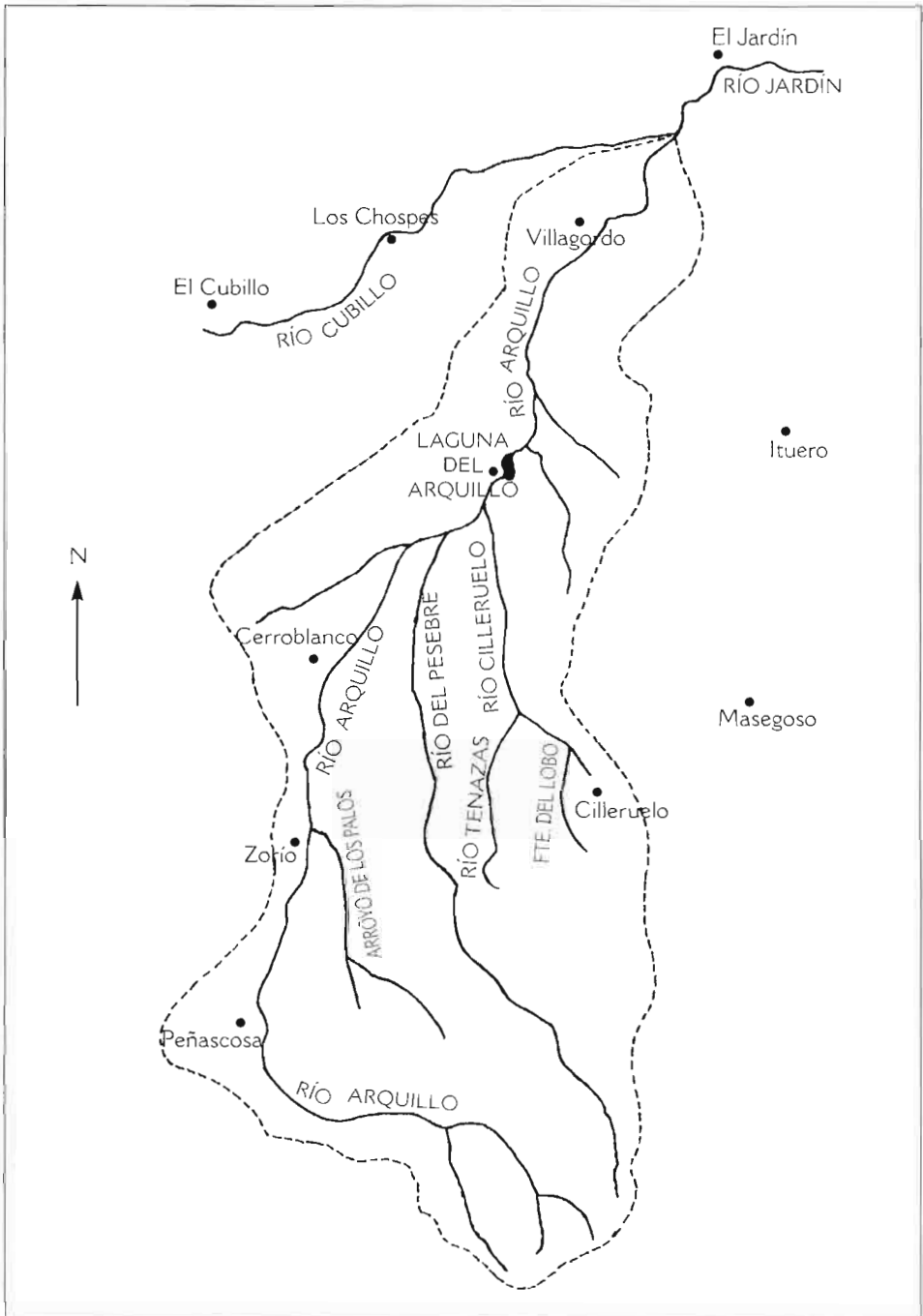


Figura 4. Estructura de la red hidrológica superficial del río Arquillo, con la localización de la Laguna del Arquillo.

llegado a secar en el tramo comprendido entre la salida de la laguna y su conexión con el río El Jardín.

Desde el nacimiento del río en la Sierra de Alcaraz, a 1.300 m.s.n.m., hasta su confluencia en el río Cubillo, a 900 m.s.n.m., recorre una distancia de 20 Km a través de los materiales calizos del área. En la unión de los ríos Arquillo y Cubillo, el río pasa a llamarse río de El Jardín y, hasta ese momento, el río Arquillo recibe aguas de distintos tributarios, la mayor parte de los cuales son arroyos temporales que se secan en época estival. Por su margen derecha es por la que el río recoge casi la totalidad de los afluentes, entre los que destaca por la cuantía y la permanencia a largo del año de su caudal el río del Pesebre; también hay que nombrar el río Cilleruelo y los arroyos de los Palos y Horcillares, de menor entidad. La red de drenaje superficial es típicamente dendrítica como ocurre en materiales blandos sin fracturas que determinen una dirección preferente del flujo (figura 4).

El caudal del río es continuo pero oscila notablemente de unas épocas a otras, como es propio de sistemas fluviales mediterráneos, con un fuerte estiaje que reduce el caudal, y unas lluvias otoñales y primaverales que hacen incrementar el volumen neto de agua. Sin embargo, el hecho de que nunca se seque el cauce en un lugar donde el clima veraniego es tan severo en lo que se refiere a temperaturas altas y a ausencia de precipitaciones, hace pensar que el río sea ganador al menos en época veraniega, es decir, reciba una cantidad neta de agua del acuífero subsidente. No hay que olvidar, además, la sabiduría popular, que ha convenido en llamar a este lugar "Ojos del Arquillo", debido a que se trata de un punto de surgencia del acuífero.

Analizando el comportamiento del complejo lagunar y del río a lo largo de un año hidrológico, cabe pensar que probablemente se revierta su naturaleza de río ganador en el invierno, pasando a ceder un volumen neto de agua en época de precipitaciones elevadas. Sin embargo, para caracterizar perfectamente tanto el comportamiento hidrológico del río como las relaciones acuífero-aguas superficiales, se hace imprescindible la instalación de una estación de aforo en el cauce fluvial que permita la construcción de hidrogramas específicos, así como la instalación de una red de piezómetros que posibilite un conocimiento más pormenorizado de las características del sistema acuífero.

### 3.3.2. Las aguas Subterráneas

El área de El Robledo en la que se enmarca el Sistema Lagunar del Arquillo bien podría llamarse "encrucijada hidrogeológica", puesto que en un radio de diez kilómetros alrededor de esta localidad hay territorios correspondientes a cuatro cuencas hidrográficas diferentes: la del Guadiana, la del Júcar, la del Guadalquivir y la del Segura (figura 5). Precisamente debido a esta complejidad del área y a la escasez de estudios hidrológicos e hidrogeológicos específicos, se tiene un grado de desconocimiento elevado con relación a la estructura y al funcionamiento del sistema. Recientes estudios de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (Diputación de Albacete, 1994) en el término municipal de El



Figura 5. Esquema de la estructura de los distintos sistemas acuíferos de la provincia de Albacete, con la localización del Complejo Lagunar del Arquillo (modificado de Diputación de Albacete, 1994).

Tabla 2. Principales características hidrogeológicas del sistema acuífero nº 24 "Calizas del Campo de Montiel" (IGME, 1985).

Superficie total (incluida íntegramente en Castilla-La Mancha)	2.655 Km <sup>2</sup>
Precipitación media	450 mm/año
Entradas medias al sistema (infiltración de lluvia)	135 Hm <sup>3</sup> /año
Salidas del sistema:	135 Hm <sup>3</sup> /año
- Consumo por bombeo	10 Hm <sup>3</sup> /año
- Aportaciones subterráneas al sistema acuífero nº 23	50 Hm <sup>3</sup> /año
- Drenaje por ríos y lagunas	75 Hm <sup>3</sup> /año
Reservas subterráneas estimadas	3.000 Hm <sup>3</sup>

Robledo han arrojado algo de luz al conocimiento del sistema hidrogeológico, contradiciendo en algunos puntos la interpretación clásica que se tenía del área.

En concreto, el Sistema Lagunar del Arquillo se engloba en la cuenca del Júcar y está sobre el sistema acuífero nº 24, denominado "Calizas del Campo de Montiel" (tabla 2). Este sistema acuífero pertenece a la cuenca superficial del Guadiana y a una pequeña porción de la del Guadalquivir. En total ocupa una superficie de 2.655 Km<sup>2</sup> repartidos por igual en territorios de las provincias de Ciudad Real y Albacete.

El sistema acuífero nº 24 tiene como base materiales impermeables de edad triásica (arcillas, margas y yesos) y el acuífero principal está constituido por calizas y dolomías cuya principal alimentación es por infiltración directa de pluviales. Las entradas por agua de lluvia se han cuantificado en unos 135 Hm<sup>3</sup>/año. Las salidas del sistema se centran en tres capítulos, por una parte existe un importante flujo de agua hacia el sistema acuífero nº 23, más septentrional; por otra parte, hay un drenaje natural de notable importancia constituido por las lagunas y ríos naturales (destacan las Lagunas de Ruidera); y, por último, hay un intenso bombeo. Las salidas se cuantifican en 50 Hm<sup>3</sup>/año para las aportaciones subterráneas al sistema acuífero nº 23, 75 Hm<sup>3</sup>/año para el drenaje natural por ríos y lagunas y 10 Hm<sup>3</sup>/año para el bombeo. Globalmente, se puede hablar de alrededor de 3.000 Hm<sup>3</sup>/año de reserva de agua subterránea (IGME, 1985).

El subsistema de El Jardín-Lezuza del acuífero nº 24 se conoce poco desde el punto de vista hidrogeológico, pero algunos sondeos efectuados arrojan luz sobre la composición geológica y el funcionamiento del sistema acuífero regional. En concreto, en El Robledo se ha efectuado un sondeo del que se ha obtenido una columna litológica que puede ayudar a comprender mejor el sistema en su conjunto (figura 6).

EDAD	FORMACION	DESCRIPCION LITOLOGICA	COLUMNA	PROF (m)	TUBERIA	OBSERVACIONES
LIAS SUPERIOR	COLLERAS	0-4 Calizas rojizas y grises con arcillas rojas		10	-	<u>OBJETIVOS</u> Captacion del acuífero COLLERAS para abastecimiento al ROBLEDO
		4-13 Calizas dolomíticas gris-verde-rojizas				<u>RESULTADOS</u> Se han captado tramos fracturados de COLLERAS cuyo nivel coincide con el previsto (1020 m.s.n.m)
LIAS	COLLERAS	13-41 Calizas rojo-acarameladas recristalizadas ocasionalmente fracturadas		30	N.P. 35-30	<u>PERFORACION</u>
		41-49 Dolomías calcáreas beige-grises con calizas rojizas		50		0-71 m 550 m m. $\phi$ 71-98 m. 485 m m. $\phi$
		49-62 Margas beige-verdosas con arcillas rojas y calizas grises				<u>ENTUBACION</u> 0-70 70 m 500 m m. $\phi$ Rajada desde 40.70 m
LIAS MEDIO	MADRÑO	62-76 Calizas dolomíticas gris-rojizas con arcillas ocasionalmente muy fracturadas		70	EJE DEL SONDEO	<u>VALVULEO</u> Q = 6 l/s t = 24' $\Delta$ = Nula
		76-89 Calizas y dolomías arcillosas verde-oscuras con arcillas		90		<u>NIVEL PIEZOMETRICO</u> Profundidad. 35-30
		89-98 Arcillas marrones, verdes y rojizas				Cota absoluta 1020 m s.n.m
				98		

Figura 6. Columna litológica y características principales del sondeo efectuado en El Robledo (modificado de Diputación de Albacete, 1994).

De los estudios hidrogeológicos efectuados en el área del Arquillo, se deduce que se trata de un acuífero kárstico colgado muy superficial, lo que condiciona una circulación del agua extremadamente rápida, tanto en el sentido vertical como en el horizontal (Diputación de Albacete, 1994), por lo que su comportamiento se ve influido a muy corto plazo por la pluviometría.

### 3.4. La Vegetación

Toda la unidad del Campo de Montiel se incluye dentro del sector Manchego de la provincia Castellano-Maestrazgo-Manchega, que forma parte de la región Mediterránea, dominante en la mayor parte del territorio español. La cuenca de drenaje del río Arquillo se sitúa a una altitud de 1.000-1.100 m.s.n.m. y que se localiza dentro del piso bioclimático Meso-mediterráneo (Ferrerías & Arozena, 1987).

La vegetación potencial que domina este piso es un encinar sobre sustrato básico que pertenece a la serie Mesomediterránea Castellano-Aragonesa basófila de la encina (*Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae* S.). A grandes rasgos, si exceptuamos las elevaciones montañosas y las zonas semiáridas, Castilla-La Mancha está dominada por el bosque esclerófilo de encinar (Peinado Lorea & Martínez Parras, 1985). La encina o carrasca (*Quercus ilex* subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) es un árbol que habita en todo tipo de suelos, y está adaptado a soportar fuertes sequías estivales y los climas duros continentales (López González, 1982).

Cuando el bosque está poco alterado la encina domina el sustrato arbóreo, pero en general, todo el área presenta cierta alteración del hábitat debido a la acción del hombre, lo que se refleja en el cortejo acompañante de la encina.

El estrato arbustivo está dominado por el romero (*Rosmarinus officinalis* L.) y la aliaga (*Genista scorpius* (L.) DC.) y en mucha menor densidad crece la coscoja (*Quercus coccifera* L.); todos ellos son táxones típicos de terrenos secos y pedregosos, preferentemente calcícolas, que forman parte de las etapas típicas de degradación del encinar basófilo. Les acompañan otras leñosas típicas también de zonas soleadas y secas, así como claros del encinar, pero que no constituyen etapas de degradación características de esta serie, como son el enebro (*Juniperus oxycedrus* L.) y el espino de tintes (*Rhamnus saxatilis* Jacq.) que prefiere zonas pedregosas y repisas rocosas calcáreas; les acompaña el guillomo (*Amelanchier ovalis* Medicus), especie calcícola que habita en bosques

aclearados y laderas rocosas. En los lugares de máxima alteración la densidad de la encina disminuye fuertemente para ser sustituida por un romeral-aliagar carente de estrato arbóreo.

El sustrato calizo condiciona también las especies que forman parte del estrato herbáceo, compuesto por *Brachypodium retusum* (Pers.) Beauv. y *Fumana ericoides* (Cav.) Gand. Además el clima seco y el terreno pedregoso permiten la existencia de especies como *Phlomis lychnitis* L., *Marrubium vulgare* L., *Thymus vulgaris* L., *Eryngium campestre* L. y *Helicrhysum stoechas* (L.) Moench.

En las zonas de mayor altitud las heladas se hacen más frecuentes e intensas, con lo que comienza a aparecer sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) acompañando al encinar sin que se llegue a definir la serie Supramediterránea Castellano-Maestrazgo-Manchega basófila de la encina (*Junipereto thuriferae-Quercetum rotundifoliae* S.), cuyas etapas de sustitución están dominadas por encinas y sabinas de pequeño porte. La sabina albar es un árbol indiferente edáfico, aunque prefiere suelos calizos, adaptado a las parameras y valles con clima continental extremo, por lo que resiste mejor las condiciones duras que la encina y la sustituye en altura.

Los encinares con sabina albar suelen interpretarse como un avance del encinar sobre los dominios del sabinar, que se resiste a ser desplazado. Más que una asociación “pacífica” entre dos especies que conviven y se complementan, se trata de una lucha por el control del territorio en el que ninguna de los contendientes logra imponerse (Ferrerías & Arozena, 1987).

La cercana Sierra de Alcaraz se deja sentir por la existencia de algunos táxones característicos de clima continental de montaña caliza, como son el agracejo (*Berberis hispanica* Boiss. & Reuter) y el piorno azul (*Erinacea anthyllis* Link). En esta sierra, que alcanza altitudes de más de 1.798 m.s.n.m., se presenta la serie Supramediterránea Bética basófila de la encina (*Berberidi hispanicae-Querceto rotundifoliae* S.), dominada por un encinar con agracejo en el piso supramediterráneo seco. Sin embargo, gran parte del área potencial de la encina ha sido repoblada con pinares o bien utilizada para terrenos de cultivo, con lo que la superficie actual de encinar se ha visto seriamente reducida.

Hasta el momento se ha contemplado la vegetación climatófila del área, presente en la misma debido a las características climáticas, pero existe otro tipo de vegetación natural, no tan influida por factores climáticos, sino más por las características puntuales del suelo de un determinado enclave, que se conoce como vegetación edafófila. Tal es el caso de los

bosques de ribera que aparecen como consecuencia de la humedad edáfica creada por los cursos de agua o humedales. Al tratarse de un tipo especial de flora, cuya existencia se debe exclusivamente a la presencia de cuerpos de agua, se tratará más adelante, al hablar en concreto del Sistema Lagunar del Arquillo.

### 3.5. Los Usos del Territorio

La cuenca de drenaje del río Arquillo se encuentra altamente modificada por las actividades humanas, que durante muchos años han estado alterando el paisaje del área hasta conformar el actual.

La principal actividad que se desarrolla es la agricultura. La Comunidad de Castilla-La Mancha destaca por ser un territorio eminentemente agrícola, lo cual también se detecta en el Campo de Montiel donde se sitúa el complejo lagunar. Dependiendo de las características que ofrezca el medio (pendiente, insolación, humedad, etc.), se cultivan distintas especies. Los cereales de secano dominan las laderas de suave pendiente alejadas de cursos de agua. Los fondos de valle están cultivados con especies de regadío, principalmente maíz, remolacha y alfalfa, ya que la proximidad de los ríos, permite disponer del recurso necesario para regar estos campos, a pesar de la relativa aridez del clima. Actualmente con la construcción de un sistema de canales, compuertas y pequeños diques que regulan y almacenan el agua, ha sido posible un mayor desarrollo de los cultivos de regadío en toda la comarca. En la mayor parte del curso del río Arquillo se han construido canales de riego, superficiales y subterráneos, que trasladan las aguas del río hasta los campos cercanos.

También se han cultivado en los fondos de valle extensas plantaciones de especies arbóreas madereras, que aportan a la zona una importante ganancia económica. Los árboles más cultivados son los chopos (*Populus* spp.), especies de crecimiento rápido lo que les hace muy favorables para las industrias papeleras. Estas plantaciones monoespecíficas producen una reducción de la diversidad, pero sin embargo favorecen la retención del suelo en el valle en los procesos de riadas e inundaciones fuertes y actúan a modo de vegetación riparia funcionando como refugio para las especies que habitan en este tipo de formación vegetal.

En la parte alta de la cuenca del río Arquillo se pueden observar aún algunas repoblaciones con pinos (*Pinus* sp.), que actualmente se encuentran abandonadas y recolonizadas por el encinar natural.



Además del uso agrícola de la zona tiene relevancia el ganadero. Los rebaños más importantes que se mueven por el área son de cabras y ovejas, aunque existen algunas grandes fincas de ganado bravo, como la que se sitúa al norte del Complejo Lagunar del Arquillo.

Favorecidas por la presencia de grandes superficies de encinar sin alterar, aparecen grandes cotos de caza por toda la cuenca, dedicados principalmente a caza mayor (cérvidos y jabalíes).

Asociada directamente al complejo lagunar y al sistema fluvial de la zona, la actividad pesquera está muy desarrollada en toda la comarca. La trucha de río destaca como una de las especies más apreciadas, existiendo algunos cotos trucheros a lo largo del río Arquillo. La trucha arco-iris, reciente introducida, se ha convertido en una pieza también muy apreciada por los pescadores.

## **4. EL COMPLEJO LAGUNAR DEL ARQUILLO**

El Complejo Lagunar del Arquillo se encuentra en territorios pertenecientes a los términos municipales de El Robledo y Masegoso, en la provincia de Albacete. En él se diferencian cuatro unidades macroambientales, con características y estructuras contrastadas (figura 7): la laguna propiamente dicha, la charca, la zona inundable formada por el río del Arquillo en la entrada de la laguna y, el propio río Arquillo, que se comporta como afluente y efluente de la laguna, pues su curso se represa para formar el Complejo Lagunar. La existencia de una gran heterogeneidad ambiental como fruto de los distintos tipos de ecosistemas acuáticos, permite el desarrollo de una elevada biodiversidad.

Dentro de la cuenca de drenaje del río del Arquillo, el Complejo Lagunar del mismo nombre se localiza en un valle cerrado, en dirección sureste-noroeste (SE-NW). Es un fondo de valle con forma circular que se abre entre dos pequeños cañones aguas arriba y abajo. La zona sureste está cerrada por una escarpada ladera que culmina en un pequeño cortado calizo, mientras que la noroeste está limitada por una loma de pendiente más suave.

Para poder conocer el funcionamiento del complejo lagunar es preciso estudiar primero sus características físico-químicas, así como sus características morfológicas y el modo en que se ha originado. Debido a la gran importancia de la laguna, ha sido el ecosistema acuático que con más detalle se ha analizado en este trabajo.

#### 4.1. Los Orígenes de la Laguna del Arquillo

El cuerpo de agua más importante del complejo lagunar, tanto por su extensión como por sus características ecológicas, es la Laguna del Arquillo. Se trata de un humedal interior, con una superficie de 3.8 Ha, de aguas permanentes y que sufre pocas oscilaciones estacionales.

La existencia en el territorio de una lámina de agua se debe a la combinación e interacción de múltiples factores geológicos, topográficos, estructurales, climáticos, hidrográficos e hidrogeoquímicos, que confieren las peculiares características hidrodinámicas, físico-químicas y ecológicas al humedal.

La Laguna del Arquillo presenta un origen mixto kárstico-fluvial y se alimenta principalmente con aguas del río Arquillo, aunque también recibe descargas del acuífero n.º 24. Dentro de la Península Ibérica sólo presentan un origen similar las lagunas de Ruidera (Albacete-Ciudad Real), Uña y El Marquesado (Cuenca). Este tipo de lagunas se originan en zonas donde las aguas fluyentes son ricas en carbonatos (carbonato cálcico de las calizas y carbonato magnésico de las dolomías).

El proceso de formación de la barrera travertínica, que se extiende desde la zona de las Casas de Enmedio, se establece durante la Era Cuaternaria. El proceso se desencadena con el recubrimiento de los cantos del lecho del río con carbonato cálcico ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ), con lo que se crean pequeños escalones. Este proceso se ve favorecido en zonas de pequeños rápidos o con flujo turbulento, ya que se libera el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) contenido en el agua y se produce la precipitación de carbonato cálcico al restaurarse el equilibrio de las reacciones químicas implicadas en el sistema carbónico-carbonato.

La vegetación ayuda también a este proceso mediante la captación biológica del  $\text{CO}_2$  disuelto en el agua.

En el proceso de formación travertínica se pueden diferenciar facies de cascada, de dique y de trasdique, que hacen las veces de presa natural. A medida que crece la formación travertínica aumenta el nivel de la laguna, garantizada por la alimentación del río. En las primeras etapas o facies de cascada proliferan de forma dominante las algas, que en las facies de trasdique forman densas mallas que sirven de base al entramado mineral (foto 3). Cuando la laguna ya se ha formado, en las facies de dique tienen más importancia las plantas superiores (López-Buendía *et al.*, 1994). El proceso de construcción del dique natural se interrumpe con las avenidas que producen la rotura del mismo, descendiendo el nivel de la laguna y comenzando el proceso por el punto en el que se paró.

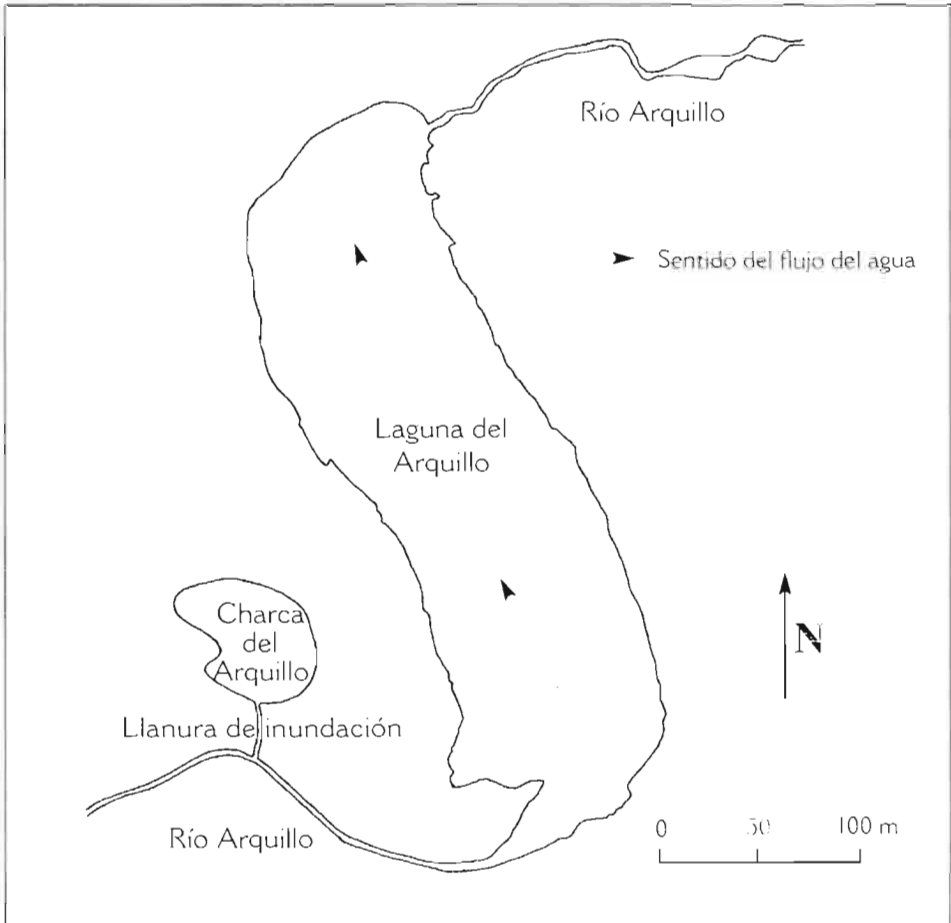


Figura 7. Unidades macroambientales del Complejo Lagunar del Arquillo.

La barrera travertínica de la Laguna del Arquillo (foto 4) se sitúa en la orilla noroeste de la misma y presenta un espesor o potencia vertical de al menos siete metros. Se extiende del orden de cien metros actuando como cierre natural que interrumpe el curso del río Arquillo. Aproximadamente en la mitad de la misma se abre un orificio de unos escasos tres metros, por donde desagua la laguna. En la actualidad la barra está totalmente modificada, fortificada por un muro de piedra y con la salida enrejada.

Otros represamientos travertínicos de menor entidad tienen lugar a lo largo del cauce del Arquillo, generando de forma natural un rosario de pequeñas pozas, cuyos márgenes y profundidad han sido modelados por el



Foto 2. Vista de la charca del Arquillo, la llanura de inundación y el río Arquillo a su entrada en la laguna.



Foto 3. Detalle del travertino formado en el Sistema Lagunar del Arquillo por deposición de carbonato cálcico sobre estructuras vegetales.

hombre. Conectando pozas contiguas, aparecen unas cascadas reducidas en tamaño pero de gran belleza, que en época de lluvias aparecen en plenitud de espectacularidad (foto 5).



Foto 4. Detalle de la barrera travertínica.

## 4.2. La Charca del Arquillo y la Llanura de Inundación

En el sector sureste de la laguna se localiza una llanura de inundación del río, que actualmente sólo se encharca en periodos de fuertes lluvias. Esta llanura está cubierta de una formación vegetal herbácea, constituida por un carrizal (*Phragmites australis*) en la zona inundable, que en las zonas más elevadas y secas da paso a pastos de poca altura.

En medio de la llanura de inundación se sitúa la charca del Arquillo (foto 6). Se trata de un humedal de forma circular y dos metros de profundidad máxima, con régimen hidrológico fluctuante, claramente diferenciado del de la laguna, ya que con motivo de las fuertes sequías estivales se reduce notoriamente su volumen de agua. Ocupa una superficie que no alcanza la media hectárea (0.3 Ha), su longitud máxima es 54 m y su anchura máxima es 45 m.

Los márgenes de la charca están modificados a modo de dique, algo elevados sobre el nivel base de la superficie natural de la planicie en la que se encuentra, con el fin de mantener una cubeta más estable y que acumule el agua de forma más eficiente. Además presenta una conexión con el río Arquillo favorecida por la construcción de un canal



Foto 5. Cascadas del río Arquillo a su salida de la laguna del mismo nombre.





