

ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN DE TAXA Y SINTAXA VEGETALES EN LOS AMBIENTES HALOFÍTICOS DEL ALTO VALLE DEL GUADALQUIVIR. I

Por *María del Carmen Cobo Muro*

Dpto. de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología
Facultad de Ciencias Experimentales.
Universidad de Jaén

RESUMEN

El presente artículo incluye la descripción de las principales características correspondientes a los hábitats halofíticos del Alto Valle del Río Guadalquivir, referentes a geografía, biogeografía, geología (morfología, litología, edafología), climatología, ecofisiología vegetal, flora y vegetación, consideradas más detalladamente en el caso de puntos destacados en necesidad de protección (Laguna Honda, Laguna del Brujuelo). En esta primera parte, se presentan resultados en relación al estudio climático, bioclimático y edafológico de zonas seleccionadas (lagunas y charcas, ríos y arroyos) pertenecientes a los ambientes descritos. Los valores medios de pH (H₂O) del horizonte superficial del suelo en verano-otoño para estos hábitats, se sitúan en $7,8 \pm 0,1 - 8,3 \pm 0,4$

Abstract

The principal characteristics of the halophytic areas in the Guadalquivir River High Valley are shown in the present paper, in regard to geography, biogeography, geology (morphology, lithology, edaphology), climatology, plant ecophysiology, flora and vegetation, and related in detail for points occupying a choice position in their needs for protection (Honda and Brujuelo Small Lakes). In this first part of the article, results are reported about the climatic, bioclimatic and edaphic study in selected zones (small lakes and ponds, rivers and brooks) belonging to this type of environments. The average values of H₂O-pH, co-

(dilución 1:2,5), y los de conductividad eléctrica (salinidad) en $6,04 \pm 4,30 - 12,37 \pm 7,62$ dS/m (mS/cm) (dilución 1:5); las diferencias en valores de pH entre las comunidades vegetales de una misma zona son escasas, siendo muy marcadas en el caso de la salinidad.

ming from the superficial horizon of soil during the summer-autumn season in these habitats, are $7,8 \pm 0,1 - 8,3 \pm 0,4$ (1:2,5 dilution), and the electrical conductivity (salinity) ones, are $6,04 \pm 4,30 - 12,37 \pm 7,62$ dS/m (mS/cm) (1:5 dilution); the differences in pH values amongst plant communities in the same zone are scanty, whereas they are very pronounced in the salinity case.

I. INTRODUCCIÓN

EL territorio delimitado para el estudio base de la presente publicación, que abarca aspectos no sólo florísticos, sino también fitosociológicos, edafológicos, climáticos y ecofisiológicos, se trata de una zona enmarcada en el centro de la provincia de Jaén, en el interior de Andalucía Oriental, constituida básicamente por los terrenos de morfología, por lo general, suave y alomada, que forman la porción inicial de la Depresión del Guadalquivir o eje central del Alto Guadalquivir, siendo la Campiña de Jaén la unidad morfológica representativa.

Su situación biogeográfica corresponde fundamentalmente al Reino Holártico, Región Mediterránea, Subregión Mediterráneo Occidental, Superprovincia Mediterráneo-Iberoatlántica, Provincia Bética, Sector Hispalense y Subsector Hispalense. Pequeñas zonas descritas hacia el Norte, se incluyen en la Provincia Luso-Extremadurese, Sector Mariánico-Monchiquense, Subsector Marianense (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987). Las zonas limítrofes hacia el Este, pertenecen a la Provincia Bética, Sector Subbético, Subsector Alcaracino-Cazorlense, y las situadas en el límite Sur, al Sector Subbético, Subsector Subbético-Maginense (SÁNCHEZ-GÓMEZ *et al.*, 1994).

La Campiña de Jaén, en su sentido más estricto (HIGUERAS, 1961), abarcaría las zonas correspondientes a la Campiña Superior (pie de monte en contacto con las Serranías Subbéticas; cercanías de Martos, Santiago e Higuera de Calatrava, Villardompardo y Arjona, hacia el Oeste) y la Campiña

Inferior (áreas más ligadas al río Guadalquivir, hacia el Oeste del Guadalbullón; cercanías de Mengíbar, Fuerte del Rey, Cazalilla, Escañuela, Higuera de Arjona, Arjona, Arjonilla y Porcuna).

Sin embargo, la conjunción de factores físicos y bióticos, así como el uso social del territorio, en los que se basa la división del medio provincial en Sistemas Naturales de Tierra, clasificación considerada por el Plan Especial de Protección del Medio Físico y Catálogo de la Provincia de Jaén (JUNTA DE ANDALUCÍA, 1988), permite ampliar el espacio ocupado por La Campiña a las tierras situadas al Este del Guadalbullón, entre las Terrazas y Vegas del Guadalquivir y el Subbético Sur, hasta la zona situada entre Jímena y la Loma de Úbeda, y dividir La Campiña en dos zonas o Sistemas Naturales de Tierra: La Campiña próxima al Guadalquivir y La Campiña con restos de terrazas antiguas del Guadalquivir. Según este criterio, igualmente, la región de La Campiña se podría extender a ciertas zonas pertenecientes a otros dos Sistemas Naturales de Tierra: La Campiña con Trías y el Piedemonte Suroeste.

La Campiña próxima al Guadalquivir, comprendería las zonas de la «Campiña Superior» y las situadas al Sur de la línea Mengíbar-Arjona hasta la línea Torredonjimeno-Torredelcampo-Sur de Jaén, excepto las zonas situadas en el margen de la mitad noroccidental del Guadalbullón. También englobaría las zonas situadas hacia el Este del Guadalbullón, ya descritas como ampliación de La Campiña considerada por HIGUERAS, salvo las tierras próximas a Villargordo incluidas dentro de La Campiña con restos de terrazas antiguas del Guadalquivir.

La Campiña con restos de terrazas antiguas del Guadalquivir, comprendería las zonas situadas al Este y Suroeste de Porcuna hacia el Norte y sobre la línea Arjona-Mengíbar, hasta las Terrazas y Vegas del Guadalquivir, junto a las zonas próximas a la vega del Guadalbullón en su mitad noroccidental y la zona de Villargordo en el ángulo formado por las vegas del Guadalquivir y Guadalbullón en su mitad nororiental. En su sector meridional limita con la «Campiña Superior».

La Campiña con Trías, comprendería el territorio situado al Sur de las Terrazas y Vegas del Guadalquivir, desde el Arroyo Bedmar hasta la zona regada por los arroyuelos al Este del Arroyo de la Vega de Cazorla (Cañada de la Cierva, Arroyo de la Parrita, de Cañamares, de San Martín, de Tramaya...), abarcando las zonas situadas: al Este, Oeste y Sur de Jódar hacia

el Norte; al Suroeste de Bedmar; gran parte del curso del Jandulilla hasta la Sierra de la Cruz; la Sierra de Don Pedro; la Sierra de la Cabrita y la Loma del Campillo; la zona situada entre los cursos del río Gadiana Menor, Arroyo de Ceal y río de Toya (con la Sierra de Toya y de Quesada); y las tierras situadas al Sur de Mogón y Santo Tomé, Norte y Oeste de Cazorla, Norte y Sureste de Quesada y el término municipal de Peal de Becerro hasta el Guadalquivir. Resultan de mayor relevancia dentro del presente estudio: las zonas al Este del curso bajo del Arroyo Bedmar, al Norte y Noreste de Jódar (al Sur del embalse de Pedro Marín y al Norte de Cerro Hernando o Nando); al Sur del embalse de Doña Aldonza; y las tierras en la vertiente meridional del Guadalquivir situadas al Sur de Mogón, Sur de Santo Tomé, Norte y Oeste de Cazorla (con los arroyuelos del Arroyo de la Vega de Cazorla) y gran parte del término municipal de Peal de Becerro.