Foto 6. Vista de la Charca del Arquillo con sus comunidades vegetales emergentes.

artificial. A pesar de tener alimentación por agua del río, el caudal que entra es muy escaso y su principal fuente de alimentación se centra en el agua de lluvia.

Posiblemente antaño su funcionamiento fuera muy diferente, ya que debía tratarse de una laguna perifluvial, alimentada por el desbordamiento del río.

#### 4.3. La Morfología de la Cubeta del Arquillo

La morfometría de las cubetas lacustres ejerce efectos importantes sobre prácticamente la totalidad de parámetros principales físicos-químicos y biológicos de los lagos y su forma refleja la manera en la que se han originado y los subsiguientes procesos modificadores de éstas (Wetzel, 1981). Igualmente, determina la naturaleza de su drenaje, la entrada de nutrientes en el lago y el volumen de agua que penetra en él, en relación con la tasa de renovación (Hakanson, 1981). Por lo tanto, los primeros factores que deben estudiarse en un lago para conocer su estructura y funcionamiento son la forma de su cubeta y los parámetros morfométricos que se derivan de la misma.

La Laguna del Arquillo es un humedal cuyo estado actual coincide con el natural, es decir, desde que se tiene conocimiento de su existencia no ha sufrido transformaciones de importancia que alteren sustancialmente la naturaleza del medio. Presenta una única cubeta en forma de "estómago" con el eje principal orientado de sureste a noroeste. El contorno es poco recortado y carece de entrantes o irregularidades importantes.

Presenta una cubeta con forma de "bañera": orillas muy pendientes, casi verticales en algunos puntos, sobre todo en la barrera travertínica, con el fondo prácticamente plano (figuras 8, 9 y 10). En su parte sur, por donde entra el río, la pendiente de las orillas es más suave debido a la deposición de los materiales que arrastra el río, el cual al penetrar en la laguna y perder fuerza deposita los sólidos que lleva en suspensión.

El punto de máxima profundidad alcanza los 8 m y se ubica cerca de la entrada del río (figura 8). Probablemente, esta hondonada se origina por el efecto de los flujos de entrada del agua. El resto de la cubeta es casi totalmente plano, con una profundidad constante de unos 7-7,5 m, sin relieves destacables, salvo un pequeño montículo en la zona sur.

Para detallar más la morfometría de la cubeta se utilizan los principales parámetros morfométricos descritos por Hutchinson (1957) y Hakanson (1981), los cuales se resumen en la tabla 3.

Tabla 3. Principales parámetros morfométricos de la Laguna del Arquillo.

Superficie de la cuenca de recepción	x	3700 Ha
Superficie del lago	a	3,84 Ha
Índice (a/x)*100		0,1 %
Longitud de la línea de costa (perímetro)	$l_0$	1072 m
Desarrollo de costa o del perímetro	F	1,54
Longitud máxima	$L_{max}$	378 m
Anchura máxima	$B_{max}$	112 m
Anchura media	B	101,6 m
Profundidad máxima	$Z_{max}$	8 m
Profundidad media	Z	6 m
Primer cuartil de profundidad	$Z_{25}$	5,44 m
Profundidad mediana	$Z_{50}$	3,3 m
Tercer cuartil de profundidad	$Z_{75}$	1,4 m
Profundidad relativa	$Z_r$	3,61 %
Volumen	V	0,23 Hm <sup>3</sup>
Desarrollo del volumen	$V_d$	0,1
Dirección del eje mayor		SE-NW

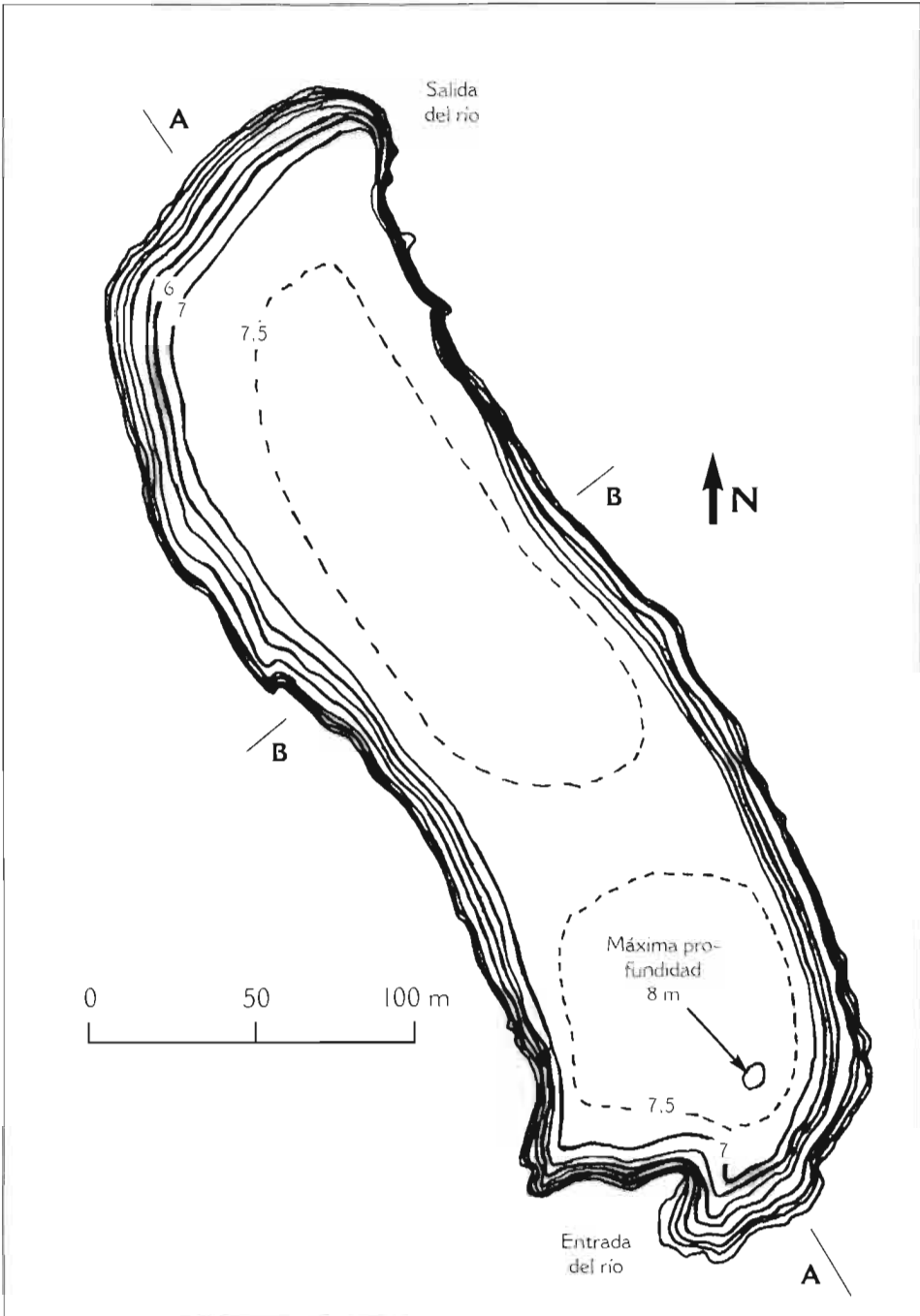


Figura 8. Mapa batimétrico de la Laguna del Arquillo (29 de noviembre de 1996). Separación de isolíneas: 1 m.

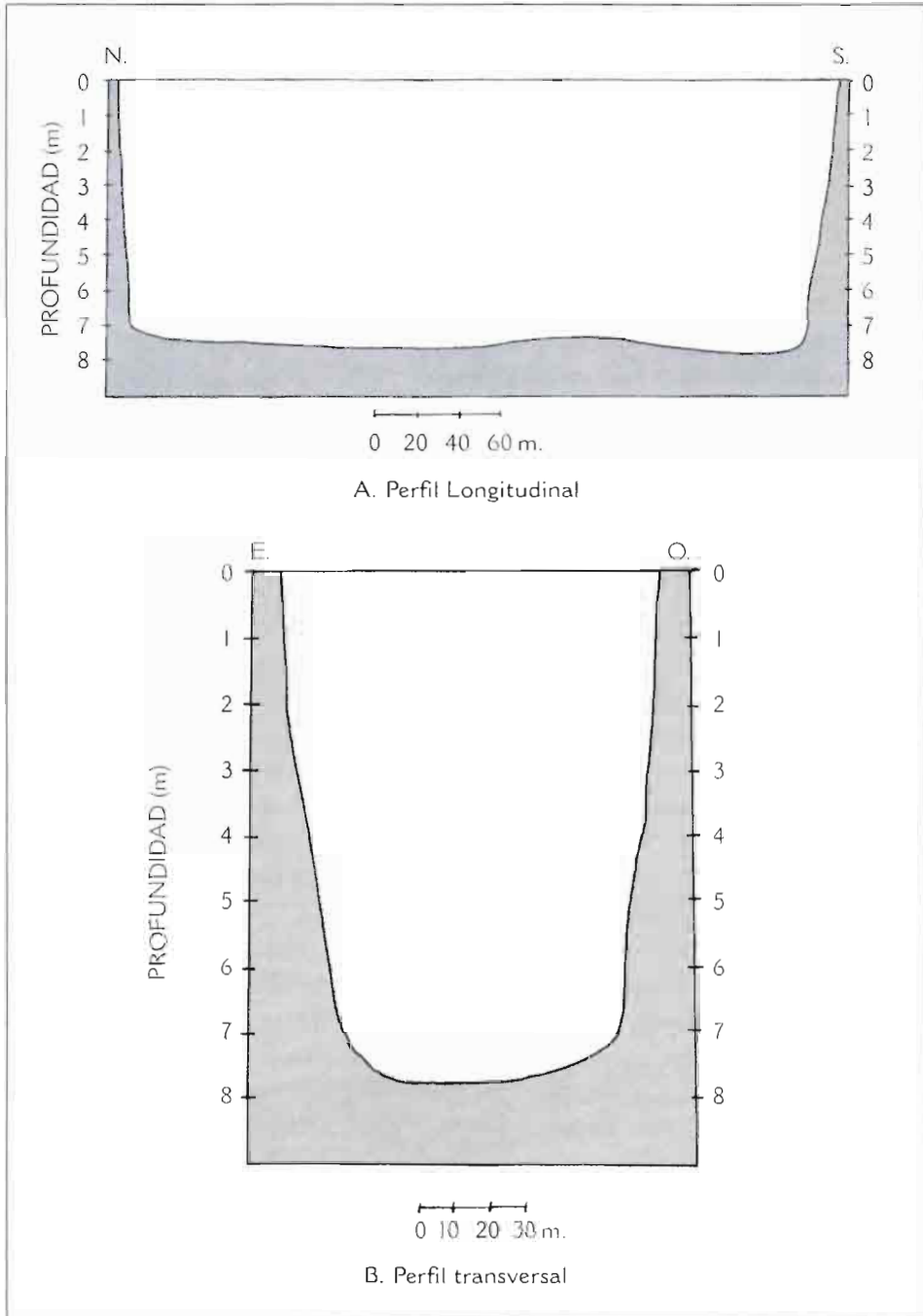


Figura 9. Perfiles de la Laguna del Arquillo: a) longitudinal; b) transversal. (Su ubicación se presenta en la figura 8, indicados como "A" y "B" respectivamente).

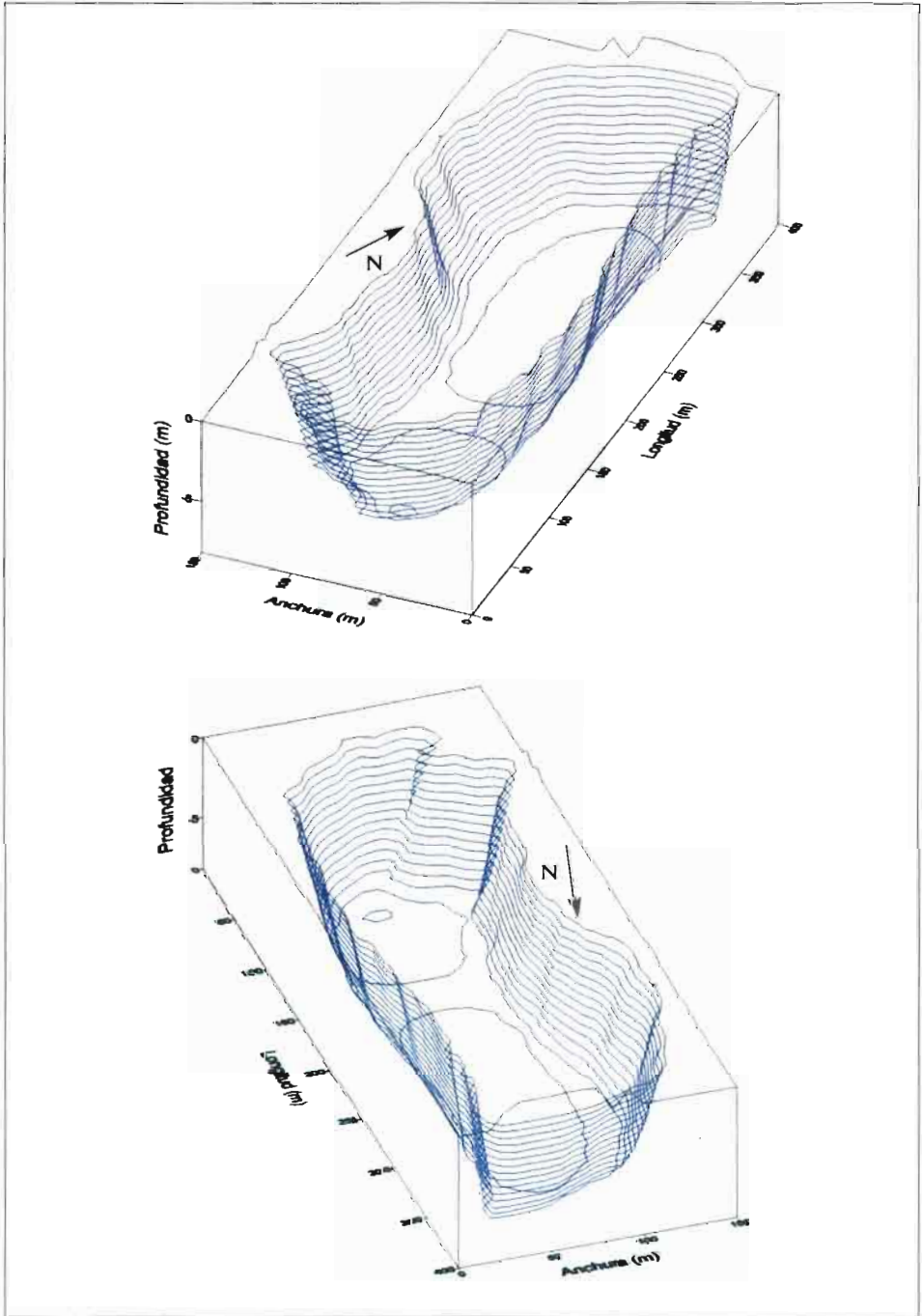


Figura 10. Representaciones tridimensionales de la Laguna del Arquillo.

La longitud máxima ( $L_{\max}$ ) de la Laguna del Arquillo, medida como la distancia en línea recta entre los dos puntos más distantes del lago, es de 378 m. Perpendicularmente a ésta se determina una anchura máxima ( $B_{\max}$ ) de 112 m. El perímetro ( $l_0$ ) mide 1.072 m y la anchura media ( $B$ ) es de 101,6 m. cálculo que se realiza dividiendo la superficie por la longitud máxima. La superficie ( $a$ ) de este humedal es de 3,8 Ha y su comparación con la superficie de la cuenca de drenaje ( $x$ ) que aporta materia a la laguna (toda la cuenca de drenaje que queda aguas arriba del complejo lagunar) es de especial importancia, porque de ella se extrae el índice  $a/x$  (con un valor de 0,1‰); este índice  $a/x$  nos da idea del hipotético aporte natural de nutrientes a la cubeta, siendo este último muy superior al de algún otro sistema lacustre ibérico estudiado, como el caso del Lago de Arreo en Álava (Rico *et al.*, 1995).

La laguna alberga un volumen ( $V$ ) de agua total de 0,23 Hm<sup>3</sup>. A causa de la verticalidad de las orillas y con la pequeña fluctuación que sufre la altura de la lámina de agua, apenas sí se ven afectados a lo largo del ciclo hidrológico los parámetros de superficie inundada y perímetro de costa. Sin embargo, una reducción de tan sólo un metro en el nivel máximo de llenado produce una disminución de 0,036 Hm<sup>3</sup> en el volumen de la laguna. El cociente entre la profundidad media y la máxima da un valor comparativo de la forma de la cubeta en términos de desarrollo volumétrico: en esta laguna presenta un valor de 0,75. Los datos de volúmenes y superficies acumuladas en distintas profundidades puede observarse en la tabla 4 y en la figura 11.

Tabla 4. Datos de superficies y volúmenes acumulados obtenidos a partir de la batimetría.

Profundidad acumulada (m)	Superficie acumulada (Ha)	Volumen (Hm <sup>3</sup> )
0	3,8	0,23
1	3,5	0,19
2	3,3	0,16
3	3,2	0,12
4	3,0	0,09
5	2,8	0,06
6	2,6	0,04
7	2,3	0,01
8	0,01	0,00

El desarrollo del perímetro ( $F$ ), con un valor de 1,54, nos indica que la forma de la laguna se aleja de una forma circular (en donde el valor del cociente es igual a la unidad) y se acerca más a una forma de huso. Este índice tiene una interpretación siempre interesante desde el punto de vista limnológico, puesto que refleja la potencialidad de un mayor desarrollo de las comunidades litorales respecto al volumen del lago (Wetzel, 1981). En este caso,  $F$  refleja una condición favorable para un mayor desarrollo de comunidades litorales, pero su interpretación se tiene que conjugar con la de la pendiente media y el desarrollo del volumen, que en este caso indican un medio desfavorable para dichas comunidades.

Teniendo en cuenta la razón entre el volumen del lago y la superficie, se obtiene una profundidad media ( $Z$ ) de 6 m. y la profundidad máxima expresada como el porcentaje del diámetro medio, nos da una profundidad relativa de 3,61%.

La profundidad media es mayor que la mediana ( $Z_{50}=3,3$  m) y se acerca a una relación 2:1 como es propio de una cubeta que presenta una forma marcadamente cóncava, deducción que se sustenta también en un valor del desarrollo del volumen muy reducido ( $V_d=0,1$ ) (Hakanson, 1981). Por su parte, la profundidad relativa, índice morfométrico que expresa la profundidad máxima como porcentaje del diámetro medio, toma un valor alto ( $Z_r=3,61\%$ ) muy cercano a un 4%, valor crítico que indicaría una alta estabilidad de la estratificación (Wetzel, 1981); en este sistema no sería así porque es un complejo de pequeñas dimensiones asociado a un río con un flujo constante de agua. La relación entre la profundidad media ( $Z=6$  m) y la profundidad máxima ( $Z_{\max}=8$  m) suele ser en la mayoría de los lagos de 1:2 aproximadamente, pero en el caso de la Laguna del Arquillo, esta relación está muy distorsionada, precisamente debido a las características ya comentadas.

En la figura 11a se presenta la curva hipsográfica acumulativa que muestra la relación existente entre el área de la laguna y su profundidad. Esta curva nos indica la proporción relativa del área del fondo de la cubeta incluida entre los estratos considerados. De su análisis se desprende que la cubeta es uniformemente cóncava a lo largo de todo su calado (perfil tipo C que se especifica en la figura 11a). Esta forma cóncava a lo largo de todo el perfil de profundidad resulta bastante común en la clasificación morfométrica lacustre pero es relativamente poco frecuente una concavidad tan marcada en todos los tramos de profundidad. Se observa, así, un predominio absoluto de las zonas profundas frente a las someras, situándose las superficies grandes en las mayores profundidades, hablando en términos relativos.

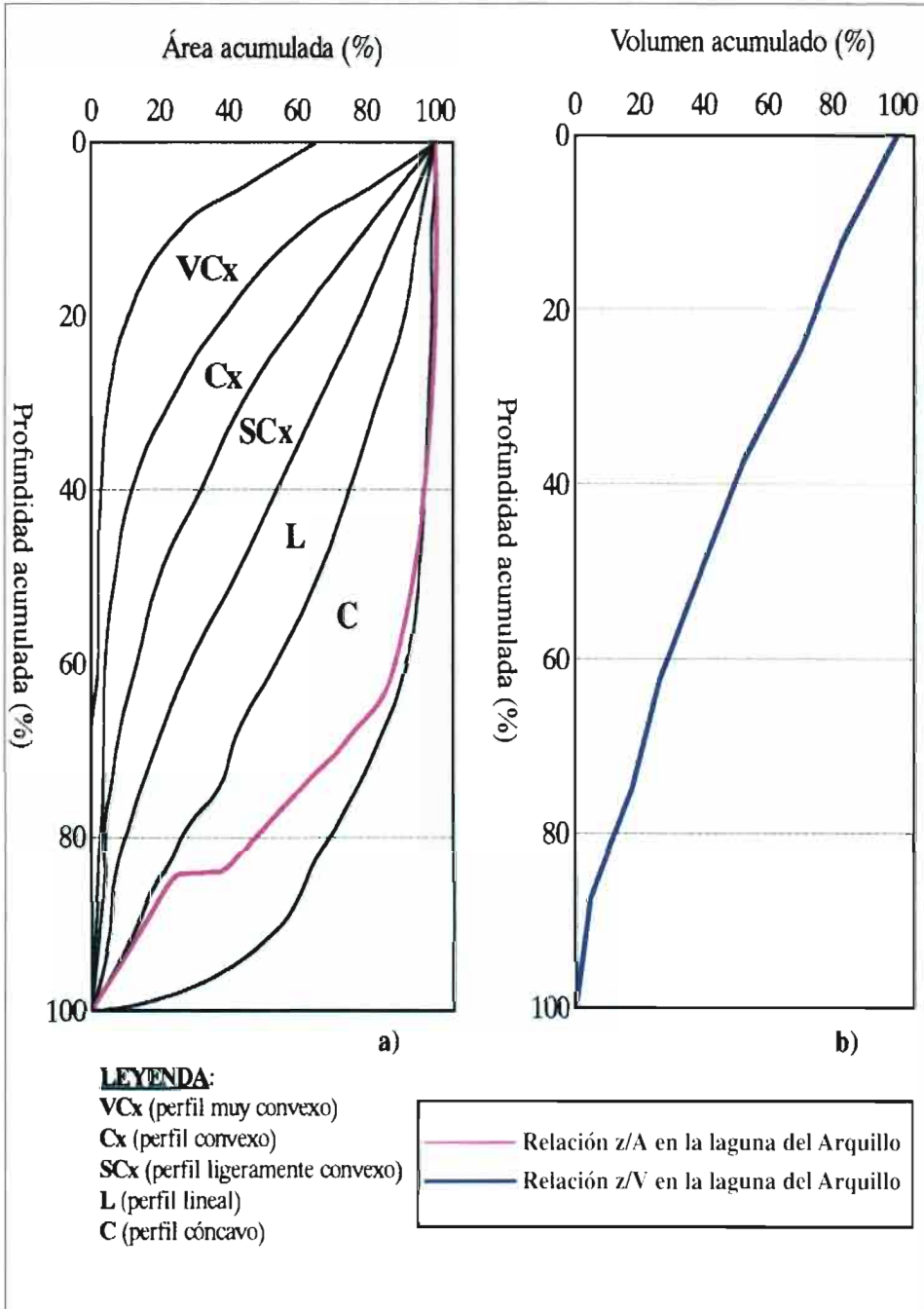


Figura 11. Curva hipsográfica acumulativa (a) y curva acumulativa de volumen-profundidad (b) de la Laguna del Arquillo.



Igualmente se representa la curva de volumen-profundidad (figura 11b) que nos da una información semejante sobre del volumen de la laguna. La importancia de estas curvas en los estudios limnológicos deriva de la relación existente entre la morfología del lago y la productividad biológica. El subsistema litoral tiene, por lo tanto, poca relevancia en la estructura y funcionamiento del medio y controlaría una porción pequeña pero nada desdeñable del metabolismo global del medio acuático.

#### 4.4. Características Físico-Químicas de las Aguas del Arquillo

Los primeros datos físico-químicos de las aguas del Complejo Lagunar del Arquillo fueron aportados por Cirujano (1990), si bien se limitan a muestreos físico-químicos muy elementales y de escasa duración. Otras fuentes (Diputación de Albacete, 1994; Confederación Hidrográfica del Júcar, 1995; Millán *et al.*, 1996) disponen de datos puntuales recogidos para el seguimiento de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

Con el fin de evaluar la evolución de las características físico-químicas del complejo lagunar, este estudio se realizó en diferentes épocas del año distribuidas estacionalmente: otoño (3/10/96), invierno (10/3/97), primavera-verano (1/7/97) y, para algunos aspectos, también en verano (24/8/97).

Las técnicas que se emplearon para la determinación de los principales parámetros físico-químicos de las aguas se resumen en la tabla 5. Estas técnicas se hallan recogidas en manuales internacionales de técnicas analíticas estándares para la caracterización de aguas naturales y residuales (Apha-Awwa-Wpcf, 1992) y son de amplia utilización en la investigación limnológica.

Tabla 5. Métodos analíticos y de medición de los distintos parámetros físico-químicos de las aguas del Arquillo.

Parámetro	Método de determinación	
pH	<i>pH- metro. In situ</i>	
Conductividad	<i>Conductivímetro. In situ</i>	
Oxígeno disuelto	<i>Oxímetro. In situ</i>	
Temperatura	<i>Termómetro. In situ</i>	
Transparencia	<i>Disco de Secchi. In situ</i>	
Iones mayoritarios	Calcio	Método volumétrico EDTA. En laboratorio.
	Magnesio	Método volumétrico EDTA. En laboratorio.
	Sodio	Electrodo selectivo de Sodio. En laboratorio.
	Potasio	Electrodo selectivo de Potasio. En laboratorio.
	Carbonatos y bicarbonatos	Método volumétrico de fenoftaleína y reactivo mixto. <i>In situ</i>
	Cloruros	Método volumétrico argentométrico. En laboratorio.
	Sulfatos	Método colorimétrico con óxido de cromo. En laboratorio.
Nutrientes	Nitrato	Método colorimétrico del NNED. En laboratorio.
	Nitrito	Método colorimétrico del NNED. En laboratorio.
	Amonio	Método colorimétrico. En laboratorio.
	Ortofosfato	Método colorimétrico con ácido ascórbico. En laboratorio

#### 4.4.1. *El Funcionamiento Térmico de la Laguna*

La Laguna del Arquillo no presenta una estratificación térmica clara en ninguna época del año (figura 12), como sucede típicamente en los lagos de nuestras latitudes. En el Arquillo encontramos una total homogeneización térmica en el perfil vertical de la columna de agua y en todos los puntos de su superficie. Los cambios de estación se denotan por un cambio global de temperatura en todo el cuerpo de agua.

Durante la época estival se observa un ligero gradiente de temperatura, de forma que hasta un metro y medio mantiene una temperatura elevada de 18 °C y a partir de esa profundidad la temperatura desciende lentamente denotando un inicio de estratificación (figura 12), que no llega a desarrollarse en los meses centrales del verano. En algunos puntos de la laguna se observan diferencias de hasta un grado centígrado por metro de profundidad, lo que técnicamente podría ser considerado como termocli-

na. Sin embargo, no se produce ni en todos los puntos de la laguna ni su intensidad es lo suficientemente marcada, con lo que sólo se produce un gradiente térmico provocado por el calentamiento de la capa superficial de agua por efecto de la insolación. La conjunción de factores como la escasa profundidad de la cubeta, los vientos intensos encauzados por el valle, la corriente de agua en la entrada y en la salida, hace que se remueva suficientemente la columna de agua y, por lo tanto, no se produzca una verdadera estratificación estival. Este extremo se ha confirmado mediante una prospección posterior de la laguna, realizada en agosto, la cual puso de manifiesto la inexistencia de estratificación térmica estival.

En la Laguna del Arquillo no se llega a formar capa de hielo en superficie durante la época invernal, fundamentalmente debido a la altitud y a la corriente continua de entrada de agua desde el río que remueve las

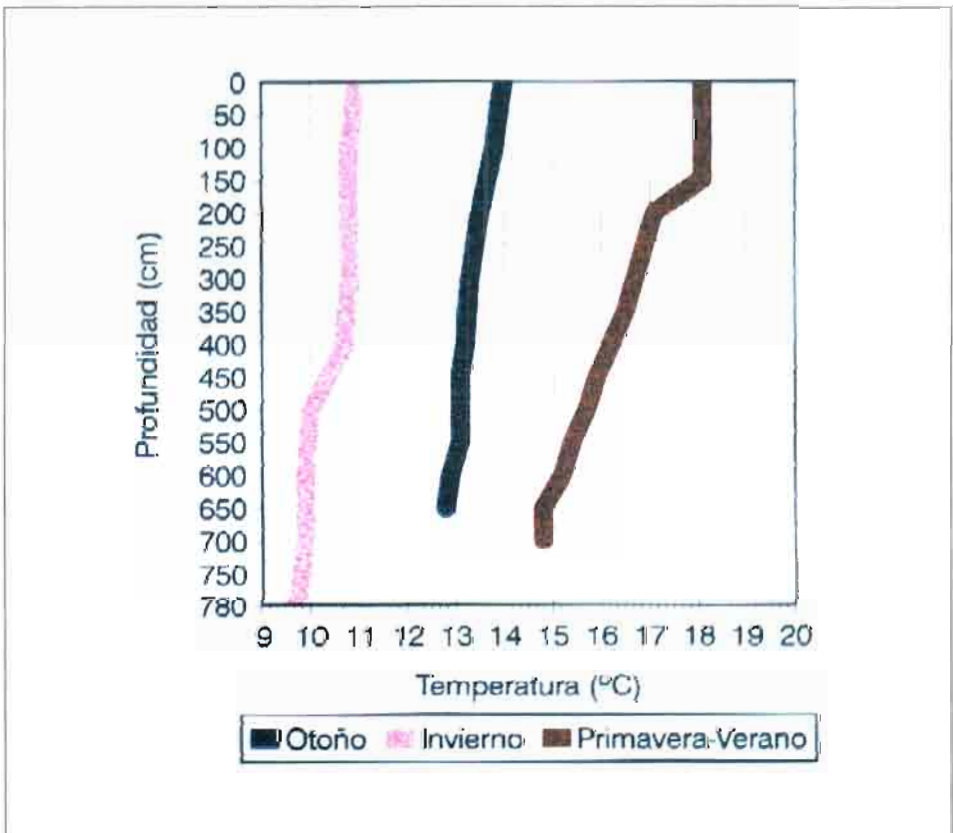


Figura 12. Ejemplos de perfiles de temperatura obtenidos en las distintas campañas de muestreo.

aguas. No existe, por lo tanto, proceso de estratificación invernal y la laguna permanece con sus aguas mezcladas en esta época del año, lo que se denota por presentar la misma temperatura a lo largo de toda la columna de agua. Durante el periodo de estudio se ha constatado que la temperatura del agua no desciende de los 8 °C en ningún punto de la laguna.

#### 4.4.2. *Transparencia*

La extinción vertical de la luz en un lago se infiere mediante la transparencia del agua a la luz obtenida por el disco de Secchi. Se obtiene una medida que es una función de la reflexión de la luz por la superficie y, por lo tanto, está influida por las características del agua, la materia inorgánica en suspensión y en disolución y la materia orgánica disuelta y particulada que hay en ella.

La transparencia de las aguas de la Laguna del Arquillo se mantiene casi constante todo el año (tabla 6). La profundidad de visión del disco de Secchi se sitúa a menos de 2.5 m, con lo que usando la constante de transformación propuesta por Margalef (1983) para aguas dulces, esto es 1.7, la profundidad de extinción de la luz se situaría en unos de 4.2 m, lo que indica que la luz no llega al fondo de la cubeta de la Laguna del Arquillo.

Tabla 6. Valores medios de transparencia obtenidos en la Laguna del Arquillo.

Muestreo	Día de muestreo	Hora solar	Profundidad del disco de Secchi (m)	Profundidad de extinción de la luz (m)
Otoño	30/10/96	11:15	2,45	4,16
Otoño	31/10/96	11:00	2,30	3,91
Invierno	9/3/97	10:30	2,45	4,16
Invierno	10/3/97	10:35	2,35	3,99
Primavera-verano	2/7/97	10:10	2,30	3,91

El valor de la lectura del disco de Secchi en la Laguna del Arquillo es relativamente bajo en comparación con otros sistemas de similares características, lo cual se debe a que el río entra con aguas muy cargadas en sólidos en suspensión que reducen drásticamente la transparencia de las aguas. Esto va a tener importancia para las comunidades de productores primarios, ya que los organismos fotosintéticos bentónicos no pueden desarrollarse en el fondo de la cubeta por falta de luz.

### 4.4.3. *Hidroquímica del Arquillo*

#### 4.4.3.1. *Aguas superficiales*

Tal y como se explica en el apartado 3.3.2. de aguas subterráneas, la relación entre el sistema acuífero subyacente y el sistema fluvio-lacustre del Arquillo es íntima y compleja, ya que a lo largo del ciclo anual va a variar notablemente en función del balance hídrico. Por todo esto, cabe esperar una gran similitud en las composiciones físico-químicas de aguas superficiales y subterráneas. Caben, sin embargo, algunas diferencias propias de cada subsistema, que pueden reflejar aspectos particulares de cada ecosistema.

Los datos bibliográficos y propios que se han obtenido del Complejo Lagunar del Arquillo se recogen en el anexo 2.

#### a) Iones mayoritarios

La Laguna del Arquillo y la Charca del Arquillo tienen aguas bicarbonatadas cálcico-magnésicas (tabla 7), en donde la charca destaca por presentar un contenido mayor en sales disueltas, lo que se refleja en una mayor conductividad.

Los diagramas hidroquímicos que muestran la composición de las aguas de la laguna y de la charca se presentan en las figuras 13 y 14 respectivamente.

Tabla 7. Composición iónica (mg/l) de la Laguna y de la Charca del Arquillo para el periodo de estudio (1996-97).

Iones mayoritarios		Laguna	Charca
Aniones	Cloruros	17.7	22.0
	Sulfatos	53.9	10.5
	Bicarbonatos	382.0	527.2
	Carbonatos	0.0	0.0
	Nitratos	6.5	0.9
Cationes	Sodio	4.2	8.0
	Magnesio	29.2	51.8
	Calcio	103.0	87.8
	Potasio	0.8	2.3

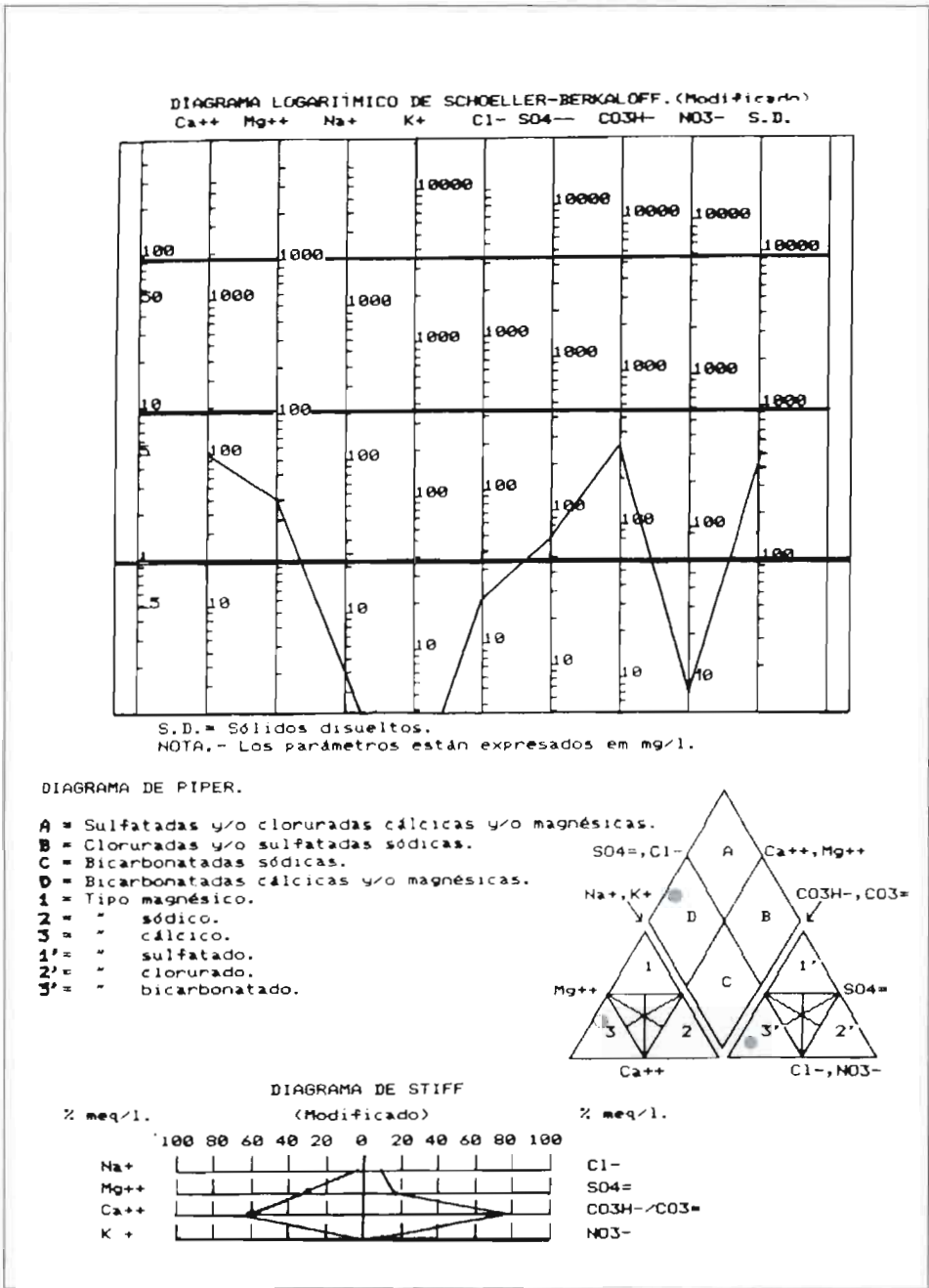


Figura 13. Diagramas hidroquímicos correspondientes al análisis de las aguas de la Laguna del Arquillo (elaboración con datos propios).

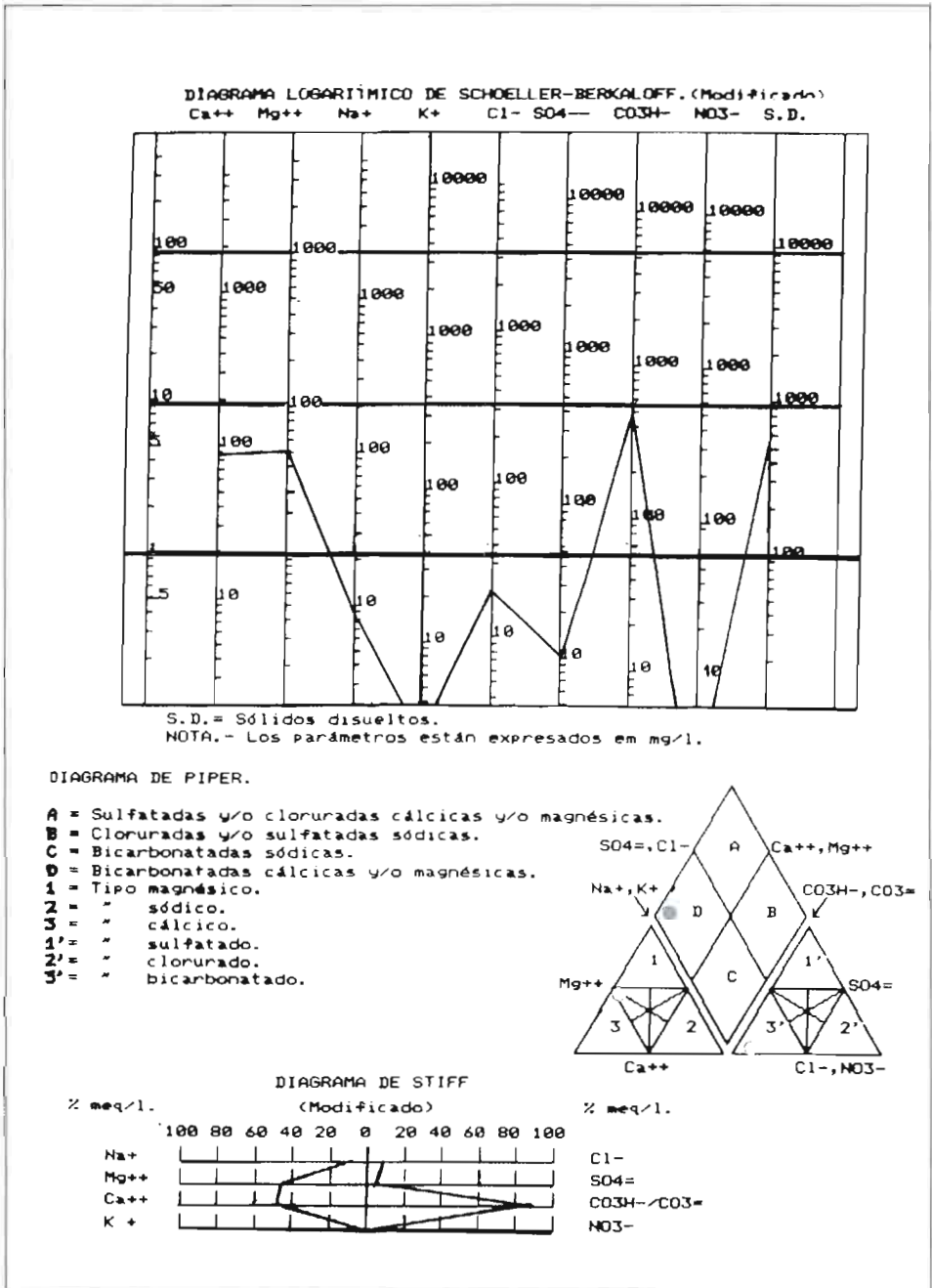


Figura 14. Diagramas hidroquímicos correspondientes al análisis de las aguas de la Charca del Arquillo (elaboración con datos propios).

Únicamente teniendo en cuenta los resultados de iones mayoritarios, se puede concluir que la charca y la laguna conforman dos medios sustancialmente diferentes en su comportamiento hidroquímico, en buena parte condicionados por su morfometría tan diferente.

La charca se presenta como un medio mucho más cambiante a lo largo del ciclo hidrológico que lo que pueda ser la laguna, puesto que en aquélla los procesos de evapotranspiración son mucho más intensos, primero por su mayor relación superficie/volumen y segundo por la abundancia de comunidades vegetales compuestas por especies hidrófitas e higrófitas que disparan el balance de evapotranspiración. La mayor evapotranspiración se denota en concentraciones mayores de iones conservativos, es decir, que no son empleados por los seres vivos en sus metabolismos. Encontramos concentraciones de cloruro un 20% superiores en la charca que en la laguna (22,0 mg/l frente a 17,7 mg/l), al igual que en el caso del sodio, en donde las diferencias se acentúan hasta el 50 % (4,2 mg/l en la laguna frente a 8,0 mg/l en la charca). Estos iones, como el cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) y el sodio ( $\text{Na}^+$ ), sufren una reconcentración a medida que aumentan las temperaturas y disminuyen las precipitaciones (época estival). Ese contraste se denota en los resultados analíticos en ambos ambientes, los cuales muestran unas concentraciones en la charca que duplican las que se pueden encontrar en la laguna (tabla 7); sin embargo, los valores del índice iónico  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  son similares en ambos sistemas (ver anexo 2).

En la charca se da una tasa de renovación menor, por lo que los procesos de concentración evaporativa no son compensados con la dilución proveniente de aportes importantes de agua. Como ya se ha comentado, la conexión hidráulica con el río existe ocasionalmente, pero el caudal que entra es muy pequeño.

En relación con otro ión conservativo, el sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), es interesante la comparación que se pueda establecer entre la laguna y la charca. Los datos de este parámetro en la laguna son notablemente superiores a los que se detectan en la charca (53,9 mg/l frente a 10,5 mg/l), lo que puede deberse a procesos de deposición de los sulfatos en el fondo de la cubeta de la charca.

La charca y la laguna difieren notablemente en los valores de los iones calcio y magnesio, puesto que, aunque en ambos el catión dominante es el calcio, encontramos valores muy superiores de calcio con respecto a magnesio en la laguna (en la laguna tenemos una concentración de calcio de 103,0 mg/l y de magnesio de 29,2 mg/l, mientras que en la charca las concentraciones son de 87,8 mg/l y 51,8 mg/l, respectivamente). El análisis detallado de la relación entre las especies iónicas calcio y magne-



sio ( $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ ) refleja un cociente inferior en la charca, lo cual se debe probablemente a la precipitación de yesos ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) en la charca, ya que también parecen precipitar los sulfatos, como ya se ha indicado.

Los valores de ión bicarbonato son superiores en la charca (527.2 mg/l) que en la laguna (382.0 mg/l), lo que nos indica que la charca es un medio con mayor capacidad tampón.

Por todo lo anteriormente comentado, se puede afirmar que la laguna se comporta como un medio poco cambiante con el tiempo, en donde las condiciones físicas, químicas y, por lo tanto, biológicas, son notablemente diferentes de las que se dan en la charca. En la laguna, el eje vertical (superficie-fondo) tiene mucha importancia con respecto al eje horizontal (en el sentido entrada del río-salida del río), mientras que en la charca, el eje vertical es apenas relevante, en primer lugar por su escasa profundidad y en segundo por su relación superficie/volumen.

## b) Nutrientes

Los niveles de nutrientes presentes tanto en la laguna como en la charca son bajos, determinando un estado trófico tendente a la oligotrofia (ver apartado 4.6.), si bien en el caso de la charca se detectan niveles ligeramente superiores.

Destacan los valores elevados de nutrientes detectados en la campaña de marzo (10/3/1997), notablemente superiores a los correspondientes en las dos campañas restantes (tabla 8). El ión ortofosfato, por ejemplo, presenta sus mayores concentraciones en marzo (15 mg/l en la laguna y 18 mg/l en la charca). Esta importante subida en la concentración de nutrientes coincidió temporalmente con las grandes lluvias acontecidas en la zona que llevaron al desbordamiento del río y de la cubeta de la laguna.

Tabla 8. Concentraciones medias de nutrientes en el Sistema Lagunar del Arquillo en el periodo 1996-97.

Nutrientes	Laguna			Charca			
	Nov. 96	Marzo 97	Julio 97	Nov. 96	Marzo 97	Julio 97	
Nitrógeno	Nitrato (mg/l)	0,106	6,500	1,130	0,000	0,900	0,410
	Nitrito (mg/l)	0	0	0	0	0	0
	Amonio (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03
Fósforo	Ortofosfato ( $\mu\text{g/l}$ )	8,3	15,0	11,0	11,0	18,0	12,0

Las fuertes lluvias podrían haber removilizado gran cantidad de materiales de la cuenca (arrastrando materia mineral y materia orgánica) ocasionando el incremento de los niveles de nutrientes, a pesar del efecto de dilución.

Sin embargo, teniendo en cuenta los datos de nutrientes (sólo especies nitrogenadas) de las aguas subterráneas, éstos destacan por ser superiores a los determinados para aguas superficiales. Por ejemplo, se detectan valores de 8,85 mg/l de nitratos en aguas subterráneas (datos inéditos de la Diputación de Albacete), frente a valores medios en aguas superficiales que no suelen sobrepasar los 2 mg/l, a excepción de los valores detectados en marzo. Este hecho pone de manifiesto un proceso de eutro-

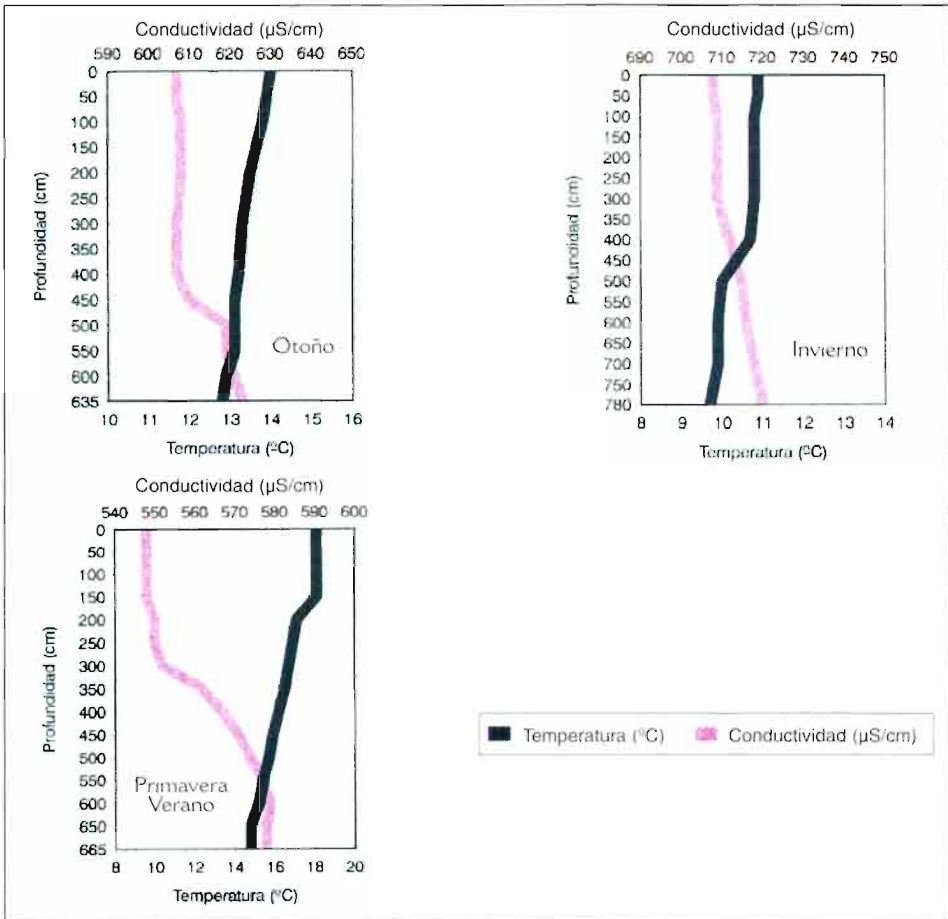


Figura 15. Perfiles de conductividad eléctrica obtenidos en las distintas campañas de muestreo.

fización en el acuífero local. Es probable que esta contaminación se deba a los aportes de compuestos NPK (con nitrógeno, fósforo y potasio) procedentes de la agricultura de todo el territorio. Este tipo de contaminación difusa es la principal responsable de la eutrofización de las aguas subterráneas en numerosos sistemas acuíferos. El alcance e importancia de este fenómeno contaminante se debe determinar mediante estudios específicos de índole hidrogeológica.

### c) Conductividad eléctrica

La conductividad es un parámetro global que nos informa acerca de la cantidad de sustancias en disolución que lleva el agua y, por lo tanto, de su contenido neto en iones.

Dentro del complejo, la conductividad que presenta la Laguna del Arquillo no es muy elevada, variando a lo largo del año entre 550 y 720 (tabla 9). En todos los perfiles realizados en los muestreos se observa la existencia de homogeneidad en los valores de conductividad a lo largo de la columna de agua (anexo 1). Como consecuencia de la deposición de sustancias se incrementa un poco el valor de este parámetro en el fondo de la cubeta, pero no se trata más que de un ligero aumento (figura 15).

Tabla 9. Resumen de los resultados de conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) obtenidos en la laguna y charca del Arquillo en las distintas campañas realizadas.

	Laguna		Charca	
	Mín. - Máx.	Media	Mín. - Máx.	Media
Otoño	607-628	610	690-828	759
Invierno	708-720	710	-	770
Verano	548-581	562	-	710

La conductividad que presenta la charca es algo más elevada que la de la laguna, siendo su media mayor de  $700 \mu\text{S}/\text{cm}$ , en todas las épocas del año. Presenta una variación mucho mayor a lo largo un ciclo hidrológico: esto es explicable por la ocasional conexión con las aguas fluviales y por las diferencias internas en la propia masa de agua que la hacen ser un "mosaico" de condiciones físico-químicas muy dispares.

En las aguas del río Arquillo a su entrada en la laguna se obtienen valores cercanos a los  $690 \mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que el valor de la conductividad en el efluente es algo menor ( $607 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) que la del afluente, posible-

Tabla 10. Resumen de los resultados de oxígeno disuelto obtenidos en la laguna y la charca en las distintas campañas de muestreo.

		Otoño		Invierno		Primavera-Verano	
		Mín.-Máx.	Media	Mín.-Máx.	Media	Mín.-Máx.	Media
Laguna	Oxígeno disuelto (mg/l)	8,8-9,5	9,0	9,1-9,9	9,7	7,9-10,1	9,0
	Oxígeno disuelto (%)	95-103	97	88-100	96,5	88-118	106
Charca	Oxígeno disuelto (mg/l)	-	10,6	-	10,6	-	6,9
	Oxígeno disuelto (%)	-	110	-	118	-	81

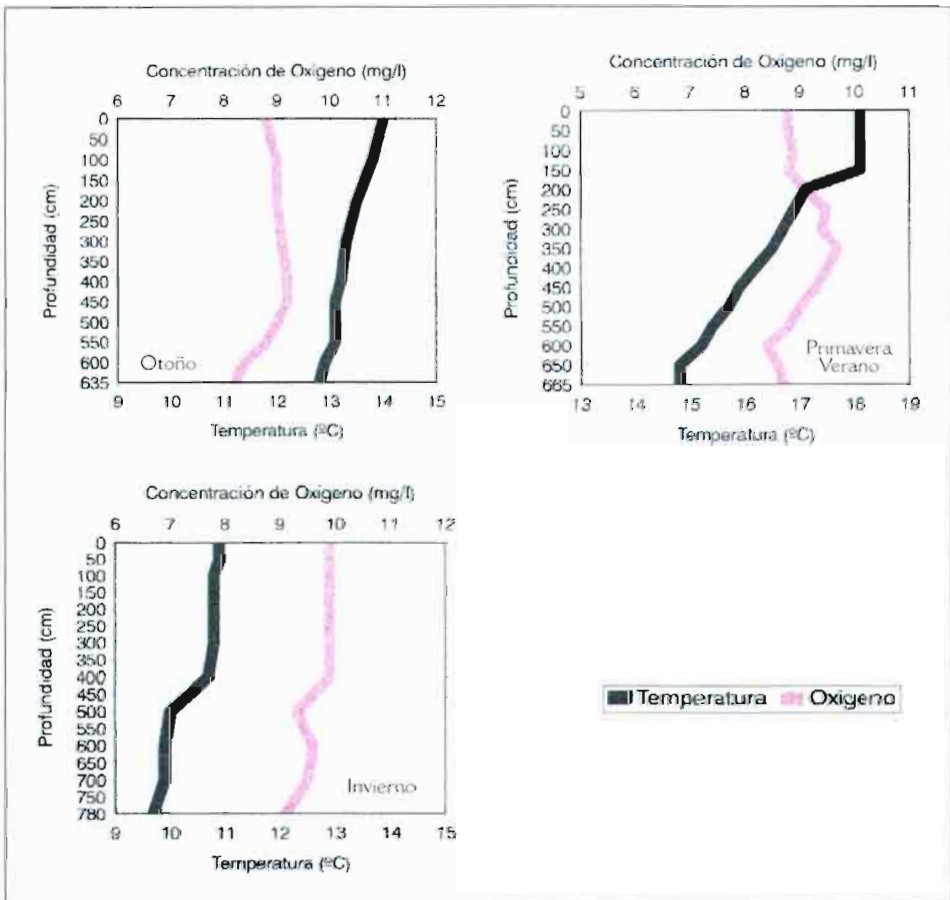


Figura 16. Ejemplos de los perfiles de concentración de oxígeno obtenidos en las distintas campañas de muestreo.

mente porque la laguna actúa, como cualquier presa, de trampa de nutrientes y sedimento.

En resumen, el Complejo Lagunar del Arquillo es un sistema bastante homogéneo donde el elemento más estable y predecible a lo largo del tiempo es la laguna, mientras que la charca lo es menos.

#### d) Concentración de oxígeno disuelto

La columna de agua de la Laguna del Arquillo se halla perfectamente oxigenada en todas las estaciones (tabla 10). Los niveles que se detectan son superiores a 8 mg/l y bastante constantes a lo largo del eje vertical, con ligeras variaciones entre los distintos perfiles (anexo 1). El porcentaje de oxígeno disuelto es elevado y sólo en las partes más profundas se observa ligera disminución, como consecuencia de la descomposición y oxidación de la materia orgánica depositada en el fondo de la cubeta.

En los perfiles realizados en la primera campaña de muestreo (campaña de otoño) se observa que la concentración de oxígeno se mantiene casi a niveles de saturación, con un pequeño descenso en las proximidades del fondo de la cubeta (figura 16).