El Piedemonte Suroeste, comprendería las tierras situadas: entre el río Víboras-Arroyo del Regüelo hasta Valdepeñas de Jaén y el río de San Juan; al Norte del río Víboras, la zona comprendida entre Noguerones, Bobadilla y Monte Lope Álvarez y la zona al Sur de Martos desde el Arroyo Salado hasta Valdepeñas de Jaén atravesando Fuensanta de Martos; y por último, al Sur del río de San Juan, la zona situada entre el Arroyo de las Granjeras y Castillo de Locubín, con la Sierra de San Pedro. Las zonas de mayor interés para el presente estudio son las situadas al Norte de Alcaudete, Norte de la Sierra de la Caracolera y Suroeste de Martos.

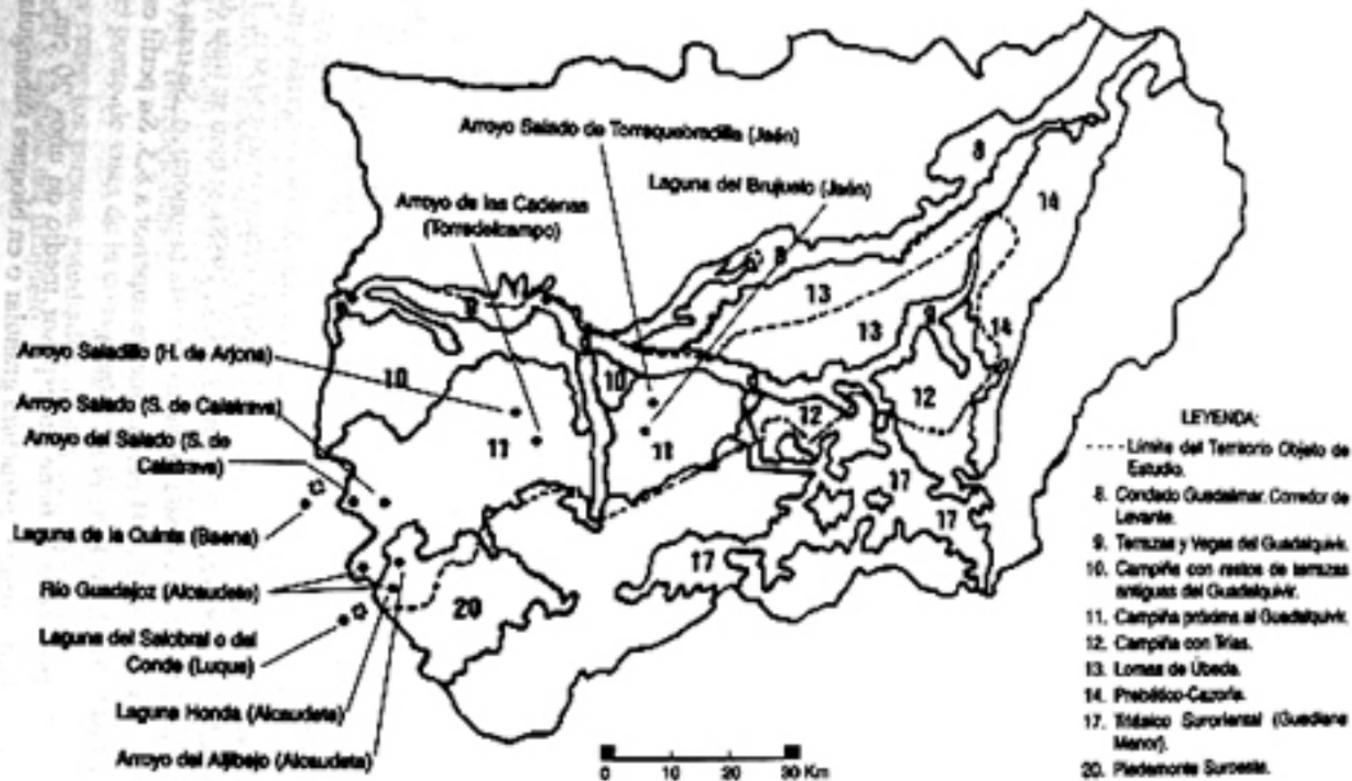
Los mencionados territorios, que pueden considerarse dentro de La Campiña de Jaén, así como otras zonas situadas en los Sistemas limítrofes al Norte, Este y Sureste, entre los que destacan El Condado-Guadalimar-Corredor de Levante (junto a otras áreas pertenecientes a la Depresión Periférica situadas hacia el Oeste, como la región de Linares), el Prebético-Cazorla y el Triásico Suroriental (Gadiana Menor), incluyen los hábitats halofíticos del Alto Valle del Guadalquivir, en cuyo estudio se basa el presente artículo.

La situación del territorio general estudiado y de los principales puntos muestreados dentro del mismo, se representa en el *Mapa 1*.

—Los hábitats halofíticos son aquellos que se desarrollan sobre sustratos de carácter salino, habitualmente caracterizados por la presencia de cloruro de sodio, generalmente acompañado por otras sales como sulfato de sodio, sulfato de magnesio, cloruro de magnesio, cloruro de potasio y carbonato de sodio, en una gama variable de concentraciones y grados de so-

MAPA 1
TERRITORIO OBJETO DE ESTUDIO-SISTEMAS NATURALES DE TIERRAS

Fuente: JUNTA DE ANDALUCÍA. CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES (1986)
 Plan Especial de Protección del Medio Fluvial y Catálogo de la Provincia de Jaén



lubilidad (FLOWERS, 1975). Por tanto, en este tipo de suelos, las sales solubles suelen consistir en una mezcla de sodio, calcio y magnesio como cationes, y cloruro, sulfato y carbonato como aniones.

Aunque la definición de suelo salino puede diferir según algunos autores o el criterio considerado, el U.S. Salinity Laboratory (RICHARDS, 1954) define los suelos salinos como aquellos que presentan una conductividad eléctrica del extracto de saturación (CE) que excede los 4 dS/m (mS/cm) o los 40 meq/l de NaCl, y con un porcentaje de Na⁺ intercambiable (PSC) menor al 15% (suelos no sódicos) o superior (suelos sódicos); una concentración de 40 meq/l o 40 mol/m³ de NaCl representa aproximadamente la duodécima parte de la salinidad del agua del mar. Para GORHAM (1995), un suelo es salino si se supera el porcentaje de 0,1% de sales solubles en peso seco de suelo.

En el Alto Valle del Guadalquivir, la presencia de ambientes caracterizados por la salinidad está relacionada con los materiales del Trías, margas y arcillas, con frecuentes depósitos de evaporitas constituidas por yesos y halitas del Keuper, y calizas y dolomías del Muschel Kalk, único que presenta facies arcillosas con evaporitas, y que se localizan fundamentalmente en la zona meridional del territorio descrito; así como, en la zona Norte del mismo, con los afloramientos de yesos del Trías Buntsandstein, además del Keuper.

Los afloramientos del Trías, que se traducen en abundancia de yesos y materiales salinos, dan lugar, especialmente en las vaguadas y zonas deprimidas, a una gran extensión de barrancos, ríos, arroyos, lagunas, charcas y zonas endorreicas de naturaleza salina, junto a la proliferación de explotaciones de sal o salinas, en su mayoría hoy abandonadas, y que aparecen puntualmente o de manera muy destacada en ciertas zonas, como las correspondientes a La Campiña próxima al Guadalquivir.

—Los suelos que se originan a partir de los materiales mencionados, suelen corresponder al tipo Solonchak órtico (FAO-UNESCO, 1988), Gypsiorthid, Xerochrept o Salorthid (S.S.S., 1988), si bien se trata de suelos con serias dificultades desde el punto de vista taxonómico. Se trata de suelos de elevada salinidad y pH generalmente superior a 8,5. Su perfil es de tipo AC o ABC (AGUILAR-RUIZ *et al.*, 1987).