En el muestreo invernal, la Laguna del Arquillo se mantiene totalmente homogeneizada en toda la superficie y profundidad, y es en esas fechas en las que se alcanzan valores máximos en la concentración de oxígeno, propiciados en gran medida por las bajas temperaturas.

En la campaña de primavera-verano la situación es similar a la descrita para los muestreos anteriores y la concentración de oxígeno sigue siendo elevada en la práctica totalidad de la columna de agua. Oscila entre 7.9 y 10.1 mg/l a lo largo de los perfiles, pero se observa un claro aumento del oxígeno a una profundidad de 3.5 m (figura 16). Este incremento es producto de la actividad fotosintética realizada por un bloom de algas desarrollado a esa profundidad.

Toda la homogeneidad observada en la Laguna del Arquillo contrasta con la heterogeneidad espacial y temporal de la charca. Como todos los complejos de sus características (somero, temporal, etc.), sus características físico-químicas son muy cambiantes de un punto a otro. Los porcentajes de oxígeno disuelto son bajos con respecto a los de la laguna, principalmente porque la temperatura es más elevada y los procesos de descomposición y oxidación de la materia orgánica más acusados; esta diferencia se aprecia sobre todo en primavera-verano.

#### 4.4.3.2. *Aguas subterráneas*

En el subsistema El Jardín-Lezuza, en el que se engloba la mayor parte del río Arquillo exceptuando el sector más meridional, perteneciente al subsistema Alcaraz-Elche, cabe destacar su composición heterogénea. Al tratarse de un acuífero multicapa, la composición y la calidad del agua oscilan fuertemente según la zona en la que nos hallemos y a la profundidad de la que provenga el agua. De hecho, las aguas del acuífero n.º 24 son muy variables tanto en el espacio como en el tiempo, con tendencias poco claras y a menudo divergentes.

Sin embargo, el desconocimiento de los niveles concretos del acuífero que alimentan a la laguna en cada época del año, se puede paliar parcialmente analizando la composición físico-química del agua subterránea en distintos puntos, llegándose así a elaborar una hipótesis de recarga del Sistema Lagunar del Arquillo. En esta zona, las características físico-químicas de las aguas subterráneas, de baja mineralización, propiciaron su explotación comercial como agua minero-medicinal (agua "Sierra Jardín"), explotación que hoy en día no se realiza.

Para llevar a cabo una caracterización completa de las aguas subterráneas de un área, no sólo se tienen que realizar análisis detallados a lo largo del año y en los distintos puntos de agua del área, sino también complementar dicha información con ensayos geofísicos que aporten información de la estructura litológica y de las formaciones existentes en el subsuelo. Del mismo modo, se recurre a los ensayos de bombeo en los que se obtiene información de gran valía tanto sobre la estructura geológica del medio, como sobre el comportamiento del sistema acuífero (niveles piezométricos, nivel dinámico, estático, tiempo de recuperación, etc.). De igual manera, el establecimiento de una red de piezómetros que nos informe de las fluctuaciones del nivel freático y de las repercusiones que tienen las extracciones de agua en la formación acuífera, es de incuestionable utilidad en los estudios hidrogeológicos. En este sentido, cualquier otro punto de agua (pozos de distinto tipo, manantiales, humedales, etc.) arrojan luz a la complicada interpretación hidrogeológica de la zona. Conjugando todas estas fuentes de información y los datos que de ellas se desprenden, se llega a construir un modelo de flujo y de transporte que resulta una herramienta potentísima para la gestión del recurso.

En este trabajo centrado en el Complejo Lagunar del Arquillo, se ha podido contar con información bibliográfica correspondiente a los organismos oficiales de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha a los que les competen los estudios hidrogeológicos. Como consecuencia

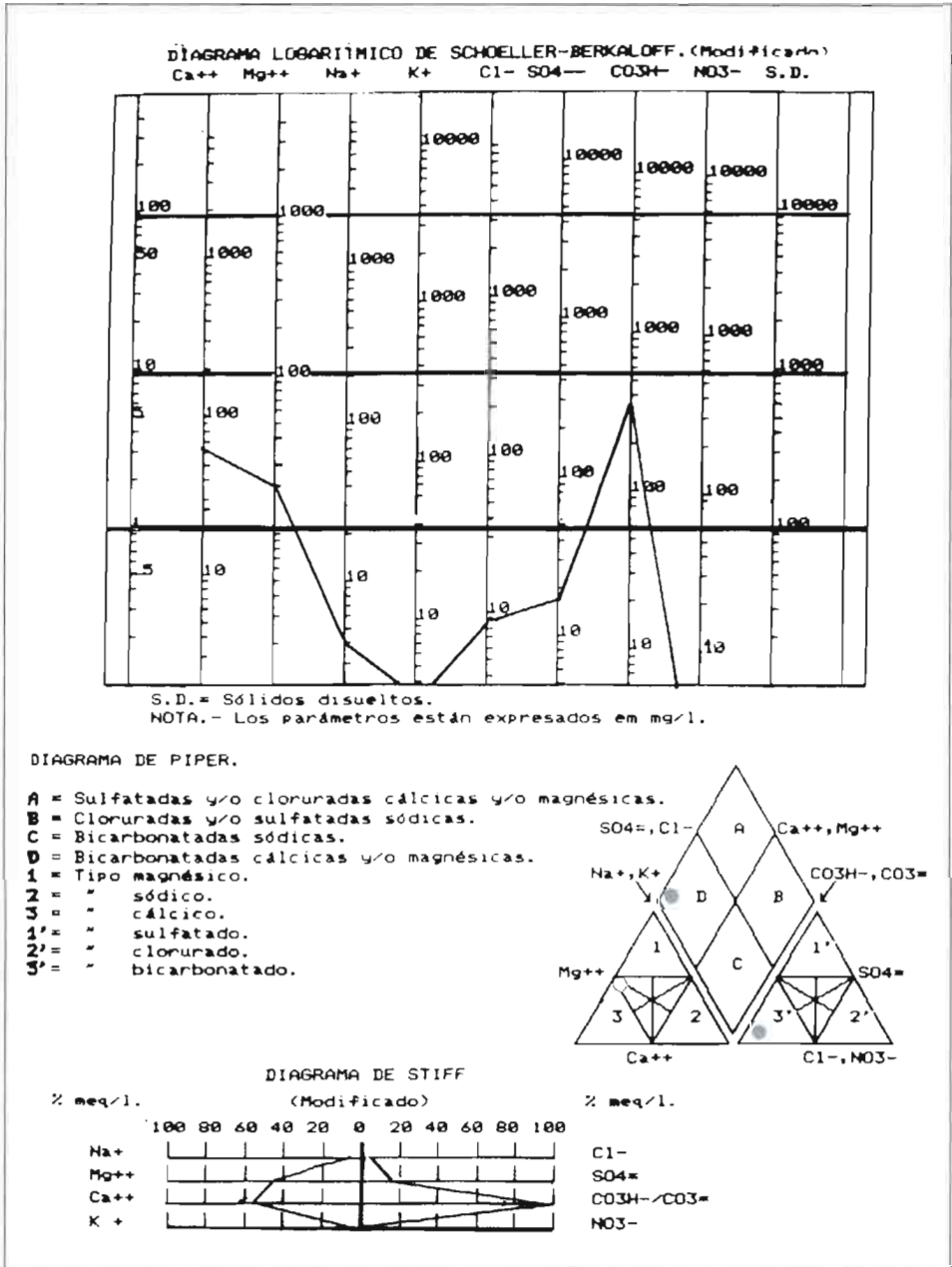


Figura 17. Diagramas geoquímicos correspondientes al análisis de las aguas del manantial del Arquillo (embotelladora "Sierra Jardín"). Datos correspondientes al análisis del laboratorio del Instituto Tecnológico Geominero (17 febrero 1994).

del importante gasto económico que conllevan la mayor parte de los estudios hidrogeológicos, se realizan con poca frecuencia. Por ello, el Departamento de Hidrogeología de la Diputación de Albacete sólo cuenta con tres sondeos en el área de influencia de interés (anexo 2). Se trata de sondeos en donde se reflejan datos de composición litológica y de composición físico-química de las aguas, así como datos físicos de comportamiento del sistema acuífero. Estos sondeos, realizados para la planificación del abastecimiento al núcleo urbano de El Robledo, se ubican en el subsistema Jardín-Lezuza (ver figura 5), concretamente en:

- Fuente de la Huesa (en las proximidades de El Horcajo)
- El Robledo
- Fuente de El Lavadero (El Robledo)

Además de los sondeos proporcionados por la Diputación de Albacete, se poseen datos correspondientes a la planta embotelladora de agua mineral “Sierra Jardín”, ubicada a unos escasos dos kilómetros aguas abajo de la Laguna del Arquillo. En la actualidad, esta empresa se halla clausurada por el Ministerio de Sanidad y Consumo.

Los análisis realizados en los distintos sondeos efectuados en el área muestran una mineralización superior a la detectada en los análisis del agua del manantial de “Sierra Jardín”, probablemente debido a que tengan un recorrido relativamente más largo a través del terreno. Son aguas bicarbonatadas cálcico-magnésicas, como las que se encuentran en la Laguna del Arquillo.

Atendiendo al análisis de las aguas del manantial del Arquillo realizado por el laboratorio del Instituto Tecnológico Geominero en 1994, del que se nutría la embotelladora “Sierra Jardín”, las aguas son de mineralización débil y cumplen la normativa vigente en materia de envasado de aguas minero-medicinales (R.D. 1164/91).

De la interpretación de los diagramas geoquímicos de estas aguas (figura 17), se desprende que son aguas bicarbonatadas cálcico-magnésicas con bajos niveles de sulfatos, como es propio de sistemas kársticos en donde los materiales de la cuenca son calizas y dolomías en su mayoría.

En comparación con la composición química establecida mediante los análisis propios realizados en la laguna, se encuentra un nivel de mineralización menor en las aguas subterráneas que alimentan dicho manantial con respecto a la Laguna del Arquillo, puesto que los niveles de bicarbonato, calcio, sulfato y cloruro son notablemente inferiores (anexo 2). Esta baja mineralización del manantial puede estar indicando que éste se alimente de



flujos locales con un menor recorrido subterráneo con respecto a los flujos que llegan a la laguna. El menor recorrido a través del terreno determina un menor tiempo de contacto entre agua y matriz mineral, con lo que el agua lava menos terreno y se carga menos de sustancias en disolución.

#### 4.5. El Tiempo de Renovación

El tiempo de renovación de las distintas masas de agua es de especial importancia puesto que va a determinar cuál va a ser el comportamiento del lago y cuáles sus principales pautas de su funcionamiento. Se obtuvo calculando el volumen de agua almacenada en la Laguna del Arquillo y el caudal del río a su salida (efluente).

Para la correcta estimación del tiempo de residencia del agua en la laguna, se tiene que hacer una medición exhaustiva en todas las épocas del año y bajo todo tipo de régimen de explotación de aguas superficiales y subterráneas. En este caso, se han hecho dos estimaciones puntuales ya que la enorme variabilidad de situaciones en la cuenca y la limitación general del estudio hacían imposible una determinación más fina. Estas estimaciones se realizaron en la campaña de muestreo del 1/11/1996 y en la del 1/7/1997 (época de máximo nivel de la reserva o época húmeda y época de descenso de la reserva o de estiaje, respectivamente), por lo que los resultados deben entenderse teniendo en cuenta estas limitaciones.

En el muestreo del 30/10/1996 se obtuvo un caudal efluente de 253 l/s. El volumen de llenado de la cubeta lacustre es máximo en la época, por lo que el total de agua almacenada asciende a  $0,23 \text{ Hm}^3$ . El tiempo de renovación para el periodo otoñal sería, de extrapolar estos datos, de aproximadamente 10 días y medio.

En el muestreo de 1/7/1997, se hizo un estudio de caudales y de tiempo de renovación mucho más detallado que en el muestreo de noviembre puesto que en este último se evidenció la necesidad de una definición mayor. En el muestreo estival se calculó un caudal efluente a la Laguna del Arquillo de 184 l/s. Teniendo en cuenta que el volumen almacenado en la cubeta es de  $0,23 \text{ Hm}^3$ , se obtiene que el tiempo de renovación de la laguna en periodo estival sería, extrapolarlo, de unos 14 días y medio.

Tanto en un periodo como en el otro se observa que el tiempo de renovación del agua en la laguna es muy pequeño, es decir, que la tasa de renovación es muy alta, como es propio de un sistema lenítico de estas características en donde la entrada de agua viene determinada por el flujo del río y en donde la profundidad es relativamente pequeña.

Esta tasa de renovación tan alta nos indica que el tiempo medio de permanencia de una molécula de agua en el sistema no sobrepasa las dos semanas. Debido a la escasez de datos no es posible definir una tasa media, por lo que es mejor indicar que la tasa de renovación varía, según las estaciones del año, entre una o dos semanas. Dicha tasa es elevada con motivo de grandes avenidas causadas por fuertes lluvias, como se observa para el periodo de otoño. Los valores que se han obtenido son normales en las lagunas asociadas a ríos y que tienen su cubeta formada por un represamiento natural. La elevada tasa de renovación hace difícil una organización compleja de las comunidades planctónicas del lago.

#### 4.6. El Estado Trófico

Para la evaluación del estado trófico del Sistema Lagunar del Arquillo hay que tener en cuenta la concentración de nutrientes y de pigmentos fotosintéticos existentes en el agua. Estos últimos nos indican la actividad de los organismos fotosintéticos en el ecosistema y, consecuentemente, si se producen fenómenos de eutrofización. Los niveles de nutrientes son profusamente empleados en diversos índices limnológicos para la clasificación de las masas de agua en función de su estado trófico, puesto que nos pueden indicar qué factor o factores son los limitantes para la vida en la laguna y cuáles pueden estar modelando el ecosistema.

El análisis de la información recogida en relación a los nutrientes (anexo 2) ha sido tratado en el apartado 4.4.3.1. Un resumen de las concentraciones de nutrientes del complejo lagunar ya se ha señalado en la tabla 8. Las características del complejo en lo referente a pigmentos se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Concentraciones medias de los diversos tipos de pigmentos en el Sistema Lagunar del Arquillo en el periodo 1996-97.

Pigmentos	Laguna			Charca		
	Nov. 96	Marzo 97	Julio 97	Nov. 96	Marzo 97	Julio 97
Clorofila a (mg/l)	2,54	1,40	2,90	3,80	12,64	3,05
Clorofila b (mg/l)	0,50	0,97	1,37	0,35	0,75	1,67
Clorofila c (mg/l)	0,020	0,005	0,010	0,010	0,010	0,010
Índice de carotenoides	1,76	2,31	1,96	1,69	2,18	1,50
Índice de feofitinas	1,10	1,05	1,16	1,06	1,31	1,02

Para el estudio del estado trófico se han realizado una serie de tres campañas de muestreo, cuyas fechas fueron 1/11/1996, 10/3/1997 y 1/7/1997.

A través de la caracterización abreviada del espectro de absorción de las diferentes formas pigmentarias, es decir, mediante el cociente entre sus picos principales de absorción, se puede reflejar de forma sencilla la composición relativa de los pigmentos en un determinado cuerpo de agua (Margalef, 1983). Así se procedió a determinar los principales parámetros, como son clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila *c*, además de los índices de carotenoides y feofitinas.

En el caso del Complejo Lagunar del Arquillo, en el que sus características híbridas entre sistema fluvial y lacustre le confieren una entidad muy peculiar, el empleo de índices de clasificación del estado trófico especialmente ideados para lagos o embalses, no se ajusta debidamente a sus particularidades. Ésta es la principal razón por la que se han conjugado diferentes criterios en este trabajo.

Por una parte, la clasificación establecida por la UNESCO (Ryding & Rast, 1989), ideada para lagos y embalses de un tamaño considerablemente mayor al de la Laguna del Arquillo, es de carácter internacional y está consensuada por la comunidad científica. En este índice se toman en consideración cinco parámetros a la hora de catalogar los ecosistemas leníticos en función de su estado trófico: el fósforo total, el nitrógeno total, la concentración media de clorofila *a*, el valor máximo de clorofila *a* y la profundidad de lectura del disco de Secchi. A tenor de los valores de clorofila *a* obtenidos tanto para la laguna como para la charca (anexo 3) se podría hablar de un medio oligomesotrófico. Sin embargo, para este índice, los valores de la profundidad del disco de Secchi no pueden ser tomados en consideración en el Arquillo, puesto que al entrar el flujo de agua del río se incorporan muchos sólidos en suspensión que aumentan la turbiedad del medio y falsean el resultado del índice.

De forma complementaria a la utilización del índice de la UNESCO, se ha empleado el índice diseñado para embalses españoles por Morguá *et al.* (1990), en el cual se considera el dato correspondiente a fósforo reactivo soluble (ión ortofosfato,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) como criterio de asignación de estado trófico. Los resultados obtenidos (anexo 2), corroboran la interpretación establecida con el criterio de la UNESCO, ya que se catalogaría como oligomesotrófico.

Aparte de los niveles detectados en clorofila *a*, el resto de pigmentos fotosintéticos que se encuentran en el Sistema Lagunar del Arquillo presentan unas concentraciones bajas (anexo 3), con proporciones relati-

vas muy similares a las que se han determinado para ecosistemas acuáticos de similar estado trófico.

#### 4.7. La Vegetación Asociada al Complejo Lagunar del Arquillo

A pesar de que la mayoría de las características del Complejo Lagunar del Arquillo no se han estudiado y descrito hasta el momento, la vegetación que coloniza este humedal constituye una excepción en ese aspecto. El elevado interés botánico, tanto de la vegetación acuática como de la marginal, ha tenido como consecuencia su estudio detallado por parte de botánicos especializados. Destaca la obra recopilatoria sobre flora y vegetación de los humedales albacetenses realizada por Cirujano (1990).

Al estudiar la vegetación asociada a una zona húmeda, podemos diferenciar tres tipos de vegetación distintos: las especies que viven dentro del agua, la formación marginal que se encuentra en las orillas y una banda de bosque ripario, aún asociada al humedal que da paso a la vegetación climatófila existente en la zona.

Normalmente se consideran hidrófitos o especies acuáticas, aquellas especies o formaciones que completan su ciclo biológico con todas sus partes sumergidas o flotantes en la superficie. Por otro lado están las especies que enraízan bajo el agua, con su parte basal casi permanentemente sumergida, mientras que sus hojas e inflorescencias son emergentes y se sitúan por encima del agua. Este último grupo se denomina higrófitos o helófitos, y se caracterizan por sus hojas grandes y delgadas, no esclerificadas, y por sus largos tallos; dan lugar a la vegetación marginal.

El bosque ripario o ribereño se caracteriza por presentar un estrato arbóreo o arbustivo leñoso, que rodea y ensombrece las orillas de las zonas con agua. Está formado por especies arbóreas cuyas raíces son capaces de soportar cierto grado de encharcamiento. Dependiendo de las especies se sitúan más o menos cerca de la orilla.

##### 4.7.1. *La Vegetación de la Laguna*

En las aguas profundas de la Laguna del Arquillo los macrófitos acuáticos se encuentran enraizados en los bordes abruptos, donde forman bandas estrechas de anchura variable dependiendo de la pendiente de la orilla (figura 18). Se constituyen formaciones de cormófitos acuáticos, agrupaciones de plantas vasculares compuestas por rizófitos caulescentes

de hojas sumergidas, cuyas partes generativas pueden o no alcanzar la superficie del agua, como las especies del género *Potamogeton*.

Sin embargo, las especies más características son los grandes hidrófitos como espigas de agua (*Potamogeton lucens*), miriofílidos (*Myriophyllum verticillatum*) y nenúfares (*Nuphar luteum*), los cuales dan lugar a una comunidad de macrófitos típica de aguas permanentes. Estos hidrófitos se enraízan a profundidades notables de 4 ó 5 metros. *Potamogeton lucens* es un buen indicador de aguas dulces poco contaminadas y *Myriophyllum verticillatum* prefiere aguas bicarbonatado-cálcicas. Por otro lado, *Nuphar luteum* suele instalarse en zonas protegidas del viento y de los movimientos del agua (foto 7). También se incluyen en esta comunidad batráquidos capaces de originar formas terrestres (*Ranunculus* sp.) y ceratófilidos como el género *Utricularia*.

En el fondo de la laguna destaca la formación de carófitos, compuesta de *Chara major*, que suelen ofrecer tonalidades blanquecinas o azules en los lugares donde habitan. Este carófito puede alcanzar tamaños considerables y completar su ciclo biológico en aguas profundas, como las de esta laguna (6-7 m), donde debido a su metabolismo peculiar y a las características del medio, aparecen sus talos incrustados de carbonato cálcico.

En la vegetación marginal del borde se mezclan ciperáceas, gramíneas y otras plantas propias de suelos calizos sometidos a largos periodos de inundación, y abundante materia orgánica. La especie dominante es el carrizo (*Phragmites australis*), helófito que crece formando la banda más externa de vegetación asociada a la laguna. Es una especie típica de áreas con periodo de encharcamiento prolongado. La acompañan otros grandes helófitos como eneas o espadañas (*Typha domingensis* y *T. latifolia*) y juncos de agua (*Scirpus lacustris* subsp. *lacustris*). Es una formación característica de las zonas marginales de lagunas y humedales con aguas dulces o de baja salinidad.

En algunos puntos del margen de la laguna predomina un masegar, comunidad típica de suelos hidroturbosos, definida por la masiega (*Cladium mariscus*), principalmente en la entrada del río y en los puntos donde la morfología del relieve permite un mayor acúmulo de materia orgánica, aunque en general aparece disperso por todo el contorno.

Junto a la masiega, son plantas habituales de estas formaciones de borde: *Carex hispida*, *Carex distans*, *Lythrum salicaria* y el lirio amarillo (*Iris pseudacorus*), además de las eneas.

Como última banda de vegetación asociada al margen de la laguna aparece una comunidad de especies propias de praderas juncuales: *Althaea*

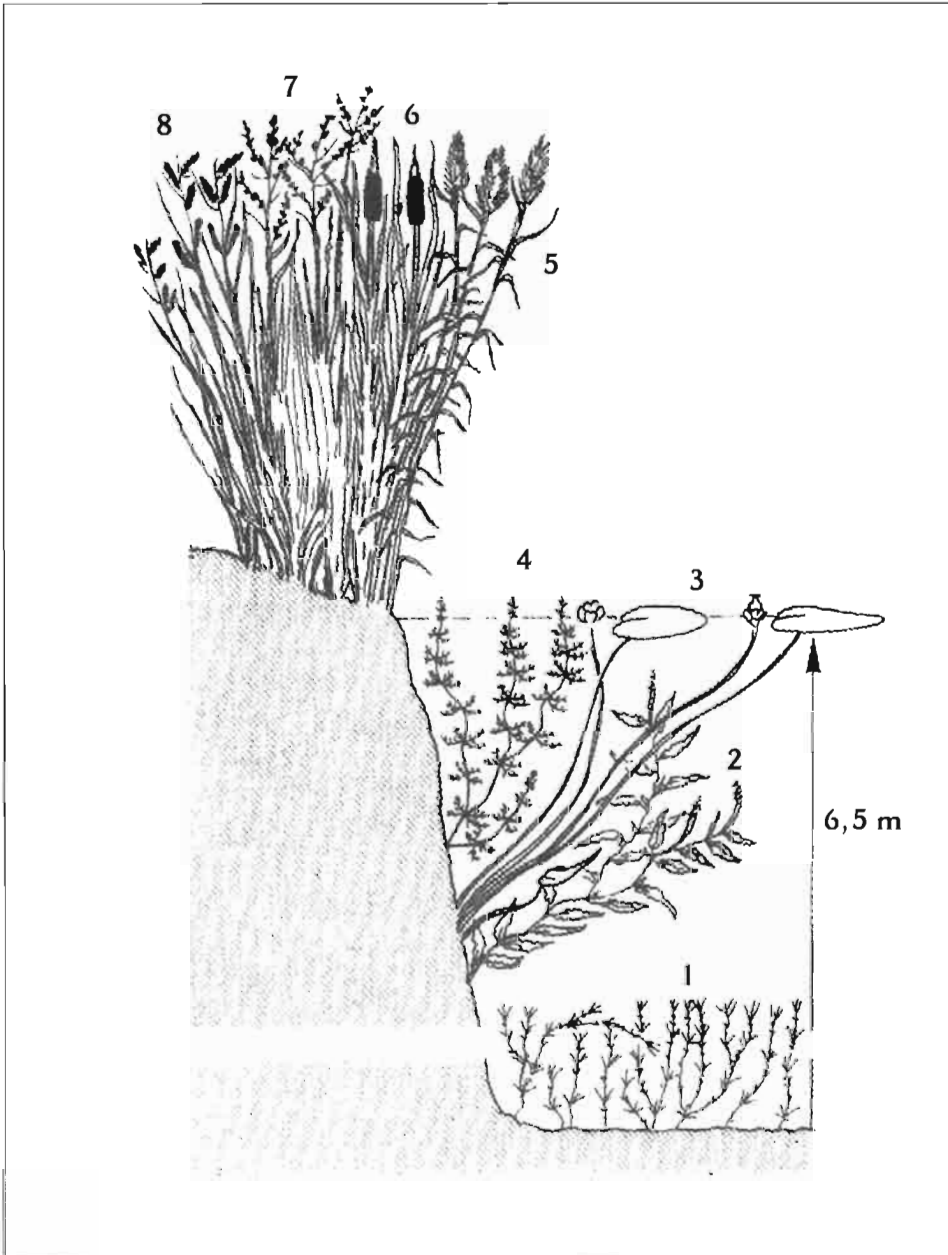


Figura 18. Vegetación acuática presente en la Laguna del Arquillo  
(modificado de Cirujano, 1990).

1. *Chara major*; 2. *Potamogeton lucens*; 3. *Nuphar luteum*; 4. *Miriophyllum verticillatum*;  
5. *Phragmites australis*; 6. *Typha latifolia*; 7. *Cladium mariscus*; 8. *Carex hispida*.



Foto 7. Detalle de la vegetación de la Laguna del Arquillo, en donde se puede apreciar el carrizo (*Phragmites australis*) y algunas juncáceas (*Juncus* sp.) en un primer plano y los nenúfares (*Nuphar luteum*) al fondo flotando en la lámina de agua.

*officinalis*, *Sonchus maritimus*, *Mentha aquatica*, *Teucrium scorodonium* subsp. *scordioides*, *Juncus subnodulosus*, *Galium palustre*, *Agrostis stolonifera*, etc.

#### 4.7.2. La Vegetación de la Charca

En la charca del Arquillo destaca una comunidad de macrófitos típica de aguas permanentes, constituida por formaciones de nenúfares (*Nuphar luteum*) (foto 8), que contribuyen en mayor medida a la particular fisionomía de la asociación (figura 19). Junto a ella se desarrollan densas matas de *Potamogeton pectinatus*. La estructura de las comunidades vegetales acuáticas de la charca del Arquillo se puede apreciar en la fotografía 5.

Estas densas masas biespecíficas colmatan las aguas y limitan el desarrollo de otras especies que ocasionalmente puedan encontrarse. Tal es el caso del carófito *Tolypella glomerata* que crece de forma aislada en la

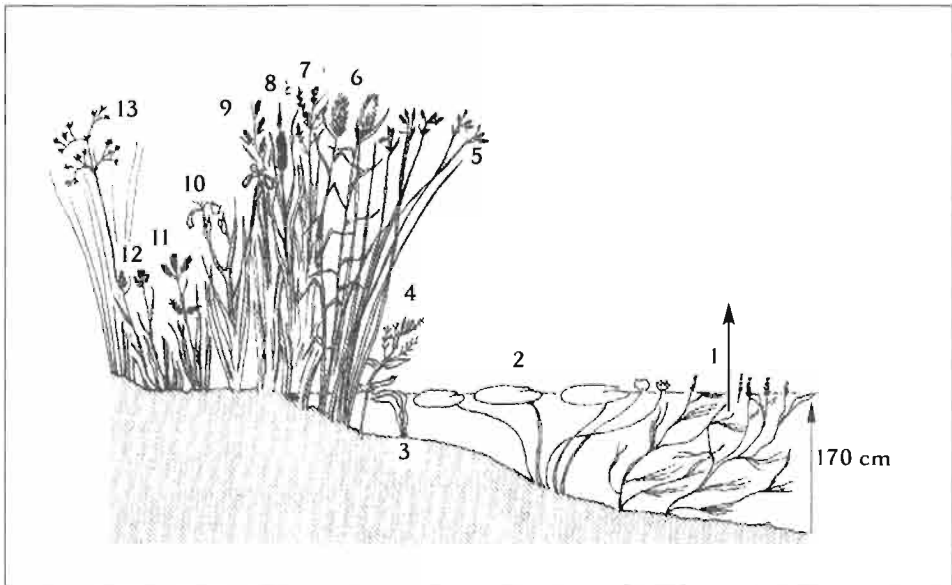


Figura 19. Vegetación acuática presente en la Charca del Arquillo (modificado de Cirujano, 1990).

1. *Potamogeton pectinatus*; 2. *Nuphar luteum*; 3. *Agrostis stolonifera*; 4. *Veronica anagallis-aquatica*; 5. *Scirpus lacustris lacustris*; 6. *Phragmites australis*; 7. *Cladium mariscus*; 8. *Typha domingensis*; 9. *Carex hispida*; 10. *Iris pseudacorus*; 11. *Carex riparia*; 12. *Carex otrubae*; 13. *Juncus subnodulosus*.





Foto 8. Detalle de la flor del nenúfar (*Nuphar luteum*).

charca. Es una especie que crece en aguas poco mineralizadas, pero que en Albacete no llega a formar poblaciones bien constituidas (Cirujano, 1990).

Alrededor de la charca se instala también una vegetación marginal caracterizada por la presencia de las mismas especies que aparecen en el borde de la laguna, como carrizo, enecas, juncos de agua, masiega e *Iris pseudacorus*.

La banda marginal da paso a una formación de cárcices que se distribuye rodeando la cuenca de la charca. Los elementos característicos de esta comunidad de ciperáceas son principalmente *Carex riparia* y *C. otrubae*, a las que se asocian *C. hispida* y *C. distans*.

En la parte más externa de las bandas concéntricas de vegetación asociadas a la charca aparecen *Veronica anagallis-aquatica* y *Agrostis stolonifera*, las cuales dan paso a la pradera juncal, esta última dominada por *Juncus subnodulosus*.

#### 4.7.3. *La vegetación del Río Arquillo*

En las aguas bien oxigenadas y con fuerte corriente del río Arquillo a su entrada en la laguna, crecen *Chara vulgaris* y *Potamogeton densus*.

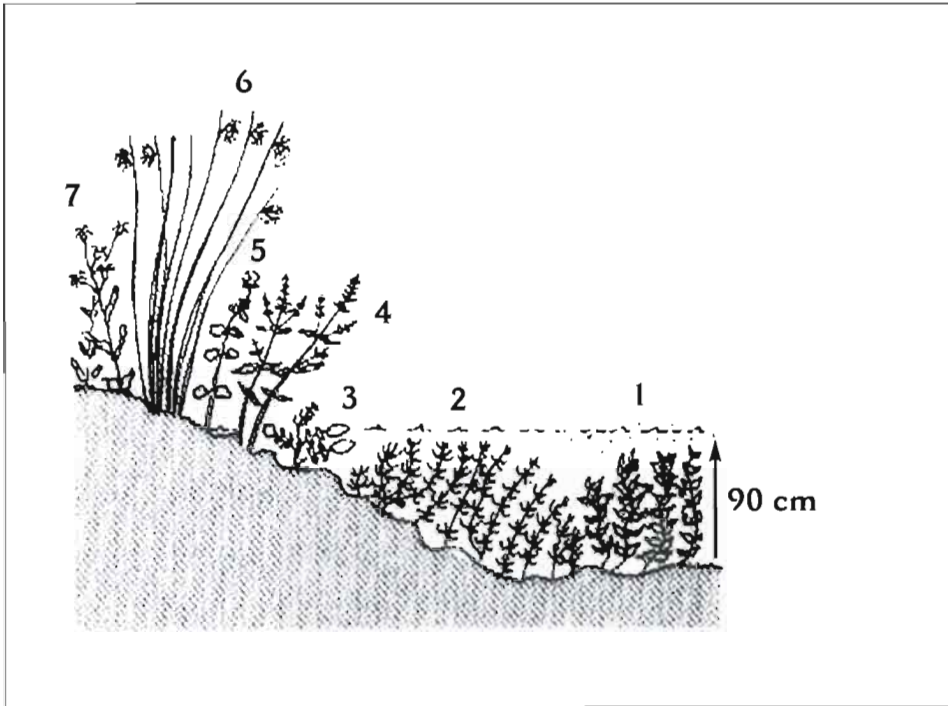


Figura 20. Vegetación acuática presente en el río Arquillo a su entrada en la laguna (modificado de Cirujano, 1990).

1. *Potamogeton densus*; 2. *Chara vulgaris*; 3. *Nasturtium officinale*; 4. *Mentha longifolia*;  
5. *Mentha aquatica*; 6. *Juncus inflexus*; 7. *Sonchus maritimus*.

*Chara vulgaris* es un carófito euríóico, que suele colonizar los arroyos y acequias, donde compone vegetación muy peculiar capaz de colmatar los cursos de agua, como ocurre en el río Arquillo. La presencia de *Potamogeton densus* es muy interesante ya que forma parte de las comunidades de macrófitos de aguas corrientes con elevada proporción de calcio. Este tipo de comunidad es cada vez más escasa, ya que cada día disminuye el número de pequeños ríos, arroyos y manantiales de aguas alcalinas limpias y bien oxigenadas (figura 20).

Sobre las orillas se desarrollan *Nasturtium officinale*, *Mentha aquatica*, *Mentha longifolia*, *Juncus inflexus* y *Sonchus maritimus*, los cuales completan la hidroserie edafófila.

En la zona en que el río abandona la laguna se desarrolla una vegetación marginal sobre suelo turboso, caracterizada por la masiega, que da paso aguas abajo al carrizo.

#### 4.7.4. *La Vegetación de la Llanura de Inundación*

La vegetación que se desarrolla sobre la llanura de inundación es una formación típica de marjal, dominada por un carrizal. Es una comunidad prácticamente monoespecífica, ya que la existencia de encharcamiento durante una parte del año, crea un hábitat ideal para ser colonizado por el carrizo, especie invasora que desplaza otras especies cuando las condiciones le son favorables.

#### 4.7.5. *La Vegetación Ribereña*

La vegetación arbolada que rodearía el complejo lagunar está muy alterada. Correspondería a un bosque formado por sauces (*Salix alba* y *S. purpurea*). En la actualidad quedan muy pocos pies de esta especie bordeando la laguna y solo cabe destacar la existencia de tres pies de gran tamaño en la orilla sur de la charca y uno en la zona norte de la laguna.

### 4.8. **La Fauna Invertebrada del Complejo Lagunar del Arquillo**

Existe un gran desconocimiento sobre la fauna de macroinvertebrados en los humedales manchegos y el papel que presentan dentro de los ecosistemas, a pesar de ser un grupo sumamente abundante en este tipo de medios. Concretamente del Complejo Lagunar del Arquillo sólo se dispone de un estudio sobre coleópteros y heterópteros acuáticos (Millán *et al.*, 1996), existiendo una total ignorancia sobre las poblaciones de otros macroinvertebrados.

Con el presente proyecto se complementa la información sobre estos dos órdenes de insectos, a la vez que se aportan los primeros datos sobre los demás grupos taxonómicos que habitan en el complejo.

Se han determinado un total de 103 táxones de 8 clases diferentes, de las cuales destaca en número la Clase Insecta (tabla 12, anexo 5).

La riqueza o número de táxones que aparece en cada humedal es muy similar, siendo ligeramente superior en la charca. En principio parece razonable esperar una mayor diversidad en la laguna, ya que al tratarse de un cuerpo de agua lenítico pero originado por uno fluyente presenta ciertas características de ecosistema lótico, como elevada tasa de renovación, zonas de entrada y salida de agua con cierta corriente, etc. Por ello es un medio favorable tanto para especies reófilas como leníticas, mientras que la charca sólo es apta para el segundo grupo, por su carácter estancado.

Sin embargo la riqueza de la laguna es muy similar a la de la charca, lo que puede deberse a la morfología lagunar. Las orillas que posee la laguna no son un buen hábitat para las especies bentónicas litorales, debido a su fuerte pendiente. La charca, por el contrario, se muestra como un medio ideal para especies bentónicas, por su escasa profundidad y poca pendiente. Además posee una importante pradera de macrófitos, con lo que se aumenta la diversidad de hábitats posibles para los macroinvertebrados acuáticos. La charca presenta una elevada riqueza, superando en número de especies a la laguna.

Por otro lado, y como es lógico, en la laguna el bentos litoral presenta una mayor biodiversidad que el sublitoral, por la existencia de un mayor número de hábitats diferentes. El ambiente sublitoral es más homogéneo, mientras que el litoral, al hacer ecotono con el medio terrestre, es mucho más variado.

El grupo que destaca con diferencia por su riqueza es el de los coleópteros, con 22 especies diferentes encontradas en la laguna y 38 en la charca. Le siguen los heterópteros y los dípteros con menor riqueza taxonómica pero también una buena representación.

El Orden Coleoptera aparece representado en el complejo por un total de 45 especies distintas de 12 familias, entre las que destaca la de los ditiscidos, con 19 táxones. Se han detectado en la laguna especies que no habían sido citadas en ella (Millán *et al.*, 1996), aunque sí en las otras unidades del complejo: *Gyrinus caspius*, *Laccobius bipunctatus* (citados en la charca y el río), *Hygrobia hermanni*, *Berosus affinis* (citados sólo en la charca), *Haliphus mucronatus*, *Agabus didymus* y *Stictonectes epipleuricus* (citados sólo en el río). Destacan *Agabus nebulosus* y *Colymbetes fuscus*, citados por primera vez para el Complejo Lagunar del Arquillo. Es mucho más rica en coleópteros la charca que la laguna, ya que predominan especies que utilizan exclusivamente hábitats leníticos.

El segundo grupo con mayor número de especies es el de los heterópteros, que al igual que el orden anterior posee más riqueza en la charca que en la laguna. Se han detectado las especies citadas por Millán *et al.* (1996), además de una nueva especie de gérrido que se cita por primera vez en el complejo, *Aquarius cinereus*, detectado en la laguna.

El orden de los dípteros está representado por la Familia Chironomidae, donde destaca la subfamilia de los quironómidos. Es el grupo que domina en el bentos sublitoral de la laguna. Aparecen tanto en la laguna como en la charca aunque los táxones varían. Así, *Chironomus plumosus* se detecta sólo en la charca, porque prefiere ambientes leníticos, mientras que *Trissopelopia longimana*, especie reófila, es exclusivo de la laguna.

Tabla 12. Número de táxones (especies o géneros) de macroinvertebrados encontrados en la laguna y en la charca del Arquillo, agrupados según los grupos taxonómicos principales. El símbolo (+) se utiliza para indicar la presencia de grupos cuyos táxones no han sido determinados a categorías sistemáticas distintas a la señalada.

Grupo taxonómico			Laguna	Charca
Filo Cnidaria			1	0
Filo Mollusca	Clase Gastropoda	Orden Basommatophora	5	5
	Clase Bivalvia	Orden Unionoidea	1	1
Filo Annelida	Clase Oligochaeta		+	+
	Clase Hirudinea		1	0
Filo Arthropoda	Clase Arachnida	Orden Acari	+	+
		Subclase Ostracoda	+	+
	Clase Crustacea	Subclase Malacostraca	1	0
		Clase Insecta	Orden Ephemeroptera	4
		Orden Plecoptera	1	2
		Orden Odonata	5	4
		Orden Heteroptera	8	11
		Orden Megaloptera	1	1
		Orden Coleoptera	22	38
		Orden Trichoptera	7	1
	Orden Diptera	8	6	
Total			65	70

En el sistema lagunar aparecen siete especies diferentes de odonatos, todos ellos de preferencias limnófilas, en especial *Sympecma fusca* y *Sympetrum striolatum* se detectan sólo en la charca, ya que, en concreto, estos dos táxones habitan sobre todo en zonas estancadas.

De los siete táxones detectados del Orden Trichoptera, seis de ellos se encuentran en la laguna y solo uno aparece también en la charca. Los efemerópteros poseen poca representación en el complejo y la mayoría se detecta en la laguna; el único taxon que aparece en la charca, *Cloëon* sp., tiene preferencias limnófilas. Igualmente, los Plecoptera tienen representación mínima en el Complejo Lagunar del Arquillo.

Aunque es la Clase Insecta la que domina en el complejo dentro del Filo Arthropoda, la Clase Crustacea está representada con un decápodo, *Atyaephyra desmarestii*, que habita en ambientes fluyentes y, por lo tanto, no está presente en la charca.

Especialmente interesante entre los decápodos era comprobar la existencia de alguna de las especies de cangrejo, autóctonas o introducidas que pudiesen habitar en el lugar. Para detectar dicha presencia se rea-

lizó un muestreo exclusivo con trampas especiales para cangrejos, en el que no se pudo capturar ningún individuo.

Formando parte del bentos, los anélidos viven enterrados en el sedimento y se alimentan de él. Constituyen una comunidad típica del fondo de lagos y lagunas, junto con los quironómidos. Del mismo filo se ha detectado la presencia de una sanguijuela (*Glossiphonia* sp.), hirudíneo que vive parasitando a organismos vertebrados.

Entre el filo de los cnidarios sólo se ha detectado un taxon de la Familia Hydridae en la laguna.

El Filo Mollusca posee una buena representación en el complejo lagunar, especialmente la Clase Gastropoda; mientras que sólo se ha encontrado un bivalvo (*Pisidium* sp.), hay 6 especies de los gasterópodos acuáticos pertenecientes a 4 familias distintas. De esas especies, 4 aparecen tanto en la charca como en la laguna, una en la laguna solamente y otra en la charca. La presencia exclusiva en la laguna de *Ancylus fluviatilis*, se explica por sus preferencias reófilas.

#### 4.9. La Fauna Vertebrada del Complejo Lagunar del Arquillo

Tanto la fauna estrictamente acuática como la que encontramos en tierra firme pero muy asociada al complejo lagunar, son de interés en este estudio porque nos indican cuál es la riqueza y la importancia faunística del enclave. A la hora de afrontar su estudio, lo primero ante lo que hay que enfrentarse es la inexistencia de estudios específicos de la zona, a excepción de temas monográficos que se comentarán con posterioridad.

Apenas existen estudios sobre los animales que se pueden encontrar en la Laguna del Arquillo. Además de todas las especies animales que habitan dentro del medio acuático durante toda o alguna fase del ciclo de su vida, existen otras muchas especies relacionadas directamente con el humedal, y que, aunque no habitan dentro de él, precisan del mismo en algún momento de su vida.

La presencia de estas especies se puede detectar por contacto visual directo al localizar al animal en el medio, o bien a través de los restos que originan en su transcurrir diario por la laguna. Así es posible encontrar excrementos, rastros de huellas, trozos de piel o plumas, restos de alimentos, huesos y todo tipo de señales posibles de identificar pertenecientes a una determinada especie.

Para las distintas especies de la fauna vertebrada se hace referencia a ellas, teniendo en cuenta de forma conjunta todos los medios que constituyen el sistema lagunar.

#### 4.9.1. *Peces*

La existencia de una elevada diversidad de hábitats acuáticos propicia la presencia de especies típicas de ambientes leníticos, así como de otras que habitan normalmente en ambientes fluyentes. La importancia de la ictiofauna del complejo es elevada, lo cual se refleja en la importancia de la actividad pesquera en el área.

Se poseían algunos datos sobre la comunidad piscícola de la Laguna del Arquillo aportados fundamentalmente por el Museo Nacional de Ciencias Naturales que realizó un estudio con pesca eléctrica en el año 1996; igualmente también se tenían datos correspondientes a estudios limnológicos previos (Montes, 1997a). Las comunidades de peces presentes en la Laguna del Arquillo están constituidas por salmónidos reófilos típicos de tramos fluviales altos y ciprínidos limnófilos de tramos medios.

El actual grado de conservación de la Laguna del Arquillo también puede ser analizado desde el punto de vista de la preservación de la comunidad originaria de salmónido-ciprínidos, ya que la posición estratégica de los peces en los niveles tróficos superiores, hacen de ellos un magnífico exponente de la salud ambiental de un medio, por una parte porque indican el estado de la práctica totalidad de la cadena trófica del medio y por otra parte porque indican características físico-químicas de interés. El número de especies depredadoras y la densidad de las poblaciones de las mismas, influyen sobre la biomasa y la diversidad del nivel trófico más bajo (Margalef, 1983).

Como especie originaria representativa de un estado prístino previo a la intervención masiva por parte del hombre, cabe destacar la trucha de río (*Salmo trutta*), de la que hoy en día se tiene constancia de su presencia en el medio. Sin embargo, las poblaciones autóctonas de esta especie, se han visto alteradas por la introducción de especímenes procedentes de piscifactoría, utilizados para favorecer la actividad pesquera. Las alteraciones que las actuaciones de pesca-repoblación provocan en las poblaciones, hacen que éstas no puedan ser consideradas, en parte, como indicadores del estado ambiental del medio, al margen de cuestiones relacionadas con alteraciones en la variabilidad genética de las poblaciones.

La trucha de río está catalogada como "Vulnerable" (Blanco & González, 1992), por las amenazas que actúan sobre ella (contaminación de las aguas, introducción de salmónidos alóctonos, sobreexplotación de las poblaciones, etc.). Este salmónido es típico de cabeceras fluviales que alternan rápidos y remansos, como en el caso del Sistema Lagunar del Arquillo y del río del que toma su nombre. Se trata de una especie relati-

vamente exigente en los requerimientos de temperatura y oxígeno disuelto en el agua, condiciones que se cumplen a la perfección en la laguna principal del Arquillo ya que la temperatura media del agua no supera el umbral de los 27 °C y el oxígeno disuelto siempre supera los 7 mg/l críticos que requiere esta especie. En el caso de la pequeña charca asociada a la laguna, sus características morfológicas, índice profundidad/superficie muy reducido y paredes tendidas con poca pendiente, dan lugar a unas características físico-químicas y biológicas del medio que lo hacen poco propicio para el desarrollo de la trucha de río, relativamente exigente en sus requerimientos fisiológicos.

Como especies realmente originarias del complejo lagunar aparecen la colmilleja (*Cobitis maroccana*) y el barbo mediterráneo (*Barbus guiraonis*). En la charca del Arquillo, somera y con una marcada temporalidad en sus variables físico-químicas, habita la colmilleja, una especie de la familia de los Cobítidos que se desarrolla normalmente en aguas estancadas o de corriente débil sobre fondos de arena o lodo. Este endemismo ibérico está perfectamente adaptado a ambientes fluctuantes en el tiempo, puesto que es capaz de tomar oxígeno atmosférico mediante una porción modificada de su intestino, muy vascularizada (Gómez Caruana & Díaz Luna, 1991).

El barbo mediterráneo, presente en la laguna, es un endemismo español limitado a algunos ríos de las cuencas mediterráneas, siendo considerado como especie "Rara" (Blanco & González, 1992) por sus pequeñas poblaciones generalmente restringidas a áreas muy localizadas. Es un pez de gran tamaño con hábitos bentónicos, por lo que es difícil de observar en la laguna.

Además de estas especies autóctonas que aún permanecen en el Complejo Lagunar del Arquillo, existen otras cuya aparición ha sido propiciada por la intensa actividad de pesca que se ha venido desarrollando. Aquí como en muchos otros enclaves de nuestro país, la actividad de la pesca ha hecho muy frecuente la presencia de especies introducidas por el ser humano. Es el caso de dos de las especies más abundantes del Complejo Lagunar del Arquillo, el black-bass (*Micropterus salmoides*) y la gambusia (*Gambusia holbrooki*), ambas originarias de Norteamérica.

El black-bass es un pez de la familia de los centrárquidos típico de aguas de escasa corriente que fue introducido en la década de los cincuenta para fines deportivos debido a sus especiales cualidades como presa en la pesca. La gambusia pertenece a la familia de los poecílidos y se destaca por su plasticidad ecológica a la hora de adaptarse a medios de muy diversas características, en los que originalmente fue introduci-



do para reducir los efectivos de los mosquitos transmisores del paludismo. Sin embargo, es bien sabido que esta especie, al igual que el black-bass, ha originado fuertes desequilibrios ecológicos en los medios en los que ha sido introducida. Es posible que también habite en el complejo la carpa (*Cyprinus carpio*), aunque su presencia no ha podido ser detectada.

Si bien la actividad de pesca influye notablemente en el medio, las perturbaciones en las comunidades de peces no se circunscriben únicamente a la actividad de los pescadores y a la introducción de especies foráneas, sino que las modificaciones antrópicas que perturban al medio también se centran en otros dos aspectos: la instalación de una piscifactoría a unos escasos tres kilómetros aguas abajo del Complejo Lagunar del Arquillo y la modificación de los canales naturales de salida de agua de la laguna principal.

La piscifactoría cría la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), especie originaria de las cuencas costeras occidentales de América del Norte que ha sido introducida masivamente en toda Europa. Se tiene constancia de numerosas repoblaciones del Complejo Lagunar del Arquillo con esta especie alóctona que hace peligrar la conservación de la trucha de río, puesto que esta especie introducida es menos exigente con la calidad acuática que el resto de los salmónidos ibéricos y encuentra su óptimo ecológico en la región de transición entre las regiones del barbo y de la trucha común, soportando temperaturas más elevadas y aguas con menor concentración de oxígeno disuelto (Gómez Caruana & Díaz Luna, 1991).

#### 4.9.2. *Reptiles y Anfibios*

Los anfibios constituyen un grupo de vertebrados de relevancia en el medio lagunar, destacando la rana común (*Rana perezi*), el sapo común (*Bufo bufo*) y el sapo corredor (*Bufo calamita*), que tienen su ciclo vital ligado a las masas de agua del complejo lagunar.

En medios acuáticos no perturbados de condiciones ambientales similares suelen encontrarse abundancias y diversidades biológicas mucho más relevantes que las detectadas tanto en la laguna como, sobre todo, en la charca. Éste es un factor a tener en cuenta a la hora de analizar el estado de conservación del medio desde el punto de vista de la herpetofauna, ya que son bioindicadores muy fiables. La baja densidad puede deberse a que el medio está perturbado por diversas razones. La más importante

sería la modificación de las relaciones tróficas por la introducción de especies alóctonas de peces, como por ejemplo la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), el black-bass (*Micropterus salmoides*) o la gambusia (*Gambusia holbrooki*). Dichas especies pueden competir por los mismos recursos que explotan las larvas y adultos de anfibios e incluso depredar sobre las puestas, larvas y juveniles de éstos.

Debido también a que cualquier estudio exhaustivo de las poblaciones de anfibios y reptiles requiere un periodo mínimo de tres años, no se puede ser categórico en las conclusiones que indican que la comunidad herpetológica del Arquillo está deteriorada por la perturbación humana. No obstante, un estudio como el presente, de un año de duración y que comprende muestreos en todas las épocas del ciclo hidrológico, es bastante representativo e indicativo y puede generar conclusiones válidas sobre el estado de conservación del medio.

En el caso de los reptiles, y a diferencia de lo mencionado para los anfibios, el Complejo Lagunar del Arquillo presenta un amplio número de especies, con elevada densidad de individuos. Como especies fuertemente ligadas al humedal cabe destacar a colúbridos como la culebra de collar (*Natrix natrix*) y a la culebra viperina (*Natrix maura*) (foto 9), que se alimentan principalmente de peces pequeños (gambusias, colmillejas y crías de peces mayores) y de anfibios.

En los diferentes muestreos realizados con nasas se ha detectado una gran densidad de estos colúbridos, favorecida por el abundante alimento proporcionado sobre todo por la gambusia. La gran densidad de culebras puede propiciar una fuerte presión sobre los anfibios del medio, disminuyendo de forma notable la densidad tanto en la laguna principal como en la charca cercana. El equilibrio entre predador (culebras) y presas (gambusia, ranas y sapos) está descompensado por la introducción de una especie alóctona como es la gambusia (además de forma directa ya que las gambusias pueden depredar sobre las puestas de algunos anfibios). El hombre, al modificar las relaciones tróficas existentes en el ecosistema, ha podido desencadenar una perturbación de fatales consecuencias para las comunidades de anfibios del lugar, puesto que probablemente haya redundado en una pérdida tanto de diversidad como de riqueza. Esta afirmación no puede ser contrastada puesto que no se dispone de datos previos fidedignos sobre la dinámica trófica previa a la introducción especies foráneas.

Otro reptil de importancia del que se tiene constancia de su presencia en el medio es el galápago leproso (*Mauremys leprosa*), especie de emídido que tiene un amplio rango de tolerancia en calidad de agua.



Foto 9. Cabeza de una culebra viperina (*Natrix maura*) en el Complejo Lagunar del Arquillo.

No ligados a la masa de agua en sí, pero dependientes del complejo lagunar, en lo que se refiere a relaciones de tipo trófico, e influidos por las especiales características físicas y biológicas del mismo, aparecen otras especies de reptiles. Entre ellas destaca el lagarto ocelado (*Lacerta lepida*), reptil protegido estrictamente por la ley, que puede encontrarse en toda la región, y que en El Arquillo, de forma excepcional, habita uras muy cercanas al agua. También se encuentran en los alrededores lacértidos como la lagartija colilarga (*Psammudromus algirus*), la lagartija cenicienta (*Psammudromus hispanicus*) y la lagartija ibérica (*Podarcis hispanica*), además de otro colúbrido como la culebra de escalera (*Elaphe scalaris*).

#### 4.9.3. *Aves*

A pesar de la elevada importancia que presentan los humedales de Castilla-La Mancha para la avifauna acuática, la Laguna del Arquillo no destaca por su riqueza ornitológica. Sin embargo no deja de tener una representación de la avifauna característica de estos medios.

Se recogen únicamente las especies de aves cuya presencia se relaciona directamente con la existencia de un cuerpo de agua, las denominadas acuáticas o palustres. Sin embargo en el anexo 6 se recogen todas las especies que fue posible detectar en el complejo lagunar y sus alrededores, con lo que se incluyen otras especies que no dependen del agua.

La Laguna del Arquillo es pobre en aves acuáticas; sus pequeñas dimensiones y, principalmente, la fuerte pendiente de las orillas de la misma la convierten en un humedal poco apropiado para acoger importantes poblaciones de acuáticas. Anátidas, limícolas y garzas encuentran en este complejo pocos lugares adecuados para su alimentación y reproducción.

Del grupo de las anátidas sólo encontramos al Ánade Azulón (*Anas platyrhynchos*), que utiliza la laguna para descansar y protegerse durante el día y la abandona para alimentarse en otros puntos durante la noche.

La población piscícola de la laguna atrae alguna Garza Real (*Ardea cinerea*), pero, de nuevo, la ya mentada morfología de la laguna es inadecuada para los modos de alimentación de este ave. Tanto limícolas como garzas precisan de zonas húmedas con poca profundidad para alimentarse, con lo que prefieren lugares de orillas poco pendientes y abiertas. A pesar de ello se puede observar de forma esporádica al Andarríos Chico (*Actitis hypoleucos*), alimentándose en las orillas.

El Complejo Lagunar del Arquillo se muestra como un lugar de gran importancia para rálidos y paseriformes palustres, que se alojan en el amplio carrizal que ocupa las riberas y la llanura de inundación. Las especies de estos dos grupos se alimentan y reproducen en estas zonas, donde habitan durante todo el año. Especialmente interesantes son las poblaciones de rálidos, dentro de las cuales encontramos a la Gallineta Común (*Gallinula chloropus*) y al Rascón Europeo (*Rallus aquaticus*).

Como paseriformes palustres destacan el Carricero Común (*Acrocephalus scirpaceus*), el Carricero Tordal (*Acrocephalus arundinaceus*) y el Buitrón (*Cisticola juncidis*). Estos tres pájaros habitan en zonas de carrizal, ya que construyen sus nidos entre los tallos del carrizo utilizando hojas del mismo. Los carriceros están presentes en la laguna durante la época estival, pues sus cuarteles de invernada se sitúan en África.

En las orillas más despejadas del humedal no es extraño divisar la Lavandera Blanca (*Motacilla alba* ssp. *alba*) y la Lavandera Cascadeña (*Motacilla cinerea*), que se alimentan buscando insectos en las orillas.

Entre las rapaces asociadas a medios acuáticos se observa raramente el Aguilucho Lagunero (*Circus aeruginosus*), atraído por el extenso carrizal de la llanura de inundación que crece cerca de la laguna prin-

cipal. Pero el enclave es demasiado pequeño como para que se asiente de forma permanente en el área.

Asociados al bosque de ribera existente aguas arriba y abajo de la laguna se observan Martín Pescador (*Alcedo atthis*) y Oropéndola (*Oriolus oriolus*), que a menudo sobrevuelan la laguna en sus movimientos en busca de alimento.