El horizonte A tiene un espesor medio de unos 20 cm, es de color pardo claro o rojizo, estructura granular o en bloques subangulares, duro en

seco, calcáreo, y de bajo contenido en materia orgánica, bien humificada. El horizonte B, si lo hay, es poco espeso, con un contenido en materia orgánica aún menor, y en él aparecen abundantes cristales de yeso. El horizonte C presenta una cristalería de yeso abundante, pudiendo llegar a constituir un horizonte gypsico o petrogypsico. En las localidades en las que aparece un manto freático superficial, estos suelos presentan signos evidentes de hidromorfía.

II. PUNTOS OBJETO DE ESPECIAL ESTUDIO

Dentro del territorio general descrito en el apartado anterior y que incluye, como ya se ha mencionado, gran parte de los hábitats halofíticos del Alto Valle del Guadalquivir, se seleccionaron una serie de puntos en los que se intensificó el estudio florístico y fitosociológico, así como en algunos de ellos también el edafológico, en base fundamentalmente a medidas de pH y conductividad eléctrica del horizonte superficial del suelo.

Los puntos seleccionados corresponden a siete lagunas o charcas, y a ocho ríos y arroyos, todos ellos de naturaleza moderada o marcadamente salina (*Mapa 1*).

Lagunas y charcas:

Laguna Honda (UG9961, Alcaudete), Laguna de la Quinta (UG8679, Baena), Charca próxima a la Laguna de la Quinta (UG8779, Baena), Laguna del Brujuelo (VG4091, Jaén), Laguna del Salobral o del Conde (UG9458, Luque), Charca del Arroyo del Salado (UG9177, Santiago de Calatrava), Laguna del Arroyo Salado (UG9577, Santiago de Calatrava).

Ríos y arroyos:

Arroyo del Aljibejo (UG9563, Alcaudete), Río Guadajoz (UG9760, Alcaudete), Afluente del Río Guadajoz (UG9661, Alcaudete), Arroyo Saladillo (VG1599, Higuera de Arjona), Arroyo Salado de Torrequebradilla (VG4095, Jaén), Afluente del Arroyo Salado de Torrequebradilla (VG4094, Jaén), Arroyo Salado (UG9577, Santiago de Calatrava), Arroyo de las Cadenas (VG1995, Torredelcampo).

Desde el punto de vista de la conservación y protección, cabe destacar dos espacios entre los puntos estudiados dentro de la provincia de Jaén: Laguna Honda y Laguna del Brujuelo.

La *Laguna Honda* (UG9961), se sitúa en el Suroeste de la provincia de Jaén, aproximadamente a 5 km hacia el Oeste de la población de Alcaudete, perteneciendo a su término municipal; se incluye, por tanto, en el Sistema Natural de Tierra del Piedemonte Suroeste. Destaca su proximidad a otra laguna de interés destacado, la *Laguna del Chinche*, hacia el Noroeste (UG9863).

La topografía circundante es suave, constituida por cerros que rondan los 500 m de altura. La cota a la que se sitúa la laguna es de 460 m.

La superficie que ocupa el perímetro lagunar es próxima a las 1,2 ha, siendo la longitud y anchura máxima de 125 y 100 m, respectivamente.

La precipitación media anual es de 555 mm y la evapotranspiración potencial media (ETP) anual es de 1.114 mm, por lo que se produce un fuerte déficit hídrico. La temperatura media anual de las máximas es de 25,2° C, de las mínimas de 15,6° C, y de las medias de 20,4° C, siendo la de las máximas absolutas de 42,5° C y la de las mínimas absolutas de 0,3° C.

El sustrato litológico del entorno está formado por facies del Trías constituidas por margas y yesos. Los suelos que se originan a partir de estos materiales son, en la periferia de la laguna, de tipo vertisol (FAO-UNESCO, 1988), Chromoxerert éntico o Pelloxerert (s.s.s., 1988), con una aptitud agrícola moderada, y corresponden al tipo Solonchak órtico, anteriormente descrito, en el perímetro afectado por las oscilaciones hídricas directas de la laguna, donde la salinidad es mucho más elevada por la importante acumulación de sales procedentes de los terrenos circundantes, y que destaca especialmente en los períodos de desecación estival en los que se origina una gruesa costra de sales.

Los terrenos que rodean la laguna se caracterizan por su Alta a Bastante Alta Susceptibilidad a la erosión (Nivel V y VI en la escala de III a VIII, Moderada Susceptibilidad a Extremadamente Alta, presente en la provincia de Jaén), fundamentalmente debida a la delezabilidad de las margas triásicas y a la escasa protección que aporta el cultivo de olivar, situado parcialmente en zonas en pendiente, lo que contribuye a la pérdida de suelo y al proceso de colmatación de la laguna.

El carácter de la laguna es endorreico, existiendo además aporte de agua procedente de algún pequeño arroyo. Dado el carácter privado de los territorios que circundan la laguna, utilizados para el cultivo del olivar, tra-

dicionalmente ha experimentado también el proceso, de efecto opuesto, de la extracción de agua para riego.

La Laguna Honda constituye un enclave de especial interés en la provincia de Jaén, tanto por la relativa escasez en ella de espacios lagunares importantes de este tipo, con la peculiaridad del carácter salino, como por la relación que posee con la Laguna del Salobral o del Conde (Luque, Córdoba), anteriormente mencionada, que se sitúa a 5,5 km en dirección Suroeste, así como con las restantes formaciones lagunares del Sur de Córdoba, de aguas dulces o saladas (JUNTA DE ANDALUCÍA, 1989).

Su importancia biológica radica tanto en la fauna como en la flora, ya que la primera utiliza a la segunda en sus migraciones, estancia invernal o cría, y por sí misma en la importancia de una flora que presenta especies con una distribución muy restringida o dispersa en lugares de condiciones concretas dentro del ámbito provincial.

Además, la fragilidad de estos espacios es muy elevada. La desaparición de la vegetación natural, erosión, uso de pesticidas, extracción de agua, perforaciones, alteración en las poblaciones faunísticas o sus hábitats..., causadas en gran medida por la actividad agrícola poco controlada y la acción antrópica en general sobre el espacio, han deteriorado y pueden llegar a dañar aún más, incluso irreversiblemente, a los ecosistemas lagunares.

Con el fin de detener el proceso de deterioro mencionado, se han establecido una serie de medidas de protección. Son de aplicación para este espacio las normas de protección correspondientes a Zonas Húmedas Transformadas; además de las Normas Generales del Título II del Plan Especial de Protección del Medio Físico, le son de aplicación específicamente las Normas Particulares número 35 y 40, relativas al nivel de protección especial y a la calificación de Zonas Húmedas Transformadas (JUNTA DE ANDALUCÍA, 1988).

Las normas aplicables permiten la localización de determinadas instalaciones (construcciones agrarias, usos en edificaciones existentes, salinas...), siempre que no hipotequen futuras actuaciones. Se prohíben actividades residenciales, industriales, extractivas, edificios públicos...

Un mayor grado de protección se obtuvo con la Ley 2/89, de 18 de julio, por la que se aprueba el Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección, que clasificó a la Laguna Honda dentro de la categoría de *Reserva Natural*.

La *Laguna del Brujuelo* (VG4091), se sitúa en la zona central de la provincia, dentro del término municipal de Jaén, a unos 5 km al Sur de la población de Torrequebradilla. Se trata de un espacio situado dentro del Sistema Natural de Tierra Campiña Próxima al Guadalquivir.

La topografía de las tierras que circundan la laguna es muy suave, siendo la cota máxima de 501 m y la mínima de 480 m aproximadamente.

La superficie ocupada por la lámina de agua es cercana a las 3,75 ha. La longitud y anchura máxima son 300 y 150 m respectivamente.