A pesar de que no se trata de especies ligadas al agua, cabe mencionar las grandes concentraciones de Vencejo Común (*Apus apus*) y Vencejo Real (*Apus melba*), que se juntan en la laguna para beber. La fisonomía de estas especies les impide posarse con facilidad en el suelo, con lo que, para poder beber, realizan vuelos rasantes sobre la superficie del agua. La Laguna del Arquillo se muestra como un lugar ideal, amplio y abierto, para realizar dichos vuelos.

Se ha podido detectar además una gran cantidad de especies en las formaciones vegetales que rodean el complejo, pero que no dependen de la presencia de un medio acuático. Dentro de este grupo encontramos perdices, codornices, lechuza común, búho real, chotacabras pardo, abejaruco común, además de muchas especies de paseriformes.

#### 4.9.4. *Mamíferos*

Entre los mamíferos que utilizan la laguna es destacable únicamente la presencia de la Rata de Agua (*Arvicola sapidus*) que como su propio nombre indica, es un mamífero que vive preferentemente junto a cursos de agua o lagunas. Es un excelente nadador activo durante todo el día. Se le puede observar nadando junto a la orillas o correteando por los senderos y túneles que horada entre la vegetación de la ribera de la laguna. En las orillas, aprovechando la línea de borde de la corriente y la oscilación de nivel, horada la tierra haciendo pasadizos paralelos a la orilla. Sus madrigueras disponen siempre de una salida subterránea. Se alimenta principalmente de las eneas, carrizos y juncos que crecen en el humedal (Castells & Mayo, 1993).

En este trabajo no se ha constatado la presencia de otros mamíferos que dependan directamente de la laguna. Existe sin embargo alguna observación de Nutria (*Lutra lutra*) en el área del complejo lagunar (Domingo Blanco, coms. pers.), aunque posiblemente se trata de un individuo accidental en la zona. Las características del Arquillo, con un gran aislamiento respecto de otras zonas húmedas y una fuerte antropización del medio circundante, convierten el enclave en un lugar poco propicio

para la supervivencia de la nutria, especie que precisa de un medio poco alterado.

También hay que mencionar la gran cantidad de especies de mamíferos que se acercan hasta las orillas de la laguna, en sus puntos más accesibles, para beber. Tal es el caso del ganado, jabalíes, zorros, ciervos, además de gran cantidad de micromamíferos, como ratones de campo, topos y topillos.

## **5. CONSERVACIÓN Y GESTIÓN DEL COMPLEJO LAGUNAR**





Los humedales de la provincia de Albacete se encuentran seriamente amenazados y han sufrido una alarmante disminución debido a desecaciones y otros impactos producidos por el hombre. Considerándose desde hace mucho como zonas insalubres, los humedales y lagunas han sido diezmados en las últimas décadas.

Actualmente la manera de pensar ha cambiado y este tipo de hábitats ha pasado a considerarse como ecosistemas de un gran valor ecológico. Además las zonas húmedas manchegas han sido reconocidas como de gran importancia por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), dentro de su Catálogo de Zonas Húmedas de Importancia Internacional como hábitats de aves acuáticas, con lo que su conservación se hace precisa.

El Complejo Lagunar del Arquillo se recoge en las “Fichas técnicas de los humedales de la cuenca del Júcar” (Confederación Hidrográfica del Júcar, 1995) como un humedal bien conservado, con comunidades vegetales maduras pero considerado únicamente como de importancia local, aunque cumple con los criterios para su inclusión en la Lista ZEIC (“Zonas de Especial Importancia para su Conservación”). Sin embargo, en el “Inventario de lagos y humedales españoles” (Montes, 1997b) es calificado de “Importancia Nacional”. Recientemente ha sido incluido dentro del Plan Integral de Cuenca de Restauración Hidrológica Ambiental, cuyos principales objetivos son la recuperación, protección y mejora de los humedales, y la realización de actividades específicas en las zonas singulares de alto valor ecológico.

En la actualidad el Complejo Lagunar del Arquillo no está reconocido por ninguna de las figuras de protección de la naturaleza o como

espacio natural protegido, de manera que carece de gestión propia, como debería tener un enclave de sus características.

Según Herreros Ruiz (1987), a pesar de que la Laguna del Arquillo no destaca por su avifauna entre los otros humedales manchegos, merece ser protegida con la categoría de “Espacio Natural de Protección Especial”.

## 5.1. El Hombre y el Medio Natural

El estado de conservación del Complejo Lagunar del Arquillo es bueno comparado con la situación de otros humedales manchegos. Sin embargo requiere cada vez más una gestión integrada de sus recursos, para evitar los impactos que puedan afectarlo en el futuro.

Actualmente se producen algunas agresiones debidas al hombre que podrían hacer peligrar en el futuro su integridad. Entre los impactos que se producen en el complejo, hay que incluir aquellos que lo afectan directamente, además de los que afectan a su cuenca de drenaje, ya que, como en todo sistema acuático, los cambios que se desarrollen en la cuenca del río Arquillo van a repercutir en mayor o menor medida sobre el complejo lagunar. Se hace especial hincapié en aquellas actividades que se llevan a cabo en la laguna o sus cercanías, ya que son las que más intensa y rápidamente van a afectar la integridad del ecosistema acuático.

### 5.1.1. *Actividades de Ocio y Recreativas*

Hasta hace un par de décadas este complejo era totalmente desconocido para el público en general, y sólo era visitado por algunos habitantes de la zona que tenían conocimientos de las características del lugar: tranquilo, relajado y un buen sitio para bañarse y pasar el día. Desde hace unos pocos años, tal vez por la necesidad de la sociedad moderna de buscar nuevos lugares de esparcimiento y ocio, este lugar se ha dado a conocer, lo que ha conllevado una gran afluencia de personas, de los alrededores y de la cercana ciudad de Albacete, especialmente los fines de semana y en épocas de vacaciones.

Hoy en día son muy diversos los motivos que mueven a la gente a visitar la zona, muchos de ellos pasando desapercibidos para el medio y otros dejando en mayor o menor medida algún tipo de huella o impacto con muy diversas consecuencias sobre el sistema. Las principales activi-

dades que pueden presentar influencias negativas en la zona son la acampada, el picnic, la pesca y el baño.

Hasta hace poco tiempo estaba permitida la acampada en todo el área que rodea el complejo. Se permitía incluso la disposición de las tiendas de campaña al mismo borde de la laguna. No era rara la presencia de hasta doscientas personas un mismo día en períodos vacacionales o durante fines de semana. Desde que dicha actividad fue prohibida y controlada, el número de personas que acuden a la laguna los fines de semana ha disminuido fuertemente, y el turismo se ha concentrado en “turismo de un día”, que visita o almuerza en la laguna, pero que la abandona durante la noche.

Las principales consecuencias que pueden derivarse de un exceso de turismo son muy variadas y se exponen a continuación. Sin embargo, el Complejo Lagunar del Arquillo presenta una menor presión turística que el cercano complejo de Ruidera, cuya belleza y espectacularidad son admiradas por centenas de visitantes, sufriendo un impacto mucho mayor.

#### 5.1.1.1. *Picnic*

La presencia de un elevado número de personas en el enclave tiene un fuerte impacto negativo. El primer problema que se presenta es un exceso de personas moviéndose y circulando por el mismo y reducido lugar, en este caso los alrededores del complejo lagunar. El pisoteo constante produce una regresión de la cubierta vegetal e impide su regeneración. El suelo queda sin protección y es mucho más sensible a procesos de erosión y degradación.

Otro efecto que produce el turismo es un aporte de nutrientes (fósforo y nitrógeno) a las aguas de la laguna. Principalmente el fósforo es introducido en el medio en actividades como el lavado de utensilios de camping o en el propio baño de las personas. Sin embargo, debido a la alta tasa de renovación del sistema, el exceso de nutrientes es arrastrado rápidamente aguas abajo. De manera natural el sistema acuático es capaz de evitar los posibles problemas de eutrofización originados por el hombre.

Por otro lado, debido al poco respeto que desgraciadamente se tiene aún por la naturaleza es frecuente el acúmulo de basuras orgánicas e inorgánicas en épocas de máxima afluencia. Víctimas de esta acción son principalmente los bordes de los caminos y sendas, así como las zonas de aparcamiento o los lugares preferidos para comer. Entre los productos desechados por el hombre hay muchos que son potencialmente contami-

nantes. Tal es el caso de objetos metálicos (latas de conserva, latas de bebida, papel de aluminio, etc.) al no ser biodegradables. Es frecuente que además la basura sea arrastrada por el viento o el agua y acabe depositándose en la laguna, acumulándose en el fondo una gran cantidad de materiales artificiales.

Un turismo poco respetuoso con el medio provoca además un fuerte impacto negativo en las comunidades que habitan en él, tanto vegetales como animales. El ruido y la presencia de los seres humanos asusta a los animales, mientras que el tránsito y el baño, afectan a la vegetación marginal y acuática respectivamente.

#### 5.1.1.2. *Baño*

En la laguna está autorizado el baño, que a pequeña escala carece de impacto importante, pero cuando el número de personas que lo realizan es elevado, las consecuencias negativas son variadas.

El impacto más importante es la destrucción de los hábitats bentónicos litorales. Tanto las comunidades animales como las vegetales son afectadas por la removilización del sustrato. La vegetación marginal es destruida en aquellos puntos donde las personas se introducen a la laguna, con la consecuente desaparición de sus comunidades animales asociadas.

#### 5.1.1.3. *Tránsito de vehículos*

Al impacto de las personas hay que sumarle el producido por el tránsito de vehículos en las zonas cercanas al humedal. De gran importancia es también el impacto que se produce cuando los vehículos abandonan los viales por los que deben circular, para transitar por zonas cubiertas de vegetación. El efecto que producen degrada rápidamente la cubierta vegetal, la cual además no puede regenerarse, porque incluso el sustrato en el que se asienta ha sido alterado. Acompañando este proceso le sigue un aumento de la erosión por falta de la protección vegetal.

#### 5.1.2. *Actividades Agrícolas y Ganaderas*

Gran parte de la cuenca del río Arquillo ha sido transformada en cultivos, sobre todo en la parte alta de la misma. Un problema que puede

causar el desarrollo de la agricultura en esa zona es un excesivo aporte al sistema fluvial de diversos productos utilizados en los campos (abonos, pesticidas, herbicidas, etc.). De esta manera, la mayor concentración de compuestos nitrogenados encontrados en las aguas subterráneas, puede deberse a este aporte, originando una contaminación difusa en el acuífero local.

Sin embargo, el nivel de nutrientes actual en la red hidrológica, por aportes procedentes de los abonos o del ganado, no supone un impacto importante en la Laguna del Arquillo, por su elevada tasa de renovación.

### 5.1.3. *Actividades Pesqueras*

La ictiofauna del Complejo Lagunar del Arquillo es uno de los principales valores naturales que atraen a sus visitantes, en su mayoría de los núcleos de población vecinos. Tradicionalmente esta actividad ha supuesto, como en muchos otros enclaves de nuestro país, la modificación sustancial de las comunidades de peces. En este sentido, el Complejo Lagunar del Arquillo no es una excepción a la regla general, puesto que presenta los impactos derivados de la intensa actividad pesquera que alberga a lo largo de todo el año.

Toda la laguna se encuentra rodeada de senderos de pescadores que permiten el acceso hasta el agua. Esos senderos son aprovechados por los turistas con el consabido impacto que supone el paso excesivo de personas por un mismo lugar pero incrementado, ya que acceden a lugares de gran importancia para la fauna como son los carrizales.

El principal impacto que ha producido la pesca en el complejo ha sido la transformación de la ictiofauna por la introducción de especies alóctonas, que han alterado las comunidades de peces que existían en la misma. Dicha introducción se produce de dos maneras: por la suelta de especies de peces típicas para ser pescadas, como es el caso de la trucha arcoiris, o por la escapada no premeditada de peces utilizados como cebo para la pesca de otros de mayor tamaño. En ambos casos las nuevas especies pueden desplazar a las ya existentes en la laguna, por competición o depredación. Se produce un cambio en la cadena trófica, ya que los requerimientos nutricionales de las especies alóctonas son distintos y pueden crear presión a otros organismos que antes no se veían afectados.

Al mismo tiempo el fomento de la pesca favorece la sobreexplotación del recurso pesquero, lo que afecta no solamente a las poblaciones introducidas sino también a las naturales.

La reintroducción de especies autóctonas procedentes de otras poblaciones, como se ha producido con la trucha de río, origina problemas de contaminación genética, cuyas consecuencias son la pérdida de la diversidad genética en las poblaciones locales e incluso la desaparición de los genotipos autóctonos de esas poblaciones.

#### 5.1.4. *Otras Actividades*

##### 5.1.4.1. *Quema de la vegetación*

La quema de las comunidades vegetales que rodean la laguna y la charca del Arquillo, principalmente carrizo, se lleva a cabo de forma incontrolada (foto 10). Esta actividad se realiza, fundamentalmente, para favorecer el paso hasta la orilla de la laguna. Se viene haciendo tradicionalmente en muchos humedales españoles, primero por parte de los pescadores que así renuevan y mejoran sus puestos de pesca y, segundo, por parte de los ganaderos que facilitan así el acceso del ganado a la masa de agua en la que beben.



Foto 10. Incendio intencionado del carrizal que rodea la Laguna del Arquillo (9 de marzo de 1997).

Al mismo tiempo los brotes tiernos del carrizo suponen una fuente de alimento muy nutritiva para el ganado, con lo que en ocasiones la quema de los carrizales, se realiza con este fin.

#### 5.1.4.2. *Modificación del litoral de la charca y encauzamiento del río*

En la actualidad, los márgenes de la charca y del río Arquillo se encuentran modificados por la mano del hombre. El levantamiento del borde de la charca a modo de dique por encima del nivel de superficie de la llanura de inundación, se ha llevado a cabo en todo su perímetro salvo la zona sur. Esta acción, posiblemente realizada al excavar la charca con fines ganaderos, ha limitado de forma precisa el humedal, además de aumentar su profundidad y, por lo tanto, la permanencia a lo largo del año de la lámina de agua.

El cauce del río Arquillo también ha sido canalizado de manera artificial, aproximadamente unos cincuenta metros antes de su entrada a la laguna principal del complejo. Los márgenes presentan también aspecto de dique, que impide o limita el desbordamiento del río a la llanura de inundación en épocas de muchas lluvias.

## 5.2. El Arquillo como Enclave Turístico

La singularidad paisajística del Complejo Lagunar del Arquillo y la arraigada costumbre de los pobladores de la zona de practicar en el entorno próximo de la laguna deportes como la pesca y otras actividades recreativas tales como el baño, hacen que este paraje absorba cantidades nada desdeñables de visitantes, principalmente coincidiendo con épocas veraniegas y festivas. Esta afluencia tiene repercusiones importantes en aspectos de conservación, por lo que este tipo de información es imprescindible a la hora del buen diseño de planes de gestión y de conservación de espacios naturales y es la base para la aplicación de los criterios científicos que han de guiar los planes de actuación.

Una primera aproximación permite tipificar al visitante medio que acude a la laguna, así como conocer sus preferencias, actitudes y valoraciones con respecto al medio.

Mayoritariamente, las personas acuden a la Laguna del Arquillo en grupos familiares numerosos, de cinco a ocho personas, para realizar actividades de ocio y recreativas, entre las que destaca el picnic y el baño.

Estas actividades están muy focalizadas en los meses de verano y coincidiendo con la época vacacional. La inmensa mayoría de los que llegan al Arquillo lo hacen desde núcleos poblacionales cercanos, en donde residen o en donde pasan sus vacaciones. El tiempo medio de permanencia en la laguna es de un día, generalmente durante el fin de semana.

Otra actividad que ocupa a gran parte de los visitantes es la pesca deportiva. Esta actividad no suele realizarse de forma simultánea con la de ocio, ya que los pescadores buscan la tranquilidad requerida para su actividad deportiva. Por lo tanto, la pesca se centra en otras fechas, también festivas generalmente, pero evitando los fines de semana y festivos muy señalados de la época estival, cuando el baño es la actividad principal.

Minoritariamene el Arquillo constituye un reclamo cultural, ya que es visitada por sus valores naturales e históricos. Este tipo de visitante suele permanecer poco tiempo ya que normalmente realiza un recorrido turístico para conocer pueblos, puntos de interés (pinturas rupestres del valle del Arquillo) y otros complejos lagunares cercanos, como son las lagunas de Ojos de Villaverde y Ruidera.

Hasta 1995, se practicaba masivamente la acampada en la zona, pero la política de control de esta actividad ha propiciado una notable mejora tanto en el estado de conservación del paraje como en la percepción y valoración que tiene el visitante del lugar, por no hallarse sobrepasada su capacidad de carga o de recepción. Al tratarse de un valle cerrado y al tener un foco de atención tan nítido como es la laguna, la percepción y valoración del lugar al llenarse de visitantes disminuye en calidad, llegando a un punto en el que no se concibe como una zona natural sino prácticamente como un parque urbano.

### **5.3. El Diagnóstico Ambiental del Complejo Lagunar del Arquillo**

Apoyándose en una base científica lógica mediante este estudio ecológico, donde quedan reflejadas los procesos e interacciones entre el medio natural de la zona y el humano, se ha dictaminado un diagnóstico ambiental del complejo y su cuenca, concretando los factores más relevantes que ocasionan los principales impactos y las consecuencias directas sobre el ecosistema. El grado de alteración de cada actividad es valorado objetivamente exponiéndose en el siguiente capítulo las posibles soluciones a estos problemas.



### 5.3.1. *Alteración de la Cubierta Vegetal*

La presión turística que afecta al complejo ha producido la degradación de las comunidades vegetales en ciertos puntos del mismo. Se ve afectada tanto la vegetación marginal, como las comunidades que rodean el medio acuático pero que no dependen de él. Cualquier acción que favorezca la destrucción de la cubierta vegetal, favorece el aumento de la erosión, ya que el suelo queda expuesto directamente a las inclemencias atmosféricas.

La zona más afectada y donde la cubierta vegetal presenta un elevado grado de regresión es en toda la superficie de la barrera travertínica, ya que se trata de la zona más transitada.

El principal impacto se debe al paso y estacionamiento de vehículos, ya que además de destruir la vegetación existente, apelmazan y compactan el terreno impidiendo el brote de las semillas y rizomas presentes en el suelo y dificultando su regeneración. Es frecuente ver que las huellas dejadas por los coches permanecen, sin regenerarse la vegetación durante mucho tiempo.

Más puntualmente, el tránsito de las personas en algunos puntos de la Laguna del Arquillo ha destruido la vegetación marginal, por lo que presentan una elevada erosión. En este sentido la actividad del baño ha sido la principal responsable, puesto que debido a la morfometría de la cubeta, solo existen unos pocos puntos hábiles para poder introducirse en el agua, todos ellos sobre la barra travertínica.

El impacto más importante sobre la vegetación lo supone la quema del carrizal de la llanura, que produce la destrucción de una gran superficie vegetal. Las comunidades animales, sobre todo las aves típicas de carrizales, como son carriceros, gallinetas y rascones, pierden el único lugar donde poder refugiarse. Al degradar el medio donde viven, las poblaciones se ven afectadas y hay que tener en cuenta que muchas de esas especies de aves están estrictamente protegidas por la ley.

Esta actividad perjudica fundamentalmente todo el área de la llanura de inundación, cuya vegetación debe regenerarse tras cada incendio. Tanto la charca como la laguna también son afectadas en gran medida, no tanto en el momento de producirse la quema sino, más bien, por los cambios que sufre *a posteriori*: aumento de la erosión, deposición de las cenizas, incremento del aporte de nutrientes y de la turbiedad, etc.

### 5.3.2. *Eutrofización*

Después de haber estudiado los diferentes indicadores del estado trófico del complejo lagunar (nutrientes y pigmentos fotosintéticos), podemos considerar el medio acuático de la laguna del Arquillo como oligomesotrófico.

En la actualidad no existen indicios de eutrofia, pero en esta situación un aumento del aporte de nutrientes en la cuenca podría desencadenar el proceso, si bien debido a la alta tasa de renovación que posee la laguna y la reserva alcalina, presenta una fuerte defensa frente a una tendencia a la eutrofización.

Las principales fuentes de nutrientes son: humanas, ganaderas y agrícolas, con lo que cabe actuar sobre aquéllas que son susceptibles de ser reguladas. En este sentido la prohibición de la acampada en la zona ha supuesto un paso muy importante en la gestión del enclave. La entrada de nutrientes aportada por las otras vías no parecen tener demasiada repercusión por el momento, pero en caso de que las actividades agrícolas y ganaderas aumentasen deberían ser controladas, para evitar posibles consecuencias.

### 5.3.3. *Alteración de los Regímenes Naturales de Inundación*

La modificación llevada a cabo en el cauce del río Arquillo ha supuesto un cambio en los regímenes de inundación que se producían de manera natural en la llanura. Mientras que antiguamente un ligero aumento en el caudal del agua anegaba el carrizal adyacente, en la actualidad sólo las grandes avenidas permiten su encharcamiento.

Así mismo, el actual volumen que puede embalsar la charca del Arquillo es tan elevado gracias a la excavación de su cubeta. El aumento de la profundidad de la charca ha permitido un aumento de la permanencia de la lámina de agua en la misma. El llenado de la charca depende de las lluvias, del nivel freático y del río Arquillo. Antes de la modificación de los márgenes, la charca recibiría agua del río en cada riada permitiendo una mayor tasa de renovación en la misma. Con el nuevo régimen se ha producido una alteración en la entrada natural de agua del río en la charca perifluvial, principalmente debido a la disminución de las inundaciones.

#### 5.3.4. *Contaminación Visual*

El complejo Lagunar del Arquillo es un punto donde acude gran cantidad de gente sobre todo los fines de semana. Lamentablemente es frecuente observar basuras dejadas por personas que ignoran los importantes valores ecológicos del entorno, y desconocen las graves consecuencias que su descuidada acción produce en el medio.

La naturaleza de las basuras es muy variada, pero predominan las originadas en las comidas (latas, vidrios, plásticos, papel de aluminio, etc.). Incluso a veces se observan bolsas de basura que han sido abandonadas, con la idea de que algún servicio de recogida de basuras se hará cargo de ellas.

La zona más afectada del complejo es la barrera travertínica, lugar preferido para establecerse por los visitantes, además de los bordes de los caminos y la chopera situada aguas abajo de la laguna, otro de los puntos preferidos por los turistas cuando el sol arrecia. En estos dos lugares, la barrera y la chopera, es frecuente encontrar restos de hogueras que no sólo afectan al medio visualmente, sino que pueden ser focos de incendios.

#### 5.3.5. *Introducción de Especies Alóctonas*

La introducción de especies alóctonas en la laguna es un hecho que se detecta en la presencia de gambusia, black-bass y trucha arcoiris. Se ha producido un cambio en la ictiofauna de manera que en la actualidad predominan las especies alóctonas, quedando las autóctonas en pequeños números o relegadas a determinadas zonas.

En el caso de la trucha arcoiris, al soportar un rango de condiciones más amplio, ha desplazado a la trucha de río autóctona, disminuyendo sus contingentes. En el complejo lagunar las amenazas potenciales para la trucha de río son la competencia con la trucha arcoiris, la sobreexplotación de sus poblaciones y la contaminación de las aguas, por ese orden de importancia. Al mismo tiempo, la reintroducción en la laguna de individuos de trucha de río procedentes de piscifactoría, origina una contaminación genética y una pérdida de diversidad de los genotipos de las poblaciones autóctonas.

El black-bass y la gambusia son especies depredadoras con un espectro alimenticio muy amplio, con lo que comen prácticamente de todo y han afectado a las comunidades de macroinvertebrados y anfibios. Además estas especies depredadoras exóticas suponen una amenaza para el barbo mediterráneo.

El cambio de la ictiofauna producido hace muchos años se presenta ahora como irreversible por varias razones. Primeramente se desconoce de la comunidad de peces que existía antes de la introducción. Es posible que algunas especies hayan desaparecido, pero no se tiene constancia de su existencia por falta de estudios anteriores. El retirar del complejo todos los contingentes de las especies alóctonas es prácticamente imposible, ya que, después de cierto tiempo, se han asentado y colonizado el ecosistema.

Actualmente intentar volver a la situación original de manera artificial (pesca de especies alóctonas e introducción de las autóctonas) provocaría de nuevo un cambio que alteraría una vez más el sistema. Por lo tanto, parece más lógico dejar que las comunidades de peces evolucionen sin más intervención humana. En este sentido habría que evitar en el futuro la suelta de peces en el complejo.

#### **5.4. Propuestas para la Gestión del Complejo Lagunar del Arquillo**

A continuación se exponen algunos aspectos de interés para la gestión del medio y para su preservación. Los siguientes aspectos deben ser considerados como una lista de actuaciones aconsejables a la hora de gestionar el enclave, y aunque no son acciones indispensables, sí son recomendables para poder mantener en el futuro los valores ecológicos del Complejo Lagunar del Arquillo.

##### **– Incremento del actual nivel de vigilancia**

En este sentido, debemos hacer mención al SEPRONA de la Guardia Civil y a los guardas forestales de los términos municipales circundantes, los cuales desempeñan meritorias labores de vigilancia en la Laguna del Arquillo. El servicio de guardería queda, sin embargo, escaso. Con ello se impide que determinadas acciones que deberían ser sancionadas, se desarrollen sin control. Las áreas de vigilancia deberían ser menos amplias, para ser cubiertas con la frecuencia e intensidad deseadas.

##### **– Control del número de visitantes en los momentos críticos de afluencia**

De forma gradual y continua, como se ha venido realizando en muchas áreas protegidas, es necesario ir estableciendo límites al número

de visitantes, al menos en las épocas de mayor afluencia. La necesidad de limitar el número de visitantes a cualquier espacio natural es siempre un aspecto delicado, no sólo porque puede resultar impopular y generar crispación en aquellas personas que se consideran perjudicadas por no poder visitar el enclave, sino porque también supone un mayor esfuerzo por parte de los gestores. Este esfuerzo se tiene que materializar en las infraestructuras (colocación de barreras, adecuación de zonas próximas para estacionar los vehículos, etc.) y en la vigilancia (guardias que orienten e informen a los transeúntes y penalicen a los infractores).

Por todo ello, somos conscientes de que ésta es una medida difícil de adoptar pero consideramos que redundaría muy beneficiosamente tanto en la “salud” del sistema como en la valoración y percepción del enclave, por cuanto reduciría la presión de las masificaciones estivales.

Durante la época reproductora de las aves sería recomendable controlar el tránsito de personas por el carrizal de la llanura de inundación, para evitar molestias en a las poblaciones de anátidas, rálidos y paseriformes palustres que crían en dicho lugar.

### – Limitación del acceso de vehículos a motor

Una de las principales causas que hacen que el Complejo Lagunar del Arquillo se haya mantenido preservado a lo largo de muchos años ha sido el hecho de que las comunicaciones terrestres no son de calidad, es decir, sólo llegan pistas forestales que no siempre se encuentran en buen estado. No obstante, se han venido mejorando estos accesos hasta el punto de que un turismo convencional puede, sin mayores esfuerzos, llegar hasta la orilla misma de la laguna.

Se recomienda la limitación del acceso de vehículos hasta el complejo lagunar, debido a que un excesivo tránsito favorece el aumento de la erosión en la zona.

La principal restricción se debe referir al paso y estacionamiento de vehículos de cualquier tipo sobre la barrera travertínica, debido a la fuerte degradación de la cubierta vegetal que conlleva esta acción. Hasta el momento dicha barrera ha actuado como zona de aparcamiento, ya que se sitúa a la entrada del complejo y tiene fácil acceso desde la pista.

Sería conveniente habilitar una zona de estacionamiento, posiblemente el algún punto donde la pista se ensancha aguas abajo del complejo, para impedir la llegada de vehículos hasta el mismo borde de la laguna. Con ello se eliminaría uno de los impactos más fuertes que sufre la barrera travertínica y se permitiría el desarrollo de su rala vegetación.



Foto 11. Pista forestal de acceso a la Laguna del Arquillo desde la localidad próxima de El Jardín. Instantánea tomada en marzo de 1997, cuando el río aumentó de caudal y rebasó la barrera travertínica, barriendo por completo el vial de acceso.

### – Disposición de paneles informativos

La colocación de paneles informativos en las principales entradas del complejo sería la mejor manera de poder informar a los visitantes acerca de la importancia del enclave que están visitando. En dichos paneles se comentarían las principales características morfológicas, físico-químicas y biológicas del Complejo Lagunar del Arquillo, así como las peculiaridades del mismo que le confieren importancia a escala nacional.

De especial relevancia es informar sobre la sensibilidad y fragilidad del ecosistema, instando a las personas a respetar el medio que les rodea y a cumplir las normas que rigen en el área.