La precipitación media anual se sitúa en 601 mm y la evapotranspiración potencial media (ETP) anual en 916 mm. La temperatura media anual de las máximas es de 22° C, la de las mínimas de 12,1° C y la de las medias de 17° C, siendo la de las máximas absolutas de 40,1° C y la de las mínimas absolutas de -2,3° C.

La laguna se sitúa en una zona de campiña caracterizada por los frecuentes afloramientos del Trías, constituidos por margas yesíferas y salinas. Sobre estos materiales se desarrollan suelos de tipo vertisol, por lo general de mala calidad para el cultivo, dada la gran concentración de sales que poseen, pero que son aprovechados habitualmente para el cultivo de olivar y, en vaguadas, para la instalación de salinas, en las que, de manera similar a la zona de la laguna más próxima a la lámina de agua y más afectada por sus oscilaciones y por la acumulación de sales, aparecen como en Laguna Honda, suelos de tipo Solonchak órtico, con alto contenido en yeso.

La Susceptibilidad a la erosión es Bastante Alta (Nivel VI) como consecuencia, igualmente, de las características del sustrato litológico, muy deleznable, y del uso agrícola (olivar), que no protege adecuadamente el suelo. Aunque en este caso las pendientes son menores a las de la Laguna Honda, la fuerte erosión da lugar a que la pérdida de suelo y su arrastre contribuyan de manera importante al proceso de colmatación de la laguna.

La laguna es de tipo endorreico y se alimenta de las aguas superficiales procedentes de la escorrentía. En los años más desfavorables llega a secarse totalmente en superficie, si bien permanece un manto de agua subsuperficial que aflora en pozas en las que se mantienen las poblaciones de Clorofitas y Angiospermas acuáticas durante la época estival. El proceso de desecación estival no es sólo consecuencia de la sequía, ya que se ve favorecido por la extracción de agua para el riego del olivar circundante.

Se trata en general de un espacio muy afectado por la influencia antrópica y sometido a una fuerte transformación en su entorno, lo cual conduce a un elevado grado de amenaza en su conservación, consecuencia especialmente de la casi completa eliminación de la vegetación natural, incluso en su perímetro más próximo; la alteración o supresión de los hábitats para la fauna acuática, aún más desprotegida durante la desecación estival; los procesos erosivos provocados por las labores agrícolas intensivas; y del empobrecimiento de los suelos por salinización, agravado por la utilización de agua con elevadas concentraciones de sales para el riego.

El interés de la laguna radica especialmente en la escasez de estos espacios en la provincia de Jaén, por lo que su recuperación supondría conseguir una serie de valores zoológicos y florísticos (especies vegetales típicamente asociadas a estos espacios; migraciones, estancia invernal o cría de aves), que en un medio tan transformado como la campiña giennense sería de gran valor conservar.

A pesar de la gran necesidad de protección y recuperación de esta laguna, no posee una figura de protección definida como en el caso de la Reserva Natural de la Laguna Honda, al igual que ocurre con otros espacios lagunares o de otra naturaleza, de gran interés y necesitados de conservación en la provincia. No obstante, el Plan Especial de Protección del Medio Físico para la provincia de Jaén (JUNTA DE ANDALUCÍA, 1988) destaca la Laguna o Charca del Brujuelo como uno de los espacios seleccionados y descritos en el Catálogo de zonas cuyos valores y amenaza de los mismos las sitúan como áreas primordiales para su conservación. Son de aplicación en este espacio las mismas Normas Generales y Particulares de protección descritas para la Laguna Honda y correspondientes a la calificación de Zonas Húmedas Transformadas.

Para ambos espacios lagunares resultan de gran interés, especialmente de cara a su recuperación, conservación y gestión, los datos florísticos, fitosociológicos, edafológicos y ecofisiológicos obtenidos del trabajo base de la presente publicación.

III. METODOLOGÍA

—Los procedimientos y criterios empleados en la obtención de los resultados climático-bioclimáticos y edafológicos que se incluyen en el presente artículo, se resumen en los siguientes apartados:

Climatología y Bioclimatología

Debido a la considerable extensión geográfica del territorio objeto de estudio, se seleccionaron una serie de estaciones meteorológicas escogidas al azar pero procurando la máxima representatividad de la zona, teniendo en cuenta la calidad de los datos disponibles (M.A.P.A., 1989). Las estaciones fueron las de Alcaudete, Andújar, Arjona, Jaén, Jódar, Mengibar (Aforos), Úbeda y Villanueva del Arzobispo, considerándose las de Alcaudete, Arjona y Jaén como representativas de las condiciones en los puntos (lagunas y charcas, ríos y arroyos) de los que se presentan datos en la presente publicación: Alcaudete (Arroyo del Aljibejo, Laguna Honda, Río Guadajoz, Laguna del Salobral o del Conde); Arjona (Arroyo Saladillo, Arroyo de las Cadenas); y Jaén (Arroyo Salado de Torrequebradilla, Laguna del Brujuelo). La Laguna de la Quinta y el Arroyo Salado (Charca, Laguna, Arroyo) de Santiago de Calatrava, más alejados, a rasgos generales se pueden situar como un caso intermedio entre las estaciones evaluadas más cercanas y equidistantes hacia el Sureste y Noreste, Alcaudete y Arjona.

Para cada una de las estaciones, se calcularon los siguientes índices climáticos: Índices de Mediterraneidad ($Im_{1,2,3}$) (RIVAS MARTÍNEZ, 1987); Índice de Aridez de De Martonne (I_a); Coeficiente Ombrotérmico de Emberger (Q) (EMBERGER, 1942); Índice de Continentalidad de Gorczynski (K); Índice de Continentalidad Termoplumiométrica (J) (DEL VALLE-MELLENDO, 1991). Igualmente, los índices bioclimáticos calculados, necesarios para establecer el bioclima, termotipo y ombrotipo del piso bioclimático al que pertenece cada una de las estaciones, fueron (RIVAS-MARTÍNEZ, 1996): Índice de Continentalidad (Intervalo Térmico Anual) (I_c); Índice de Termicidad (It); Índice de Termicidad Compensado (I_{tc}).

Edafología

La etapa de muestreo necesaria para la recolección de material a partir del cual obtener datos edafológicos, se estructuró en dos períodos: M1, segunda quincena del mes de agosto de 1996; y M2, segunda quincena del mes de octubre del mismo año, representativos respectivamente de las condiciones en verano y otoño, de relevante importancia dadas las fluctuaciones hídricas estacionales en arroyos y lagunas.

En ambos períodos, se tomaron muestras del horizonte A, con una profundidad de unos 20 cm, que incluye la zona de enraizamiento para la

mayor parte de las especies anuales estudiadas y la zona superior de la misma para algunas especies perennes y las leñosas.

Las muestras se tomaron en los dos períodos en puntos señalados y coincidentes aproximadamente en ambos, para las siguientes comunidades vegetales entre las seleccionadas y analizadas dentro del estudio florístico y fitosociológico, y en un número de puntos indicado entre paréntesis, para tres zonas: Laguna Honda (UG9961, Alcaudete), Laguna del Brujuelo (VG4091, Jaén) y Arroyo Saladillo (VG1599, Higuera de Arjona):

Laguna Honda: 1-*Scirpetum maritimi* (1); 2-*Aeluropo littoralis-Jungetum subulati* (3, en M1; 2, en M2); 3-*Elymo repentis-Tamaricetum canariensis* (1); 4-Comunidad dominada por *Elymus repens* subsp. *repens* (1); 5-*Parapholido incurvae-Frankenietum pulverulentae* (1); 6-*Suaedo splendentis-Salicornietum patulae* (1); 7-*Limonio quesadensis-Lygeetum sparti* (4); 8-*Typho angustifoliae-Phragmitetum australe* (1); 9-*Polypogono maritimi-Hordeetum marini* (1); A, B, C, D, E –zonas sin vegetación de mayor a menor distancia hacia el interior de la laguna en desecación (0, en M1; 5, en M2). Total, 14 en M1, 18 en M2.