### – Control de la calidad de las aguas

El actual estado oligomesotrófico de la laguna parece indicar su alta capacidad de tamponamiento frente a la entrada de nutrientes, pero no implica que en el futuro no se desarrollen posibles inicios de eutrofización. Se aconseja, por lo tanto, llevar a cabo un seguimiento periódico del estado trófico de las aguas, para mantener su calidad.

El reconocimiento limnológico tendría una periodicidad estacional como mínimo, haciendo un control más intenso (mensual) en época estival. Se analizarían, especialmente los nutrientes y pigmentos fotosintéticos, además de los parámetros limnológicos más comunes. Con ello se tendría también un seguimiento de la evolución del sistema.

### – Limpieza del enclave

Por la acumulación de basuras que se produce frecuentemente tras una fuerte afluencia de turistas, es preciso la realización de limpiezas periódicas en el entorno del complejo lagunar, para retirar del medio una gran masa de elementos potencialmente contaminantes. Al recoger las basuras de las orillas habría que poner especial atención para no alterar las comunidades marginales.

Sería recomendable un mayor control de los visitantes por la guardería para evitar que se arrojen basuras y especialmente al interior de la laguna. La profundidad de la misma impide ver si en el fondo existe o no un acúmulo importante de basura. Pero teniendo en cuenta el estado del medio que la rodea, es de suponer que la laguna actúa como un sumidero donde las basuras se pierden de vista. Una eventual retirada de basura del fondo de la laguna debe, en su caso, realizarse sin dra-

gados ni técnicas que remuevan el sustrato, sino manualmente y pudiendo limitarse sólo a los elementos de mayor tamaño o más contaminantes.

Con el fin de evitar la presencia de basuras en el medio, se podría animar a la gente en los paneles informativos, a que guarden sus residuos cuando visitan el enclave y los arrojen en los contenedores de los pueblos cercanos, explicando también los riesgos que producen las basuras en el medio.

### – Control de la introducción de especies alóctonas

En el futuro la suelta de especies de peces en el complejo debe regularse estrictamente y se debe evitar la introducción de especies alóctonas que modifican las interacciones existentes en el sistema. La suelta de trucha arcoiris no debe volver a realizarse a pesar de su interés pesquero, por las influencias negativas que ejerce sobre la trucha de río.

La eliminación de las especies alóctonas que se han adaptado al complejo es muy difícil, con lo que actualmente sólo cabe regular la entrada en el futuro de estas especies, evitando cualquier suelta o escape siempre que sea posible.

La repoblación de trucha de río tampoco debería realizarse, por los problemas que conlleva de contaminación genética. Sin embargo, en caso de llevarse a cabo, es preciso repoblar con poblaciones genéticamente similares a las de la zona.

### – Restauración de los márgenes de la charca y el río

Con la recuperación de los antiguos márgenes de la charca y el río se pretende restaurar el original régimen de inundación existente en el complejo lagunar. La recuperación consistiría en la modificación de la orilla de la charca, aplanando el actual perfil de la misma, basándose en el perfil sin alterar de la zona sur. Los diques artificiales que canalizan el actual curso del río Arquillo, se eliminarían de manera similar para evitar la retención artificial de las aguas.

Cualquier tipo de acción que se lleve a cabo en el complejo, para este tipo de restauración, debe realizarse con la mínima alteración del medio acuático y utilizando maquinaria que no produzca serios daños en la vegetación marginal, para que pueda regenerarse rápidamente.

Al mismo tiempo sería posible la repoblación de las orillas, tanto de la charca como del río, con especies autóctonas típicas de la vegetación de ribera de la zona, principalmente sauces (*Salix purpurea* y *S. alba*). Con



ello se recuperaría la vegetación ribereña, aumentando la diversidad de hábitats en las orillas y creando nuevos refugios para la fauna asociada al complejo lagunar.

### **– Potenciar los valores ecológicos y culturales**

Este complejo de peculiares características en el ámbito nacional, es un excelente marco de posibilidades culturales, científicas y educativas, que hasta ahora ha sido poco aprovechado. La difusión de los valores del lugar, bien a través de los paneles informativos o de otros medios de comunicación, permitiría que la gente valorase el enclave por sus características ecológicas y no como simple lugar de recreo.

### **– Difusión de las medidas adoptadas**

Teniendo en cuenta que algunas de las acciones propuestas en la gestión del complejo, pueden conllevar una respuesta inicial negativa por parte del público, es indispensable y recomendable explicar en los paneles o carteles informativos la razón de las actuaciones llevadas a cabo en el enclave para evitar su degradación. Debe explicarse cómo afectan al medio acuático y terrestre las actividades humanas en la zona.

Deben recalcar las prohibiciones de acampar, hacer fuego, utilizar detergentes y jabones, quemar el carrizo, aparcar fuera de los lugares permitidos, tirar basuras y otras acciones que no estén permitidas en el paraje.



## **6. CONCLUSIONES**



El Complejo Lagunar del Arquillo es una zona húmeda albaceten- se que posee unos importantes valores ecológicos y culturales por lo que debería gestionarse adecuadamente para impedir su deterioro.

La documentación bibliográfica existente referente al área y en concreto al medio acuático lagunar, es muy reducida y trata de aspectos muy puntuales. Se necesitaba, por lo tanto, un estudio global del sistema para conocer su estructura y funcionamiento.

De las cuatro unidades macroambientales que conforman el complejo, la Laguna del Arquillo se muestra como la más característica, debido a su origen kárstico-fluvial, destacando su represamiento travertínico. Solo cuatro humedales en España presentan un origen similar lo que le confiere importancia a escala nacional.

La laguna presenta una cubeta con forma de “bañera”, de orillas muy pendientes y una profundidad máxima de ocho metros. Dicha morfología determina la distribución de las comunidades vegetales acuáticas y bentónicas litorales.

Las características químicas del complejo son las propias de un medio asentado sobre un sustrato de calizas y dolomías. Son aguas bicarbonatadas cálcicas con un elevado porcentaje de magnesio, un pH ligeramente básico y una alta alcalinidad que condiciona la elevada capacidad de tamponamiento de las aguas. Los niveles de oxígeno disuelto son elevados durante todo el año permitiendo una oxidación óptima de la materia orgánica sedimentada y el desarrollo de los organismos en el medio.

La laguna presenta un estado trófico de oligo-mesotrofia. El nivel de agua permanece estable a lo largo de todo el año. El pequeño volumen de la laguna y la entrada y salida de agua constantes generan una elevada tasa de renovación. El agua permanece en la laguna entre una y dos sema-

nas, dependiendo de la época del año. Esto favorece una rápida recuperación de las características del medio acuático en caso de que sufra una perturbación puntual importante y palia los efectos negativos del incremento de nutrientes en la misma.

En la Laguna del Arquillo no se produce una clara estratificación estival. La morfometría de la laguna, la elevada tasa de renovación y los fuertes vientos que se encajan en el valle del Arquillo son determinantes en este fenómeno. La laguna permanece en constante homogeneización durante todo el ciclo hidrológico, y sus características físico-químicas no difieren a lo largo de la columna de agua y de la superficie de la laguna.

La charca se muestra como un medio muy diferente a la laguna, más variable y heterogéneo en sus condiciones físico-químicas. Las principales causas son: su menor profundidad y volumen que favorecen una mayor tasa de evaporación, la importante pradera de macrófitos que cubre el humedal, dando una gran diversidad de hábitats y la reducida tasa de renovación, ya que solo se conecta con el sistema fluvial en épocas de crecidas.

La llanura de inundación, colonizada por un extenso carrizal, constituye un elemento destacable de refugio para las comunidades animales, principalmente aves, que se hallan en la zona.

Uno de los principales valores del complejo es la vegetación acuática. Aunque las especies que en él aparecen presentan una distribución amplia, la existencia de *Potamogeton lucens* y poblaciones bien establecidas de *Nuphar luteum* resaltan la importancia de este humedal. La comunidad de macroinvertebrados que habita en el complejo presenta una elevada riqueza, favorecida por la existencia de ambientes lóticos y lentíticos.

El Complejo Lagunar del Arquillo se encuentra en un buen estado de conservación, tanto del propio medio acuático como del medio terrestre que le rodea, posiblemente debido a su relativo aislamiento, difícil acceso y desconocimiento de su existencia.

El principal uso público que se le da a la laguna es recreativo y está protagonizado por los habitantes de las localidades cercanas. Las actividades preferidas son el picnic, el baño y la pesca, que conllevan ciertos impactos directos e indirectos sobre el complejo: degradación de la vegetación marginal, aporte de nutrientes, acumulación de basuras, introducción de especies de peces alóctonas, etc.

El incremento de las actividades de ocio en la zona durante la última década hace necesario establecer un plan de control de los visitantes, complementado por un sistema informativo eficaz al público de las razones de las medidas adoptadas para la conservación del medio.

El plan de gestión del Complejo Lagunar del Arquillo debe ir encaminado a detener los problemas existentes por el turismo, así como a evitar que amenazas potenciales que aún no afectan al complejo pero que pueden dañarlo en el futuro. No sólo se debe gestionar el complejo lagunar y su entorno más inmediato, sino también hay que regular las actividades que se producen en su cuenca de drenaje, ya que, de un modo u otro, pueden afectar al medio acuático.

Entre las medidas principales a adoptar para la consecución de estos objetivos están: control de visitantes en épocas de especial afluencia, control del acceso de vehículos hasta el complejo, colocación de paneles informativos, control periódico de la calidad de las aguas, recuperación de los márgenes de la charca y el río, control de la introducción de especies alóctonas y realización de campañas de limpieza del entorno lagunar.

El Complejo Lagunar del Arquillo es un ecosistema único en la provincia de Albacete, ofreciendo la posibilidad de llevar a cabo actividades culturales, científicas y educativas, poco desarrolladas hasta el momento.





## **7. BIBLIOGRAFÍA**



## 7.1. Bibliografía Citada

Almarza, C. 1984. *Fichas hídricas normalizadas y otros parámetros hidrometeorológicos*. Tomo 2. Instituto Nacional de Meteorología. Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones. Madrid. 434 pp.

APHA-AWWA-WPCF 1992. *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Edición española. Ed. Díaz de Santos.

Blanco, J.C. & González, J.L. 1992. *Libro Rojo de los Vertebrados de España*. Colección técnica. ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

Castells, A. & Mayo, M. 1993. *Guía de los mamíferos en libertad de España y Portugal*. Ed. Pirámide. Madrid.

Cirujano, S. 1990. *Flora y vegetación de las lagunas y humedales de la provincia de Albacete*. Instituto de Estudios Albacetenses. CSIC. Albacete. 144 pp.

Cirujano, S.; Montes, C. & García, Ll. 1988. Los humedales de la Provincia de Albacete. Una panorámica general. *Al-basit*, 24: 77-95.

Confederación Hidrográfica del Júcar 1995. *Fichas técnicas de los humedales de la cuenca del Júcar. Proyecto de catalogación para la inclusión en listas ZEIC*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.

Diputación de Albacete 1994. *Informe sobre las actuaciones y pruebas realizadas en la zona "El Robledo-Fuente de El Horcajo". T. M. de Alcaraz*. Departamento de Hidrología de la Diputación de Albacete. Albacete.

Ferreras, C. & Arozena, M.E. 1987. *Guía física de España. 2. Los Bosques*. Alianza Editorial. Madrid.

Gómez Caruana, F. & Díaz Luna, J.L. 1991. *Guía de los peces continentales de la Península Ibérica*. Libros Penthalon. Colección El Búho Viajero.

González Beserán, J.L.; González Paterna, L.J. & Mujeriego Botella, F.L. 1991. *Introducción a la ecología de la Laguna de Ojos de Villaverde*. Instituto de Estudios Albacetenses. Diputación Provincial de Albacete. C.S.I.C. Confederación Española de Centros de Estudios Locales.

Hakanson, L. 1981. *A manual of lake morphometry*. Springer-Verlag. Berlín, Heidenberg, New York. 78 pp.

Herreros Ruiz, J.A. 1987. *Introducción al estudio de las zonas húmedas de la provincia de Albacete y su avifauna acuática*. Instituto de Estudios Albacetenses. C.S.I.C. Confederación Española de Estudios Locales. Serie II- Ensayos Históricos y Científicos. Número 29. Albacete. 149 pp.

Herreros Ruiz, J.A. 1991. *Guía de los humedales de la provincia de Albacete*. El Bullicio Prodigioso. Diputación de Albacete.

Hutchinson, G.E. 1957. *A treatise on Limnology. I. Geography, Physics and Chemistry*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 1015 pp.

IGME 1979. *Mapa geológico de España*. Escala 1:50.000. Hoja 815 (El Robledo). 2ª serie, 1ª edición. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. Madrid.

IGME 1985. *Síntesis hidrogeológica de Castilla-La Mancha*. Colección Informe. Memoria y cartografía. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Ministerio de Industria y Energía. 107 pp.

Jerez, L. 1982. Unidades geológicas representadas en Albacete en su relación con el relieve provincial. *II Seminario de Geografía*. Albacete: 23-60.

López-Buendía, A.M.; Arco, A.J. & Gómez-Ortega, J.M. 1994. Lagunas de cierre travertínico en la Serranía de Cuenca. Lagunas de Uña y El Marquesado. *Simposium sobre los Ecosistemas Acuáticos de Castilla-La Mancha. Libro de Resúmenes*. Asociación Española de Limnología y Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Cuenca.

López González, G. 1982. *La guía de Incafo de los árboles y arbustos de la Península Ibérica*. Ed. Incafo. Madrid.

Margalef, R. 1983. *Limnología*. Editorial Omega. Barcelona.

Millán, A.; Moreno, J.L.; Velasco, J.; Vidal-Abarca, M.R.; Suárez, M.L.; Gómez, R.; Miñano, J.; Guerrero, C.; Perán, A.; Martínez, B.; Sánchez, I.; Prado, M. & Ramírez, L. 1996. *Coleópteros y heterópteros acuáticos del Complejo Lagunar del Río Arquillo*. Grupo de Ecología de Aguas Continentales. Dpto. de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia. Informe para el Instituto de Estudios Albacetenses. Diputación de Albacete.

Montes, C. (coord.) 1997a. *Proyectos de apoyo técnico a los planes hidrológicos de cuenca en aspectos relacionados con zonas húmedas. Modelos y planes de actuación y gestión*. INIMA. Dirección General de Obras Hidráulicas. Secretaría de Estado de Política Territorial y Obras Públicas. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.

Montes, C. (coord.) 1997b. *Inventario de lagos y humedales españoles*. INIA.

Morguí, J.A.; Armengol, J. & Riera, J.L. 1990. Evaluación limnológica de los embalses españoles: composición iónica y nutrientes. *Comunicaciones a las III Jornadas Españolas de Presas*, pp: 652-668. Comité Nacional de Grandes Presas. Barcelona.

Pardo, L. 1948. *Catálogo de los Lagos de España*. Ministerio de Agricultura. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid.

Peinado Lorca, M. & Martínez Parras, J.M. 1985. *El paisaje vegetal de Castilla-La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Monografías 2.

Rico, E.; Chicote, A.; González, M.E. & Montes, C. 1995. Batimetría y análisis morfométrico del Lago de Arreo (N. España). *Limnetica*, 11: 55-58.

Ryding, S.O. & Rast, W. (eds.) 1989. *The control of eutrophication of lakes and reservoirs*. Volumen 1. Series Man & Biosphere (MAB). The Parthenon Publishing Group. International Publishers in Science, Technology & Education. París.

Wetzel, R. 1981. *Limnología*. Ed. Omega. Barcelona.

## 7.2. Otra Bibliografía de Interés

IGME 1980. *El sistema hidrogeológico de Albacete (Mancha Oriental). Sus recursos en aguas subterráneas, utilización actual y posibilidades futuras*. Colección Informe. Aguas Subterráneas. Ministerio de Industria y Energía. Comisaría de la Energía y Recursos Minerales. Madrid. 87 pp.

IGME 1985. *Mapa hidrogeológico. Escala 1:400.000*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

MOPU 1988. *Inventario de riberas, márgenes y otros espacios naturales hídricos de interés en la Cuenca Hidrográfica del Júcar*. Tomo XIII, Síntesis. Oficina de Planificación Hidrológica. Dirección General de Obras Hidráulicas. Confederación Hidrográfica del Júcar.

MOPU 1989. *Recuperación y ordenación de márgenes y riberas*. Programa nº 3. Anejo. Documento nº 3. Programas y Estudios 1 al 12. Confederación Hidrográfica del Júcar. Valencia.

MOPU 1995. *Plan Hidrológico del Júcar*. Tomo I: Documento nº 1. Memoria. Confederación Hidrográfica del Júcar. Valencia.

## ANEXOS





# ANEXO 1: PERFILES DE TEMPERATURA, OXÍGENO Y CONDUCTIVIDAD REALIZADOS EN LA LAGUNA DEL ARQUILLO

Se presentan los datos de concentración de oxígeno, temperatura y conductividad obtenidos en los perfiles realizados en la Laguna del Arquillo en las distintas campañas de muestreo. La localización de los puntos de muestreo se representa en la figura 21.

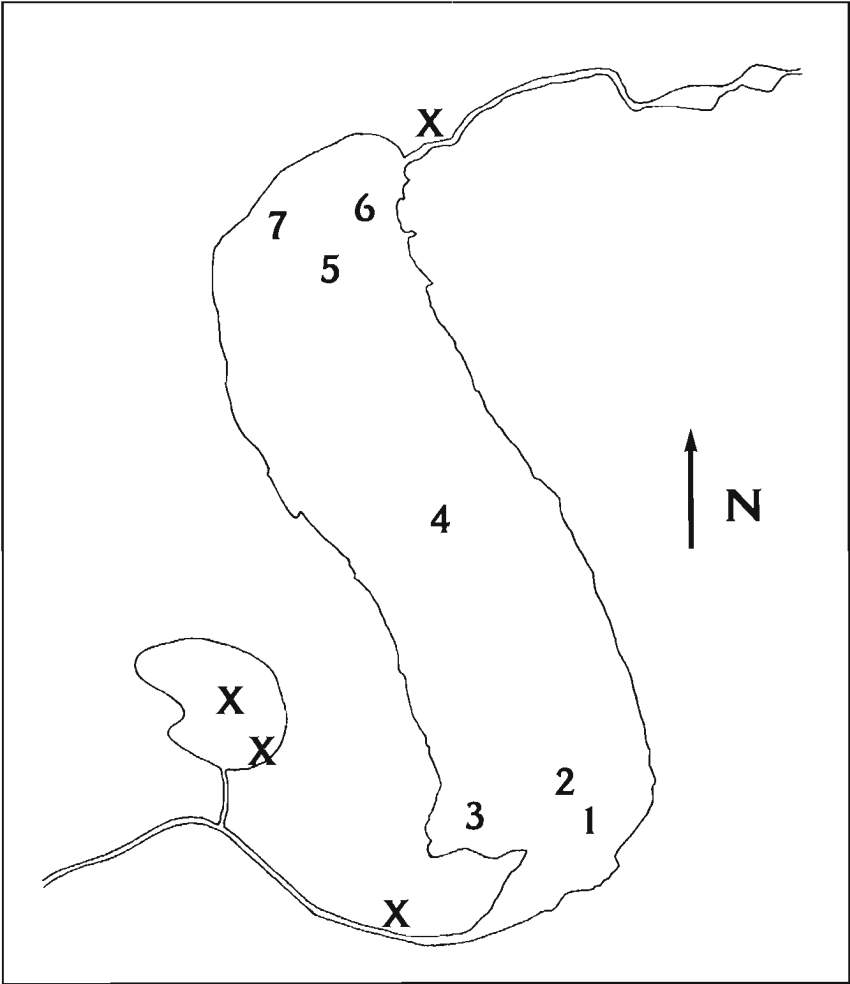


Figura 21. Disposición de los puntos de muestreo en el Complejo Lagunar del Arquillo (se indican con un número que los identifica en la laguna y con una cruz en el resto de unidades ambientales).

**Primera Campaña (octubre 1996)**

Perfil 1: en la zona sur, junto a la entrada del río.

Z cm	O <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> %	T <sup>a</sup> °C	Cond. μS/cm
0	8.8	95	13.4	608
50	8.9	96	13.3	608
100	8.9	96	13.3	608
150	8.9	96	13.3	608
200	8.9	95	13.3	608
250	8.9	95	13.3	608
300	8.9	95	13.3	607
350	8.9	95	13.3	607
400	8.9	95	13.3	607
450	8.7	93	13.2	612
500	8.5	91	13.1	616
550	8.5	90	13.0	625
570	8.5	89	12.8	625

Perfil 2: en el punto de máxima profundidad.

Z cm	O <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> %	T <sup>a</sup> °C	Cond. μS/cm
0	8.9	97	13.7	608
50	8.9	96	13.7	607
100	8.9	97	13.6	607
200	9.0	97	13.4	609
300	9.1	97	13.3	607
400	9.1	98	13.2	611
450	9.2	98	13.1	610
500	9.1	96	13.1	612
550	8.7	93	13.0	618
600	8.5	91	13.0	619
650	7.8	84	12.8	626

Perfil 3: en la zona sur, opuesto al perfil 1

Z cm	O <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> %	T <sup>a</sup> °C	Cond. μS/cm
0	8.7	93	13.3	607
50	9.1	97	13.3	607
100	9.1	97	13.3	607
150	9.0	97	13.3	607
200	9.0	97	13.3	607
250	9.0	96	13.3	607
300	9.1	97	13.3	607
350	9.0	96	13.3	607
400	9.0	96	13.2	608
450	8.8	94	13.2	611
500	8.9	95	13.0	612
550	8.9	95	13.0	616
600	8.4	85	12.9	619
645	6.3	69	12.7	628

Perfil 4: en el centro de la laguna.

Z cm	O <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> %	T <sup>a</sup> °C	Cond. μS/cm
0	8.8	96	14.0	607
50	8.9	96	13.9	607
100	9.0	97	13.8	608
200	9.0	97	13.5	608
300	9.1	97	13.3	607
400	9.2	98	13.2	607
450	9.2	99	13.1	610
500	9.0	97	13.1	619
550	8.8	92	13.1	619
600	8.4	90	12.9	621
635	8.2	86	12.8	623

Perfil 5: en la zona norte, enfrente de la barra travertínica.

Z cm	O <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> ‰	T <sup>a</sup> °C	Cond. μS/cm
0	8,8	93	13,8	608
50	8,8	94	13,8	608
100	8,8	95	13,8	608
150	8,8	95	13,8	608
200	8,9	95	13,8	608
300	9,0	95	13,5	608
400	8,8	95	13,3	608
450	9,3	101	13,1	607
500	9,2	99	13,1	610
550	8,5	88	13,0	620
600	8,2	86	13,0	621
620	8,2	87	12,9	625

Perfil 7: en la zona norte, opuesto al perfil 6.

Z cm	O <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> ‰	T <sup>a</sup> °C	Cond. μS/cm
0	9,2	98	13,2	607
50	9,2	99	13,3	607
100	9,2	99	13,2	608
150	9,2	99	13,2	608
200	9,2	99	13,2	608
250	9,1	98	13,2	608
300	9,2	99	13,2	608
350	9,0	97	13,2	609
400	9,1	97	13,1	608
450	9,1	97	13,1	609
500	8,7	92	13,0	617
550	7,6	81	13,0	620
575	7,2	76	13,0	620

Perfil 6: en la zona norte, junto a la salida del río.

Z cm	O <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> ‰	T <sup>a</sup> °C	Cond. μS/cm
0	9,4	101	13,2	608
50	9,5	101	13,2	608
100	9,5	102	13,2	610
150	9,5	101	13,2	609
200	9,6	103	13,1	610
250	9,7	103	13,1	608
300	9,6	102	13,1	608
350	9,5	101	13,1	608
400	9,4	100	13,1	609
450	9,3	99	13,0	611
500	8,9	95	13,0	613
550	7,6	80	13,0	618
570	7,2	77	13,0	618

### Segunda Campaña (marzo 1997)

Perfil 2: en la zona sur, en el punto de máxima profundidad.

Z cm	O <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> ‰	T <sup>a</sup> °C	Cond. μS/cm
50	9,9	100	10,9	708
100	9,9	100	10,8	709
150	9,9	100	10,8	709
200	9,9	100	10,8	709
300	9,9	100	10,8	709
400	9,9	99	10,7	712
500	9,3	94	10,0	715
600	9,6	96	9,9	716
700	9,5	95	9,9	718
780	9,1	88	9,7	720

Perfil 5: en la zona norte, frente a la barra travertínica.

Z cm	O <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> %	T <sup>a</sup> °C	Cond. μS/cm
50	9	100	11,5	709
100	8,9	98	11,4	710
200	8,8	97	11,2	710
300	8,9	96	10,8	711
400	9,5	100	10,7	712
500	10,2	100	10,5	714
600	10,2	100	10,2	715
680	10,2	100	10,1	716

### Tercera Campaña (julio 1997)

Perfil 2: en la zona sur, en el punto de máxima profundidad.

Z cm	O <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> %	T <sup>a</sup> °C	Cond. μS/cm
0	9,1	110	18,0	548
50	9,2	109	17,9	548
100	9,2	109	17,5	548
150	9,3	110	17,3	549
200	9,3	110	17,1	549
250	9,4	111	16,9	552
300	9,3	110	16,8	552
350	9,8	114	16,3	568
400	9,6	112	16,2	571
450	9,5	110	16,0	572
500	9,1	104	15,8	574
550	8,6	91	15,7	575
600	8,8	99	15,4	577
650	7,9	90	14,8	580
670	8,0	88	14,7	581

Perfil 4: en el centro de la laguna.

Z cm	O <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> %	T <sup>a</sup> °C	Cond. μS/cm
0	8,8	107	18,1	548
50	8,8	107	18,1	548
100	8,9	107	18,1	548
150	8,8	107	18,1	548
200	9,1	110	17,1	550
250	9,5	112	16,9	550
300	9,4	112	16,7	552
350	9,7	114	16,5	562
400	9,5	111	16,2	567
450	9,3	107	15,9	571
500	9,0	105	15,7	574
550	8,8	100	15,4	577
600	8,4	95	15,2	579
650	8,6	95	14,8	578
665	8,7	97	14,8	578

Perfil 5: en la zona norte, enfrente de la barra travertínica.

Z cm	O <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> %	T <sup>a</sup> °C	Cond. μS/cm
0	8,6	104	18,2	550
50	8,8	106	18,3	555
100	8,8	106	18,3	552
150	8,8	106	18,3	551
200	9,1	109	17,8	551
250	9,3	110	16,9	552
300	10,1	118	16,8	555
350	9,9	115	16,6	564
400	10,1	117	16,3	571
450	9,7	111	16,1	574
500	8,9	104	15,7	576
550	8,9	103	15,6	576
600	8,7	100	15,2	576
640	8,9	101	15,1	575

## ANEXO 2: HIDROQUÍMICA DEL COMPLEJO LAGUNAR DEL ARQUILLO

En el presente anexo se recogen los datos de los parámetros físico-químicos obtenidos en los diferentes muestreos llevados a cabo durante el año de estudio, así como los recopilados en la búsqueda bibliográfica realizada sobre el Complejo Lagunar del Arquillo.

Los datos propios presentados en esta memoria corresponden a los obtenidos en un punto de muestreo en el centro de la laguna a distintas profundidades. Los expuestos para la charca se tomaron en el centro de la misma a una profundidad intermedia. Para los datos obtenidos en la bibliografía se indica la fecha de muestro, así como el lugar donde fueron tomados en caso de conocerse la posición.