Otras comunidades vegetales inventariadas en la **Laguna Honda:** 10-*Ruppium drepanensis*; 11-*Aeluropo littoralis-Puccinellietum tenuifoliae*; 12-Comunidad de *Centaurium spicatum* y *Polypogon maritimus* subsp. *maritimus*; 13-*Salsolo sodae-Atriplicetum chenopodioidis*.

Adicionalmente, se localizan manchas indicativas de: 15-*Holoschoeno-Jungetum acuti*, 14-*Suaedo splendentis-Salsoletum sodae*, 16-*Genisto speciosae-Retametum sphaerocarphae*, 17- *Crataego monogynae-Quercetum cocciferae* (Mapa 2).

Laguna del Brujuelo: 14-*Suaedo splendentis-Salsoletum sodae* (5); 8-*Typho angustifoliae-Phragmitetum australe* (1); 5-*Parapholido incurvae-Frankenietum pulverulentae* (1); 6-*Suaedo splendentis-Salicornietum patulae* (1). Total, 8.

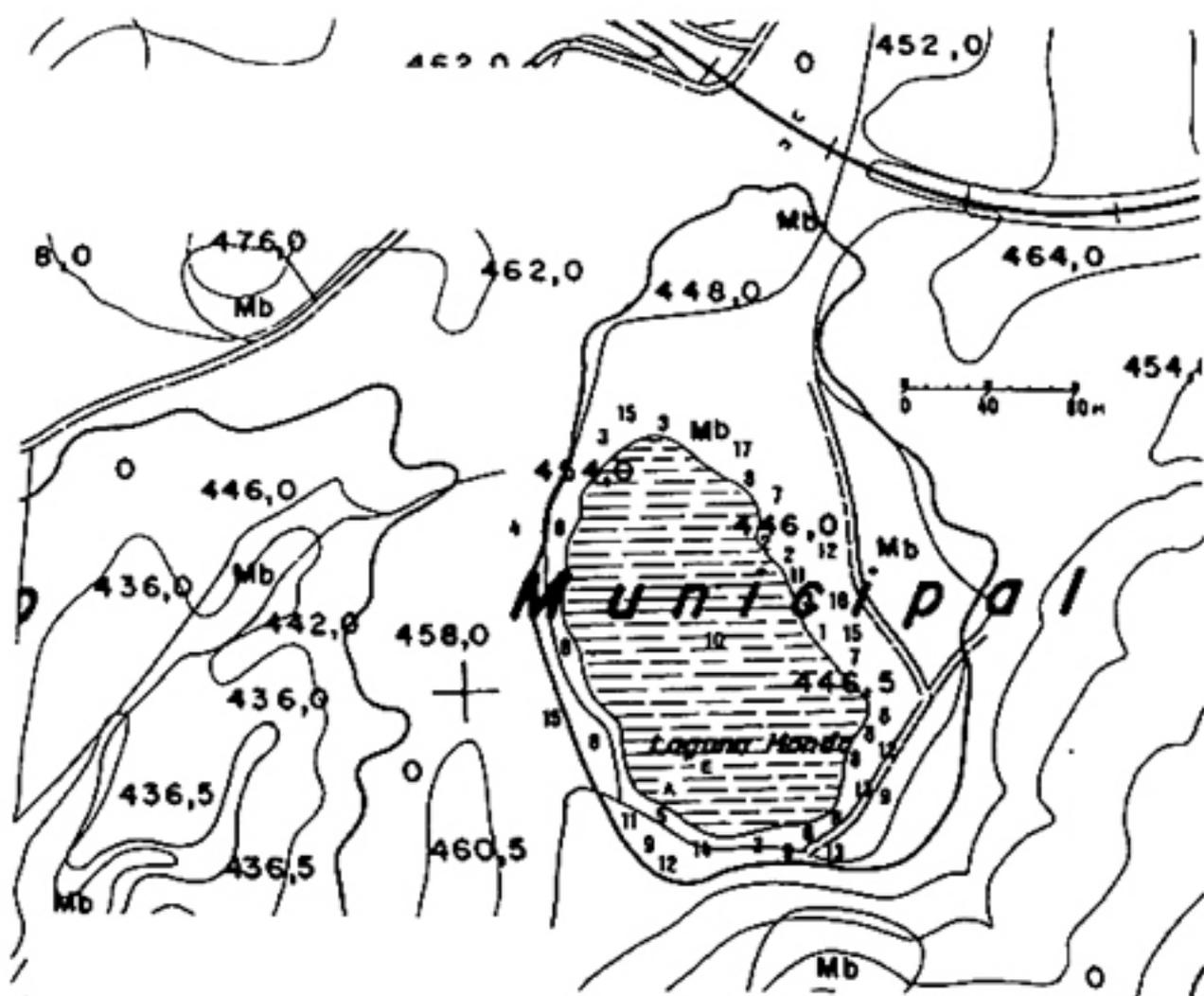
Otras comunidades vegetales inventariadas en la **Laguna del Brujuelo:** 10-*Ruppium drepanensis*; 7-*Limonio quesadensis-Lygeetum sparti*; 3-*Elymo repentis-Tamaricetum canariensis*.

Adicionalmente, se localizan manchas indicativas de: 12-Comunidad de *Centaurium spicatum* y *Polypogon maritimus* subsp. *maritimus*; 13-*Salsolo sodae-Atriplicetum chenopodioidis* (Mapa 3).

MAPA 2

SITUACIÓN DE LAS COMUNIDADES VEGETALES EN LA LAGUNA HONDA (ALCAUDETE) (UG9961, 450 m)

Fuente: JUNTA DE ANDALUCÍA. CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES (1995)
 Mapa Topográfico de Andalucía (E 1: 10.000). Hoja n.º 1-2 (968).