### DATOS PROPIOS

#### Laguna del Arquillo

- Lcs: laguna centro superficie
- Lcf: laguna centro fondo
- Lc: laguna centro (tomado a la mitad de la profundidad máxima)

		LcsNov 96	LcfNov 96	LcMar 97	LcJul 97
Datos físico-químicos	Tª (°C)	14	12,8	10,9	15,7
	pH	8,27	8,25	8,17	8,07
	Conductividad (µS/cm)	607	623	708	574
	O <sub>2</sub> (mg/l)	8,8	8,2	9,9	-
Iones mayoritarios	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	81,28	82,64	103	-
	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	36,45	34,31	29,2	-
	K <sup>+</sup> (mg/l)	21	25,6	0,8	-
	Na <sup>+</sup> (mg/l)	1,99	1,93	4,2	-
	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	-	-	4,7	-
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	254,5	266,5	218	198
	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	6,8	7,2	17,7	-
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	114,9	119,8	59,3	-
Nutrientes	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,106	0,113	6,5	1,13
	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0	0	0	0
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	-	-	0	0
	PRS PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (µg/l)	8,3	9	15	11

		LcsNov 96	LcfNov 96	LcMar 97	LcJul 97
Balance iónico	Suma de cationes (meq/l)	7.7	7.73	7.74	-
	Suma de aniones (meq/l)	6.8	7.07	8.09	-
	Error (%) *	6.2	4.45	2.22	-
Índices iónicos	Cl <sup>-</sup> /Na <sup>+</sup>	2.22	2.40	2.78	-
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /Ca <sup>2+</sup>	1.03	1.06	1.22	-
	Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup>	0.16	0.13	9.00	-
	Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup>	1.34	1.45	2.14	-

\* El error iónico se calcula según la fórmula siguiente:

$$|[(\% \text{ cationes} - \% \text{ aniones}) / (\% \text{ cationes} + \% \text{ aniones})]| * 100$$

### Charca del Arquillo

		Ch Nov 96	Ch Mar 97	Ch Jul 97
Datos físico-químicos	T <sup>a</sup> (°C)	10.7	11.5	16.7
	pH	7.97	7.9	7.83
	Conductividad (µS/cm)	690	770	710
	O <sub>2</sub> (mg/l)	10.6	-	6.9
	Iones mayoritarios	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	20.24	87.8
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)		89.15	51.8	-
K <sup>+</sup> (mg/l)		22.8	2.3	-
Na <sup>+</sup> (mg/l)		7.55	8	-
SiO <sub>2</sub> (mg/l)		-	12	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		230	224.6	225
Cl <sup>-</sup> (mg/l)		29.35	22	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)		1.8	10.5	-
Nutrientes	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0	0.9	0.41
	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0	0	0
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	-	0.04	0.03
	PRS PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (µg/l)	11	18	12
Balance iónico	Suma de cationes (meq/l)	9.35	9.05	-
	Suma de aniones (meq/l)	9.66	9.49	-
	Error (%) *	1.64	2.37	-
Índices iónicos	Cl <sup>-</sup> /Na <sup>+</sup>	2.52	1.77	-
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /Ca <sup>2+</sup>	7.05	1.97	-
	Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup>	0.56	5.83	-
	Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup>	0.14	1.03	-

\* El error iónico se calcula según la fórmula siguiente:

$$|[(\% \text{ cationes} - \% \text{ aniones}) / (\% \text{ cationes} + \% \text{ aniones})]| * 100$$

**DATOS DE CIRUJANO (1990)**

Fecha de análisis: julio 1989

Lugar de análisis: Laguna del Arquillo

pH	7,5
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	512
Residuo seco ( $\text{g}/\text{l}$ , $180^\circ\text{C}$ )	300
$\text{Cl}^-$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	14,2
$\text{SO}_4^{2-}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	23
$\text{CO}_3^{2-}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0
$\text{HCO}_3^-$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	366
$\text{Na}^+$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	4
$\text{K}^+$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,9
$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	56
$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	75,3

**DATOS DE MILLÁN *et al.* (1996)**

Fechas de análisis: abril y mayo de 1994, septiembre de 1995 y septiembre de 1996

	Laguna	Charca	Río
$T^a$ ( $^\circ\text{C}$ )	16,6	18,4	13,1
pH	8,3	7,9	8,3
Cond. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	469,4	749,7	555,6
Alc. ( $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ )	7,2	9,1	8,3
$\text{O}_2$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	12,5	7,3	9,5

**DATOS DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR (1995)**

Fecha análisis: diciembre 1993

$T^a$ ( $^\circ\text{C}$ )	9,2
pH	7,84
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	526
Potencial redox (mV)	412
$\text{O}_2$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	8,8
TSD ( $\text{mg}/\text{l}$ )	366
DQO ( $\text{mg}/\text{l}$ )	3,6
$\text{NO}_3^-$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,08

**DATOS DE LA DIPUTACIÓN DE ALBACETE (1994)**

Fecha de análisis: abril 1992

Lugar de análisis: Fte. del Horcajo (proximidades de El Robledo)

---

pH	7.6
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	679
Dureza ( $\text{mg CaCO}_3/\text{l}$ )	326
Residuo seco ( $\text{g}/\text{l}$ , $180^\circ\text{C}$ )	371
$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	104
$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	16,03
$\text{Cl}^-$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	14,2
$\text{SO}_4^{2-}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	46,2
$\text{NO}_3^-$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	6,4
$\text{NO}_2^-$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,046
$\text{NH}_4^+$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,09

---

**DATOS DE LA DIPUTACIÓN DE ALBACETE (1994)**

Fecha de análisis: abril 1994

Lugar de análisis: El Robledo (red)

---

pH	7.4
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	714
Dureza ( $\text{mg CaCO}_3/\text{l}$ )	270
Residuo seco ( $\text{g}/\text{l}$ , $180^\circ\text{C}$ )	343
$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	65.6
$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	25.75
$\text{Cl}^-$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	68.9
$\text{SO}_4^{2-}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	39
$\text{NO}_3^-$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	8.85
$\text{NO}_2^-$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,046
$\text{NH}_4^+$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,35

---



**DATOS DE LA DIPUTACIÓN DE ALBACETE (1994)**

Fecha de análisis: enero 1993

Lugar de análisis: Fte. del Lavadero. El Robledo. Agua de manantial.

---

pH	7,75
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	772
Dureza ( $\text{mg CaCO}_3/\text{l}$ )	380
Residuo seco ( $\text{g}/\text{l}$ , $180^\circ\text{C}$ )	443
$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	116,8
$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	21,3
$\text{Cl}^-$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	21,3
$\text{SO}_4^{2-}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	162,56
$\text{NO}_3^-$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	8,13
$\text{NO}_2^-$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,046
$\text{NH}_4^+$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,07

---

**DATOS DE LA EMBOTELLADORA DE AGUA MINERAL "EL JARDÍN"**

Fecha de análisis: 17 febrero 1994

---

Residuo seco ( $\text{g}/\text{l}$ , $180^\circ\text{C}$ )	304
$\text{HCO}_3^-$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	290
$\text{SO}_4^{2-}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	18
$\text{Cl}^-$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	9
$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	63
$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	30
$\text{Na}^+$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	4
$\text{SiO}_2$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	8,4
$\text{K}^+$ ( $\text{mg}/\text{l}$ )	1

---

### ANEXO 3: DATOS DE PIGMENTOS DEL COMPLEJO LAGUNAR DEL ARQUILLO

Los resultados de los análisis de pigmentos realizados en cada muestreo se muestran en este anexo. Los tipos e índices de pigmentos obtenidos son:

Chl-a: Concentración total de clorofila a presente en la muestra.

Chl-b: Concentración total de clorofila b presente en la muestra.

Chl-c: Concentración total de clorofila c presente en la muestra.

Car. index: Índice de carotenoides.

Phae index: Índice de feofitinas.

La profundidad a la que se toma la muestra puede ser en la superficie (sup.), en el fondo (fondo) o a una profundidad intermedia (medio), lo cual se indica para cada punto en la tabla. En la charca solo se toman muestras en dos puntos, uno situado la orilla y otro en el centro de la misma a una profundidad intermedia.

Primer muestreo (1 de noviembre de 1996)

	Chl-a µg/l	Chl-b µg/l	Chl-c µg/l	Car. index	Phae index
Charca orilla	2.86	0,20	0,00	1,67	1,00
Charca centro	4,74	0,49	0,01	1,70	1,12
Laguna 2 sup.	1,73	0,63	0,05	1,93	1,05
Laguna 2 sup.	1,60	0,29	0,02	2,08	1,00
Laguna 2 fondo	2,25	1,39	0,01	2,14	1,04
Laguna 2 fondo	3,72	0,42	0,03	1,70	1,11
Laguna 4 sup.	2,55	0,61	0,01	1,48	1,16
Laguna 4 fondo	3,59	0,08	0,02	1,57	1,18
Laguna 5 sup.	1,71	0,14	0,02	1,74	1,16
Laguna 5 fondo	3,22	0,47	0,03	1,44	1,11

## Segundo muestreo (10 de marzo de 1997)

	Chl-a µg/l	Chl-b µg/l	Chl-c µg/l	Car. index	Phae index
Charca centro	12,64	0,75	0,01	2,18	1,31
Laguna 2 sup.	0,97	0,92	0,00	2,67	0,93
Laguna 2 fondo	1,28	1,32	0,00	2,43	1,00
Laguna 4 medio	1,38	1,13	0,00	2,13	1,06
Laguna 4 medio	1,38	0,37	0,01	2,09	1,00
Laguna 5 sup.	1,57	1,28	0,01	2,56	1,27
Laguna 5 fondo	1,81	0,80	0,00	2,00	1,03

## Tercer muestreo (1 de julio de 1997)

	Chl-a µg/l	Chl-b µg/l	Chl-c µg/l	Car. index	Phae index
Charca centro	3,05	1,67	0,01	1,50	1,02
Laguna 4 sup.	2,20	1,19	0,01	2,13	1,18
Laguna 4 fondo	3,60	1,55	0,01	1,79	1,15

## ANEXO 4: FLORA ACUÁTICA ASOCIADA AL COMPLEJO LAGUNAR DEL ARQUILLO

Se incluye la lista de las especies vegetales encontradas en el Complejo Lagunar del Arquillo, incluyendo vegetación acuática y marginal. Para indicar la localización exacta se indica al final de cada especie dónde fueron halladas, según los siguientes códigos:

- Lg: Presentes en la Laguna del Arquillo
- Ch: Presentes en la charca
- R: Presentes en el río

### Lista de especies:

- Familia CHARACEAE

*Chara major* Vaill. ex Hartm. (Lg)

*Chara vulgaris* L. (R)

*Tolypella glomerata* (Desv.) Leonh.(Ch)

- Familia NYMPHACEAE

*Nuphar luteum* (L.) Sm. in Sibth. & Sm., 1809 (Lg y Ch)

- Familia MALVACEAE

*Althaea officinalis* L., 1753 (Lg)

- Familia BRASSICACEAE

*Nasturtium officinale* R. Br. in Aiton, 1812 (R)

- Familia HALORAGACEAE

*Myriophyllum verticillatum* L., 1753 (Lg)

- Familia LYTHRACEAE

*Lythrum salicaria* L., 1753 (Lg)

- Familia RUBIACEAE

*Galium palustre* L., 1753 (Lg)

- Familia LAMIACEAE

*Mentha aquatica* L., 1753 (Lg y R)

*Mentha longifolia* (L.) Hudson (R)

*Teucrium scorodonium* subsp. *scordioides* (Schreber) Maire & Petimengin, 1908 (Lg)

- Familia SCROPHULARIACEAE

*Veronica anagallis-aquatica* L., 1753 (Ch)

- Familia ASTERACEAE

*Sonchus maritimus* L., 1759 (Lg y R)

- Familia POTAMOGETONACEAE

*Potamogeton lucens* L., 1753 (Lg)

*Potamogeton pectinatus* L., 1753 (Ch)

*Potamogeton densus* L., 1753 (R)

- Familia JUNCACEAE

*Juncus subnodulosus* Schrank (Lg y Ch)

*Juncus inflexus* L., 1753 (R)

- Familia CYPERACEAE

*Scirpus lacustris* L., 1753 subsp. *lacustris* (Lg y Ch)

*Cladium mariscus* (L.) Pohl, 1809 (Lg; Ch y R)

*Carex distans* L., 1759 (Lg y Ch)

*Carex hispida* Willd. in Schkuhr, 1801 (Lg y Ch)

*Carex otrubae* Podp., 1922 (Ch)

*Carex riparia* Curtis, 1783 (Ch)

- Familia POACEAE

*Agrostis stolonifera* L., 1753 (Lg y Ch)

*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Teudel, 1841 (Lg; Ch y R)

- Familia TYPHACEAE

*Typha domingensis* (Pers.) Steudel, 1824 (Lg y Ch)

*Typha latifolia* L., 1753 (Lg)

- Familia IRIDACEAE

*Iris pseudacorus* L., 1753 (Lg y Ch)

## ANEXO 5: INVENTARIO DE INVERTEBRADOS ACUÁTICOS BENTÓNICOS DEL COMPLEJO LAGUNAR DEL ARQUILLO

Se presenta la lista de especies de invertebrados acuáticos encontrados en el bentos de la laguna y de la charca del Arquillo, tanto litoral como sublitoral.

Las especies de coleópteros y heterópteros acuáticos que se señalan con un asterisco (\*) han sido citados para el Complejo Lagunar del Arquillo por otros autores (Millán *et al.*, 1996). Algunas de estas citas también han podido contrastarse con los muestreos realizados.

Los códigos reseñados al final de cada cita se explican en la siguiente leyenda:

- Citas bibliográficas:

(\*) Citados por Millán *et al.* (1996).

(\*Ch): Citado para la charca.

(\*Lg): Citado para la laguna.

- Citas propias:

Ch.L.: Bentos litoral de la charca.

Ch.S.: Bentos sublitoral de la charca.

Lg.L.: Bentos litoral de la laguna.

Lg.S.: Bentos sublitoral de la laguna.

### Lista de especies

#### \* FILO CNIDARIA

Familia HYDRIDAE

*Hydra* sp. (Lg.L.)

#### \* FILO MOLLUSCA

CLASE GASTROPODA

SUBCLASE PULMONATA

ORDEN BASOMMATOPHORA

Familia Physidae

*Physella acuta* (Draparnaud, 1805) (Lg.L.; Ch.L.)

Familia Lymnaeidae

*Lymnaea auricularia* (Linnaeus, 1758) (Lg.L.; Ch.L.)

*Lymnaea peregra* (Müller, 1774) (Lg.L.; Ch.L.)

## Familia Planorbidae

*Gyraulus albus* (Müller, 1774) (Lg.L.; Ch.L.)*Gyraulus crista* (Linnaeus, 1774) (Ch.L.)

## Familia Ancyliidae

*Ancylus fluviatilis* Müller, 1774 (Lg.L.)

## CLASE BIVALVA

## SUBCLASE PALAEOHETERODONTA

## ORDEN UNIONOIDA

## Familia Sphaeriidae

*Pisidium* sp. (Lg.L.; Ch.L.)

## \* FILO ANNELIDA

## CLASE OLIGOCHAETA

## CLASE HIRUDINEA

## Familia GLOSSIPHONIIDAE

*Glossiphonia* sp. (Lg.L.)

## \* FILO ARTHROPODA

## CLASE ARACHNIDA

## ORDEN ACARI (Lg.L.; Ch.L.)

## CLASE CRUSTACEA

## SUBCLASE OSTRACODA (Lg.L.; Ch.L.; Lg. S.; Ch. S.)

## SUBCLASE MALACOSTRACA

## ORDEN DECAPODA

## Familia ATYIDAE

*Atyaephyra desmarestii* (Lg.L.)

## CLASE INSECTA

## ORDEN EPHEMEROPTERA

## Familia CAENIDAE

*Caenis* sp. (Lg.L.)

## Familia BAETIDAE

*Cloëon* sp. (Lg.L.; Ch.L.)

## Familia EPHEMERELLIDAE

*Ephemerella* sp. (Lg.L.)

## Familia LEPTOPHLEBIIDAE

*Thraulius* sp. (Lg.L.)

## ORDEN PLECOPTERA

## Familia LEUCTRIDAE

*Leuctra* sp. (Lg.L.; Ch.L.)

## Familia CAPNIIDAE

*Capnia* sp. (Ch.L.)

## ORDEN ODONATA

## Familia LESTIDAE

*Sympetma fusca* (van der Linden, 1820) (Ch.L.)

## Familia COENAGRIONIDAE

*Ceriatgrion tenellum* (Villers, 1789) (Lg.L.)*Ischnura* sp. (Lg.L.; Ch.L.)*Pyrrhosoma nymphula* (Sulzer, 1776) (Lg.L.; Ch.L.)

- Familia AESCHNIDAE  
*Anax imperator* Leach, 1815 (Lg.L.)
- Familia GOMPHIDAE  
*Gomphus pulchellus* Selys, 1840 (Lg.L.)
- Familia LIBELLULIDAE  
*Sympetrum striolatum* (Charpentier, 1840) (Ch.L.)
- ORDEN HETEROPTERA
- Familia MESOVELIIDAE  
*Mesovelia vittigera* Horváth, 1895 (\*Lg)
- Familia HEBRIDAE  
*Hebrus pusillus* (Fallén, 1807) (\*Ch)
- Familia GERRIDAE  
*Aquarius cinereus* (Lg.L.)  
*Gerris asper* (Fieber, 1961) (\*Lg)
- Familia NAUCORIDAE  
*Naucoris maculatus* Fabricius, 1798 (Lg.L.;  
Ch.L.; \*Ch; \*Lg)  
*Ilyocoris cimicoides* (Linnaeus, 1758) (\*Ch)
- Familia CORIXIDAE  
*Micronecta scholtzi* (Fieber, 1851) (Lg.L.; \*Lg)  
*Corixa affinis* Leach, 1817 (\*Ch)  
*Corixa panzeri* (Fieber, 1848) (\*Ch)  
*Corixa punctata* (Illiger, 1848) (\*Ch)  
*Hesperocorixa linnaei* (Fieber, 1848) (Ch.L.; \*Ch;  
\*Lg)
- Familia NEPIDAE  
*Ranatra linearis* Linnaeus, 1758 (\*Ch)  
*Nepa cinerea* Linnaeus, 1758 (Lg.L.; Ch.L.; \*Ch;  
\*Lg)
- Familia NOTONECTIDAE  
*Notonecta maculata* Fabricius, 1794 (\*Ch)
- Familia PLEIDAE  
*Plea minutissima* Leach, 1817 (Lg.L.; Ch.L.; \*Ch; \*Lg)
- ORDEN MEGALOPTERA
- Familia SIALIDAE  
*Sialis* sp. (Lg.L.; Ch.L.)
- ORDEN COLEOPTERA
- Familia GYRINIDAE  
*Gyrinus caspius* Ménétries, 1832 (Lg.L.; Ch.L.; \*Ch)
- Familia HALIPLIDAE  
*Peltodytes rotundatus* (Aubé, 1836) (Lg.L.;  
Ch.L.; \*Ch; \*Lg)  
*Haliphus lineatocollis* (Marshall, 1802) (Lg.L.;  
Ch.L.; \*Ch; \*Lg)  
*Haliphus mucronatus* (Schaller, 1783) (Lg.L.)



## Familia NOTERIDAE

*Noterus laevis* Sturm, 1834 (Lg.L.: Ch.L.: \*Ch: \*Lg)

## Familia HYGROBIIDAE

*Hygrobia hermanni* (Fabricius, 1775) (Lg.L.:  
Ch.L.: \*Ch)

## Familia DYTISCIDAE

*Hyphydrus aubei* Ganglbauer, 1897 (Lg.L.:  
Ch.L.: \*Ch: \*Lg)

*Hydrovatus clypealis* Sharp, 1876 (\*Ch)

*Hydroglyphus pusillus* (Fabricius, 1781) (\*Ch)

*Hygrotus inaequalis* (Fabricius, 1777) (Lg.L.:  
Ch.L.: \*Ch: \*Lg)

*Hygrotus impressopunctatus* (Shaller, 1783) (Ch.L.:  
\*Ch)

*Hydroporus* cf. *discretus* Fairmaire, 1859 (\*Ch)

*Hydroporus* cf. *pubescens* (Gyllenhal, 1808) (\*Ch)

*Graptodytes flavipes* (Olivier, 1795) (\*Ch)

*Agabus bipustulatus* (Linnaeus, 1767) (\*Ch)

*Agabus didymus* (Olivier, 1795) (Lg.L.)

*Agabus nebulosus* (Forster, 1771) (Ch.L.)

*Ilybius meridionalis* Aubé, 1836 (\*Ch: \*Lg)

*Rhantus suturalis* (McLeay, 1825) (Lg.L.: Ch.L.:  
\*Ch: \*Lg)

*Hydaticus* cf. *seminiger* (De Geer, 1774) (\*Ch)

*Stictonectes epipleuricus* (Seidlitz, 1887) (Lg.L.)

*Laccophilus hyalinus* (De Geer, 1774) (Lg.L.:  
Ch.L.: \*Ch: \*Lg)

*Laccophilus minutus* (Linnaeus, 1758) (Lg.L.:  
Ch.L.: \*Ch: \*Lg)

*Colymbetes fuscus* (Lg.L.)

*Dytiscus marginalis* Linnaeus, 1758 (\*Ch)

## Familia HYDRAENIDAE

*Hydraena* sp. (Ch.L.)

*Hydraena atrata* Desbroches des loges, 1891 (\*Ch)

*Limnebius maurus* Balfour-Brow, 1978 (\*Ch)

*Limnebius papposus* Mulsant, 1884 (\*Ch: \*Lg)

## Familia HELOPHORIDAE

*Helophorus nubilus* Fabricius, 1776 (\*Ch)

*Helophorus alternans* Gené, 1836 (\*Ch)

## Familia HYDROCHIDAE

*Hydrochus nitidicollis* Mulsant, 1844 (\*Ch)

*Hydrochus smaragdineus* Fairmaire, 1879 (\*Ch)

## Familia HYDROPHILIDAE

*Berosus signaticollis* (Charpentier, 1825) (\*Ch)

*Berosus affinis* Brullé, 1835 (Lg.L.: Ch.L.: \*Ch)

*Anacaena limbata* (Marsham, 1802) (\*Ch: \*Lg)

*Laccobius bipunctatus* (Fabricius, 1775) (Lg.L.: \*Ch)

*Helochaeres lividus* (Forster, 1771) (Ch.L.: Lg.L.:

\*Ch: \*Lg)

*Limnoxenus niger* (Zschach, 1788) (\*Ch)

*Hydrophilus pistaceus* (Castelnau, 1840) (\*Ch)

Familia ELMIDAE

*Oulimnius rivularis* (Rosenhauer, 1856) (\*Ch)

Familia DRYOPIDAE

*Dryops* sp. (Lg.L.)

*Dryops gracilis* (Karsch, 1881) (\*Ch)

Familia SCIRTIDAE

*Helodes* sp. (\*Lg)

*Hydrocyphon* sp. (\*Lg)

#### ORDEN TRICHOPTERA

Familia POLYCENTROPODIDAE

*Polycentropus* sp. (Lg.L.)

*Holocentropus* sp. (Lg.L.)

Familia PSYCHOMYIIDAE

*Tynodes* sp. (Lg.L.: Ch.L.)

Familia ECNOMIDAE

*Ecnomus* sp. (Lg.L.)

Familia PHRYGANEIDAE

*Phrygaena* sp. (Lg.L.)

Familia LIMNEPHYLIDAE

*Limnephilus* sp. (Lg.L.)

Familia LEPTOCERIDAE

*Mystacides* sp. (Lg.L.)

#### ORDEN DIPTERA

Familia CHIRONOMIDAE

Subfamilia Tanypodinae

*Procladius* sp. (Lg.S.)

*Xenopelopia* sp. (Ch.L.)

*Trissopelopia longimana* (Staeger) (Lg.L.)

Subfamilia Orthocladiinae

*Corynoneura* sp. (Lg.S.)

Subfamilia Chironominae

*Dicrotendipes* gr. *tritonus* (Ch.L.: Lg.L.)

*Chironomus plumosus* (Linnaeus) (Ch.L.)

*Chironomus* gr. *anthracinus* (Lg.S.: Ch.L.)

*Cryptochironomus* sp. (Lg.S.)

*Microtendipes* sp. (Ch.L.)

*Polypedilum* sp. (Ch.L.)

*Cladotanytarsus* sp. (Lg.S.)

*Micropsectra* sp. (Lg.S.: Lg.L.)

## ANEXO 6: FAUNA VERTEBRADA DEL COMPLEJO LAGUNAR DEL ARQUILLO Y SU ENTORNO PRÓXIMO

Se presenta la lista de las especies de vertebrados cuya presencia ha sido detectada directa o indirectamente en el área del Complejo Lagunar del Arquillo.

Todos estos datos que aquí se presentan se basan en observaciones personales que se han podido contrastar con los censos realizados en la zona por distintos especialistas. En el apartado de aves, cabe resaltar los censos realizados por Tomás Velasco, cuyas citas están reseñadas con un asterisco (\*) y la mayoría de las cuales han sido también contrastadas *in situ* por el equipo de trabajo.

### PECES

- Familia SALMONIDAE

*Salmo trutta* Linnaeus, 1758 (trucha de río)

*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (trucha arcoiris)

- Familia CYPRINIDAE

*Barbus guraonis* Steindachner, 1866 (barbo mediterráneo)

- Familia COBITIDAE

*Cobitis maroccana* Pellegrin, 1929 (colmilleja)

- Familia CENTRARQUIDAE

*Micropterus salmoides* (Lacépède, 1802) (black-bass)

- Familia POECILIDAE

*Gambusia holbrooki* (Agassiz, 1859) (gambusia)

### ANFIBIOS

- Familia BUFONIDAE

*Bufo bufo* Linnaeus, 1758 (sapo común)

*Bufo calamita* Laurenti, 1768 (sapo corredor)

- Familia PETROMYZONTIDAE

*Rana perezi* Seoane, 1885 (rana verde común)

## REPTILES

### - Familia EMYDIDAE

*Mauremys leprosa* (Schweigger, 1812) (galápago leproso)

### - Familia LACERTIDAE

*Psammodromus algirus* (Linnaeus, 1758) (lagartija colilarga)

*Psammodromus hispanicus* Fitzinger, 1826 (lagartija cenicienta)

*Lacerta lepida* Daudin, 1802 (lagarto ocelado)

*Podarcis hispanica* (Steindachner, 1870) (lagartija ibérica)

### - Familia COLUBRIDAE

*Elaphe scalaris* (Schinz, 1799) (culebra de escalera)

*Natrix maura* (Linnaeus, 1758) (culebra viperina)

*Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) (culebra de collar)

## AVES

### - Familia ARDEIDAE

*Ardea cinerea* Linnaeus, 1758 (garza real) \*

### - Familia ANATIDAE

*Anas platyrhynchos* Linnaeus, 1758 (ánade azulón) \*

### - Familia ACCIPITRIDAE

*Circus aeruginosus* (Linnaeus, 1758) (aguilucho lagunero) \*

### - Familia PHASIANIDAE

*Alectoris rufa* (Linnaeus, 1758) (perdiz común)

*Coturnix coturnix* (Linnaeus, 1758) (codorniz común)

### - Familia RALLIDAE

*Rallus aquaticus* Linnaeus, 1758 (rascón europeo)

*Gallinula chloropus* (Linnaeus, 1758) (gallineta común)

### - Familia SCOLOPACIDAE

*Actitis hypoleucos* Linnaeus, 1758 (andarríos chico) \*

### - Familia TYTONIDAE

*Tyto alba* (Scopoli, 1769) (lechuza común)

## - Familia STRIGIDAE

*Bubo bubo* (Linnaeus, 1758) (búho real)

## - Familia CAPRIMULGIDAE

*Caprimulgus ruficollis* Temminck, 1820 (chotacabras pardo)

## - Familia APODIDAE

*Apus apus* Linnaeus, 1758 (vencejo común)

*Apus melba* Linnaeus, 1758 (vencejo real)

## - Familia ALCEDINIDAE

*Alcedo athis* (Linnaeus, 1758) (martín pescador)

## - Familia MEROPODIDAE

*Merops apiaster* Linnaeus, 1758 (abejaruco común)

## - Familia HIRUNDINIDAE

*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758) (avión zapador)

*Hirundo rustica* Linnaeus, 1758 (golondrina común)

*Ptyonoprogne rupestris* (Scopoli, 1769) (avión roquero)

## - Familia SYLVIIDAE

*Cettia cetti* (Temminck, 1820) (ruiseñor bastardo) \*

*Cisticola juncidis* (Rafinesque, 1810) (buitrón) \*

*Acrocephalus scirpaceus* (Hermann, 1804) (carricero común) \*

*Acrocephalus arundinaceus* Linnaeus, 1804 (carricero tordal)

*Hippolais polyglotta* (Vieillot, 1817) (zarcero común)

## - Familia REMIZIDAE

*Remiz pendulinus* (Linnaeus, 1758) (pájaro moscón)

## - Familia ORIOLIDAE

*Oriolus oriolus* (Linnaeus, 1758) (oropéndola)

## - Familia MOTACILLIDAE

*Motacilla cinerea* Tunstall, 1771 (lavandera cascadeña) \*

*Motacilla alba* ssp. *alba* Linnaeus, 1758 (lavandera blanca común) \*

## - Familia EMBERIZIDAE

*Emberiza cirius* Linnaeus, 1766 (escribano soteño) \*

## **MAMÍFEROS**

- Familia MUSTELIDAE

*Lutra lutra* Linnaeus, 1758 (nutria)

- Familia ARVICOLIDAE

*Arvicola sapidus* Miller, 1908 (rata de agua)



DIPUTACIÓN DE ALBACETE