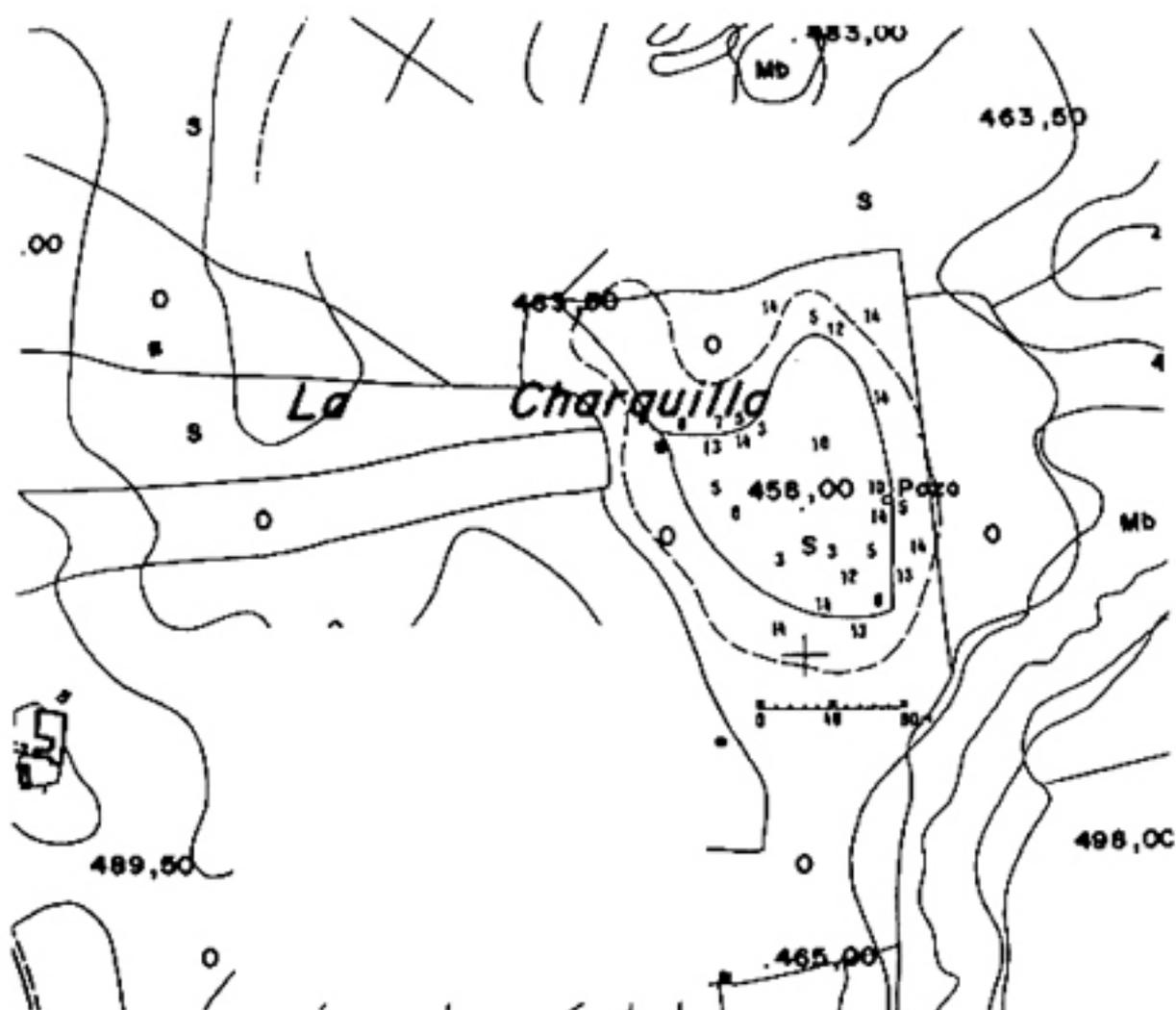
LEYENDA DE LAS COMUNIDADES VEGETALES

- | | |
|---|--|
| 1: <i>Scirpetum maritimi</i> | 11: <i>Aeluropo litoralis</i> - <i>Puccinellietum tenuifoliae</i> |
| 2: <i>Aeluropo litoralis</i> - <i>Juncetum subulatae</i> | 12: Comunidad de <i>Centaureum spicatum</i> y <i>Polygonum maritimum</i> subsp. <i>maritimum</i> |
| 3: <i>Elymus repens</i> - <i>Tamaricetum canariensis</i> | 13: <i>Salsola sosae</i> - <i>Atriplicetum chenopodioides</i> |
| 4: Comunidad dominada por <i>Elymus repens</i> subsp. <i>repens</i> | 14: <i>Suaeda splendens</i> - <i>Salsolietum sodae</i> |
| 5: <i>Parapholido incurvae</i> - <i>Frankenieta pulverulenta</i> | 15: <i>Holoschoeno</i> - <i>Juncetum acuti</i> |
| 6: <i>Suaeda splendens</i> - <i>Salicornietum patulae</i> | 16: <i>Genista speciosa</i> - <i>Retametum sphaerocarpace</i> |
| 7: <i>Limonia quesadensis</i> - <i>Lygeetum sparti</i> | 17: <i>Crataego monogyneae</i> - <i>Quercetum coccoleris</i> |
| 8: <i>Typha angustifoliae</i> - <i>Phragmitetum australe</i> | |
| 9: <i>Polygonum maritimi</i> - <i>Hordeetum marini</i> | |
| 10: <i>Ruppelletum drapanensis</i> | |
- A, B, C, D, E: Puntos sucesivos de muestreo de suelos a partir de la comunidad 5 hacia el interior de la laguna en desecación, sin ninguna comunidad desarrollada.

MAPA 3

SITUACIÓN DE LAS COMUNIDADES VEGETALES EN LA LAGUNA O CHARCA DEL BRUJUELO (VG4091, 460 m)

Fuente: JUNTA DE ANDALUCÍA. CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES (1992)
 Mapa Topográfico de Andalucía (E 1: 10.000). Hoja n.º 3-4 (926).



LEYENDA DE LAS COMUNIDADES VEGETALES

- 14: *Suaeda splendens* - *Salsolietum sodae*
- 8: *Typha angustifolia* - *Phragmitetum australe*
- 5: *Parapholida incurvae* - *Frankenietum pulverulentae*
- 6: *Suaeda splendens* - *Salicornietum patulae*
- 10: *Ruppiaetum drepanensis*
- 7: *Limonio quesadensis* - *Lygeetum sparti*
- 3: *Elymo repens* - *Tamaricetum canariensis*
- 12: Comunidad de *Centaureum spicatum* y *Polypogon maritimus* subsp. *maritimus*
- 13: *Salsola sodae* - *Atriplicetum chenopodioides*

Arroyo Saladillo: 14-*Suaedo splendidis-Salsolietum sodae* (4); 9-*Polypogono maritimi-Hordeetum marini* (4); 2-*Aeluropo littoralis-Juncetum subulati* (2); 3-*Elymo repentis-Tamaricetum canariensis* (1). Total, 11.

Otras comunidades vegetales inventariadas en el **Arroyo Saladillo:** 8-*Typho angustifoliae-Phragmitetum australe*; 11-*Aeluropo littoralis-Puccinellietum tenuifoliae*; 5-*Parapholido incurvae-Frankenietum pulverulentae* subas. *spergularietosum tangerinae*; 12-Comunidad de *Centaurium spicatum* y *Polypogon maritimus* subsp. *maritimus*; 13-*Salsolo sodae-Atriplicetum chenopodioidis*.

Adicionalmente, se localizan manchas indicativas de: 4-Comunidad dominada por *Elymus repens* subsp. *repens* (Mapa 4).

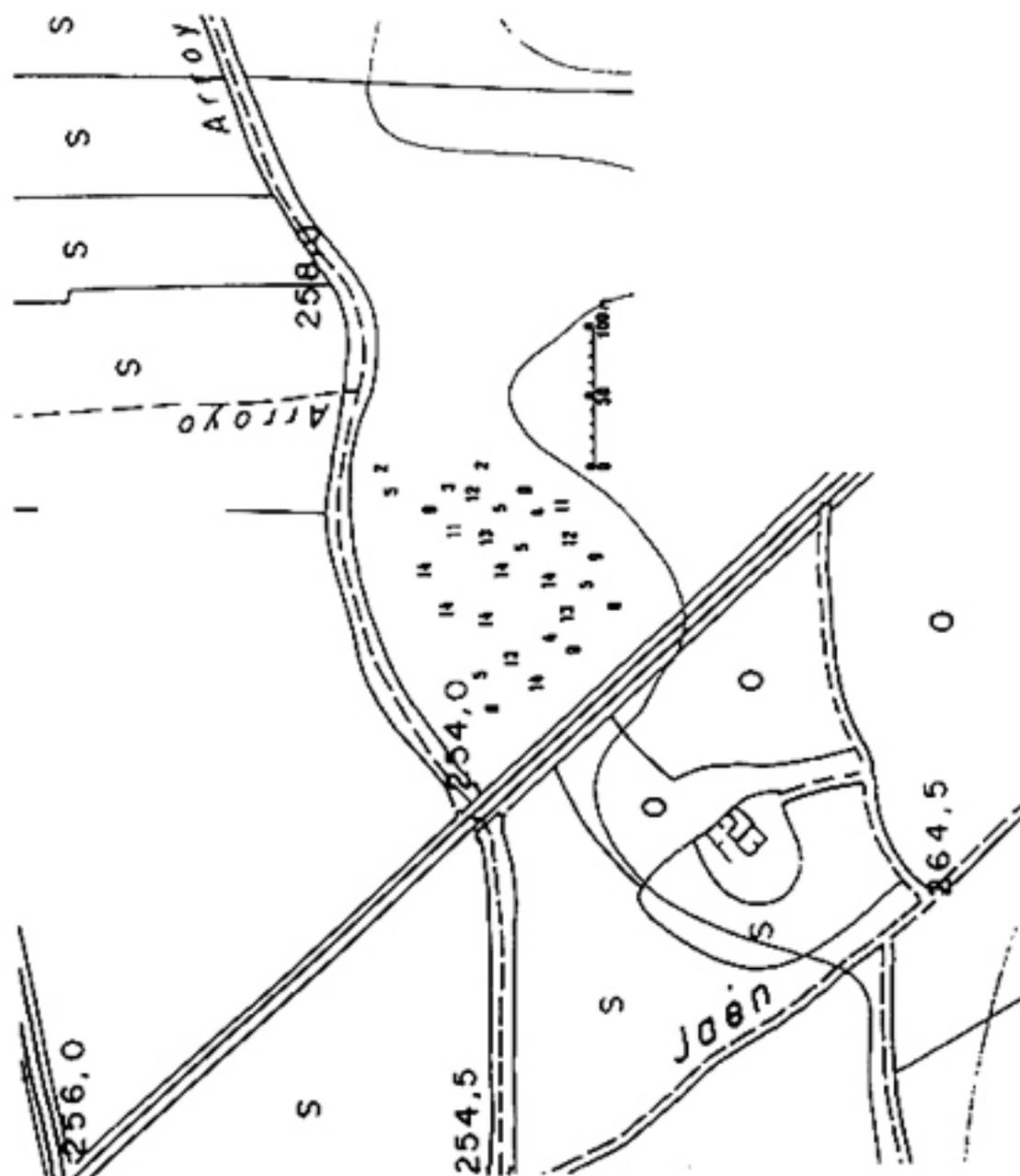
Las muestras recogidas en las comunidades seleccionadas (33 para M1; 37 para M2), se expusieron en bolsas abiertas para su desecación a temperatura ambiente. Una vez secas al aire, las muestras de ambos períodos de muestreo: a) Se disgregaron, proceso en general dificultoso, dada la textura de gran parte de este tipo de suelos, muy arcillosa y compacta en seco, especialmente en los procedentes del Arroyo Saladillo y zonas más próximas al fondo lagunar de la Laguna Honda; b) Las muestras disgregadas, se tamizaron a través de un tamiz de 2 mm de diámetro de poro, con el fin de separar las porciones correspondientes a tierra fina (< 2 mm) y grava (> 2 mm). Con la porción correspondiente a tierra fina, se procedió a la aplicación de la metodología necesaria para la obtención de datos de pH y conductividad eléctrica.

Tanto pH como conductividad, se obtuvieron siguiendo dos métodos: a) Método de obtención de datos de conductividad (y pH) a partir del extracto de saturación del suelo, procedente de la preparación de una pasta saturada (RICHARDS, 1954; BOWER & WILCOX, 1965); b) Método de medición del pH en suspensión acuosa (PEECH, 1965), en proporción 1:2,5 tierra fina-agua destilada, según lo recomendado por HERRERO-ÍSERN (1991) para suelos yesosos, y Método preliminar (prueba previa de salinidad) de medición de la conductividad por dilución, en proporción 1:5 tierra fina-agua destilada, como recomienda este último autor. El Método a), es considerado como el óptimo para obtener datos de conductividad para suelos salinos y yesosos, especialmente cuando se desea precisar la naturaleza de los iones solubles y compararla con otros ámbitos. El Método b), es el más adecuado y habitualmente

MAPA 4

SITUACIÓN DE LAS COMUNIDADES VEGETALES EN EL ARROYO SALADILLO (HIGUERA DE ARJONA) (VG1599, 255 m)

Fuente: JUNTA DE ANDALUCÍA. CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES (1997)
 Mapa Topográfico de Andalucía (E 1: 10.000). Hoja n.º 3-2 (925).



LEYENDA DE LAS COMUNIDADES VEGETALES

- 14: *Suaeda splendens* - *Salsolietum sodae*
- 9: *Polygono maritimi* - *Hordeetum marini*
- 2: *Aeluropo litoralis* - *Juncetum subulati*
- 3: *Elymo repens* - *Tamaricetum cenariensis*
- 8: *Typha angustifoliae* - *Phragmitetum australe*
- 11: *Aeluropo litoralis* - *Puccinellietum tenuifoliae*
- 5: *Parapholido incurvae* - *Frankanietum pulverulentae* subsp. *spergularietosum tangerinae*
- 12: Comunidad de *Centaureum spicatum* y *Polygona maritima* subsp. *maritima*
- 13: *Salsola arbuscula* - *Atriplicetum chenopodioides*
- 4: Comunidad dominada por *Elymus repens* subsp. *repens*

utilizado para la medición de pH, siendo poco discriminante en la medida de la conductividad para este tipo de suelos.

En ambos métodos, se obtuvieron tres medidas de conductividad y de pH para cada extracto o dilución, con el fin de considerar el error de medida, y se calculó la media aritmética para cada punto. Posteriormente, se obtuvo el valor medio de pH (a través de la media de la concentración de H^+) y la media aritmética de la conductividad eléctrica, para cada lugar y período de muestreo, junto a las desviaciones estándar correspondientes. Finalmente, se calculó el valor medio y la desviación estándar entre ambos períodos de muestreo en cada lugar y para cada método.

La medida de conductividad se realizó empleando un conductivímetro HANNA HI 8819N y expresando las mediciones en mS/cm (dS/m), mientras que para la medida del pH se utilizó un pH metro CRISON (CRISON micro pH 2000).

IV. RESULTADOS

A. Estudio climatológico:

Los resultados obtenidos para las estaciones seleccionadas como representativas de las lagunas y charcas, ríos y arroyos estudiados (Alcaudete, Arjona y Jaén), se pueden resumir en los siguientes apartados:

–Las tres estaciones pertenecen al **Macrobioclima Mediterráneo (M)** y al **Bioclima Mediterráneo pluviestacional oceánico (Mpo)**.

–Según sus valores de **Io**, el **ombrotipo** (piso bioclimático) al que pertenecen las tres, es el **seco**.

–Según los valores de **Ite**, las estaciones pertenecerían a los siguientes **termotipos** (pisos bioclimáticos):

Según el **Ite sin correcciones**, tanto **ARJONA** como **JAÉN** pertenecen al **Termotipo Mesomediterráneo inferior**, mientras que **ALCAU-DETE** pertenece al **Inframediterráneo superior**.

• Es importante destacar cómo diferentes factores dan lugar a que los resultados correspondientes al **Ite** no sean del todo correctos:

En primer lugar, las correcciones para el **Ite** (y para la Temperatura media anual, **T**; la Temperatura media de las máximas del mes más frío, **M**;

e Índice de Termicidad, *It*), por diferencia en altitud de las estaciones que superan los 200 m, propuestas por RIVAS-MARTÍNEZ (1996), conducen a una clasificación muy extrema que en principio no se puede dar por válida según los criterios aceptados hasta el momento.

Por otra parte, la posición asignada a la estación de **ALCAUDETE**, indicada tanto por el *Itc* con correcciones como por el que carece de ellas, que también es excesiva y se contradice con los bioindicadores vegetales presentes en la zona, se debe a que el período de recogida de datos de temperatura para la estación (6 años) es inferior al mínimo de 25 años aconsejable para que los datos a partir de los cuales se calculan los índices sean significativos. Su posición se podría asignar como mucho a un piso **Termomediterráneo**, y con mayor prudencia al **Mesomediterráneo**.

—Según los valores de *Ic*, las tres estaciones pertenecen al tipo de continentalidad **Semioceánico**.

—La estación de **ALCAUDETE** es la más mediterránea, y la de **JAÉN** la de menor mediterraneidad.

—La estación más árida es la de **ALCAUDETE**, y la más húmeda la de **JAÉN**.

—La estación de mayor termicidad es la de **ALCAUDETE**, y la de **ARJONA** la de menor termicidad, pero próxima a la de **JAÉN**.

—La estación más continental es **ALCAUDETE** (según *Ic*, *K* y *J*), y la más oceánica es **JAÉN**, según *Ic* y *K*, y **ARJONA** (próxima a la de **JAÉN**), según *J*.

Por tanto, los valores extremos en cuanto a clima se darían en las estaciones de **ALCAUDETE** y **JAÉN**, ocupando **ARJONA** la posición intermedia, más próxima a la de **JAÉN**.

B. Estudio edafológico:

Se presentan (*Tabla 1*), para Laguna Honda (L.H.), Laguna del Brujuelo (L.B.) y Arroyo Saladillo (A.S.), las medias de los valores de pH y conductividad eléctrica (C.E.) obtenidos para las muestras de horizonte superficial tomadas en cada una de las tres zonas, en dos períodos de muestreo (M1, agosto y M2, octubre), y empleando dos métodos diferentes (Pasta saturada, P.S.; y Dilución, D), así como los valores correspondientes de la desviación estándar (*T1a*). También se incluyen valores medios obtenidos a

partir de los valores medios anteriormente calculados, para ambos métodos y cada una de las tres zonas, entre ambos períodos de muestreo (T1b).

T1a		L.H. M1	L.H. M2	L.B. M1	L.B. M2	A.S. M1	A.S. M2
pH	P.S.	7,9 ± 0,3	8,1 ± 0,1	7,6 ± 0,1	7,7 ± 0,2	8,0 ± 0,2	8,0 ± 0,2
pH	D. 1:2,5	8,2 ± 0,5	8,3 ± 0,4	7,9 ± 0,03	7,8 ± 0,1	8,2 ± 0,1	8,0 ± 0,2
C.E.	P.S.	46,94 ± 29,59	31,11 ± 24,31	37,69 ± 15,49	42,80 ± 30,96	48,92 ± 33,66	56,37 ± 39,19
C.E.	D. 1:5	9,23 ± 4,67	6,04 ± 4,30	7,03 ± 3,25	7,56 ± 4,46	12,37 ± 7,62	11,85 ± 7,18
N.º de muestras		14	18	8	8	11	11

T1b		L.H.	L.B.	A.S.
pH	P.S.	8,0 ± 0,1	7,6 ± 0,04	8,0 ± 0,03
pH	D. 1:2,5	8,2 ± 0,01	7,9 ± 0,04	8,1 ± 0,1
C.E.	P.S.	39,02 ± 11,20	40,24 ± 3,61	52,65 ± 5,26
C.E.	D. 1:5	7,63 ± 2,26	7,29 ± 0,37	12,11 ± 0,37
N.º de muestras		32	16	22

Tabla 1: Valores medios de pH y conductividad eléctrica (C.E., dS/m o mS/cm) del horizonte superior del suelo, para cada zona (Laguna Honda, L.H.; Laguna del Brujuelo, L.B.; Arroyo Saladillo, A.S.), período de muestreo (M1, agosto; M2, octubre) y método empleado (Pasta Saturada, P.S.; Dilución, D. 1:2,5 o 1:5, tierra fina-agua destilada), junto a los valores de desviación estándar correspondientes (T1a). Valores medios y desviación estándar, según cada método, entre ambos períodos de muestreo para cada zona (T1b).

A nivel general, los resultados basados en las medias del conjunto de sustratos de las comunidades de cada zona, indican:

-Valores medios de pH similares para Laguna Honda y Arroyo Saladillo, siendo el pH medio algo inferior en la Laguna del Brujuelo; valores medios de conductividad eléctrica similares para Laguna Honda y Laguna del Brujuelo, siendo este valor superior en el Arroyo Saladillo; diferencias en los valores medios de pH poco marcadas de agosto a octubre en las tres zonas muestreadas; valores medios de conductividad eléctrica superiores o similares en octubre respecto al mes de agosto en Laguna del Brujuelo y Arroyo Saladillo, siendo inferior el valor en Laguna Honda. Los valores de desvia-

ción estándar indican que las diferencias entre los meses de agosto y octubre son más marcadas en la Laguna Honda, siendo menos destacadas o despreciables en los otros dos puntos de muestreo.

—Los valores medios de pH para estos hábitats halofíticos, teniendo en cuenta los puntos estudiados y las estaciones de verano-otoño, oscilarían en un rango de $7,6 \pm 0,1 - 8,1 \pm 0,1$ (Pasta Saturada), o $7,8 \pm 0,1 - 8,3 \pm 0,4$ (Dilución 1:2,5). Los valores de desviación estándar bajos, indican escasas diferencias en pH entre los sustratos de las comunidades vegetales muestreadas dentro de cada una de las tres zonas.

—Los valores medios de conductividad eléctrica para estos hábitats, teniendo en cuenta los mismos datos, oscilarían en un rango de $31,11 \pm 24,31 - 56,37 \pm 39,19$ dS/m (mS/cm) (Pasta Saturada), o $6,04 \pm 4,30 - 12,37 \pm 7,62$ dS/m (mS/cm) (Dilución 1:5). Los elevados valores de desviación estándar obtenidos, indican considerables diferencias en conductividad eléctrica entre los sustratos de las comunidades vegetales muestreadas dentro de cada una de las tres zonas.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR-RUIZ, J. et al. 1987: *Memoria del mapa de suelos de la provincia de Jaén (E. 1:200.000)*. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Campus Universitario de Cartuja. Granada.
- BOWER, C. A., y L. V. WILCOX, 1965: «Soluble salts», en *Methods of Soils Analysis Part 2*. BLACK, C.A. [ed.]. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin, págs. 933-940.
- DEL VALLE-MELENDO, J. 1991: «Propuesta de un índice climático para evaluar la continentalidad termoplumiométrica», *Lucas Mallada*, 3: 129-135. Zaragoza.
- EMBERGER, L. 1942: «Un projet d'une classification des climats du point de vue phytogéographique», *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 77: 97-124.
- FAO-UNESCO. 1988: «Soil Map of the World», *World Soil Resources Report*, 60. FAO. 138 págs.
- FLOWERS, T. 1975: «Halophytes», en *Ion transport in Cells and Tissues*. D.A. BAKER, y J. L. HALL [eds.], págs. 309-334. North Holland Publ. Co. Amsterdam.
- GORHAM, J. 1995: «Mechanisms of salt tolerance of halophytes», en *Halophytes in Biosaline Agriculture*. R. CHOUKR-ALLAH, C. V. MALCOLM y A. HAMDY [eds.]. Marcel Dekker, Inc. New York, págs. 31-54.
- HERRERO-ISERN, J. 1991: *Morfología y génesis de suelos sobre yesos*, Colección Monografías I.N.I.A., 77. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. José Abascal, 56. 28003-Madrid.
- HIGUERAS-ARNAL, A. 1961: «El Alto Guadalquivir. Estudio Geográfico». Tesis Doctoral de la Universidad de Granada. C.S.I.C. Instituto de Estudios Giennenses. Ed. Librería General. Zaragoza.
- JUNTA DE ANDALUCÍA. 1988: *Plan Especial de Protección del Medio Físico y Catálogo de la Provincia de Jaén*. Consejería de Obras Públicas y Transportes. Dirección General de Urbanismo. Centro de Estudios Territoriales y Urbanos. Sevilla.
- JUNTA DE ANDALUCÍA. 1989: *Plan Rector de Uso y Gestión de las Reservas Naturales de las Zonas Húmedas del Sur de Córdoba*. TORRES-ESQUIVIAS, J.A. et al. Agencia de Medio Ambiente (A.M.A.). Dirección Provincial del A.M.A. Córdoba.
- JUNTA DE ANDALUCÍA. «Mapa Topográfico de Andalucía (E. 1:10.000)». Hojas núms. 3-2 (925), 1997; núms. 3-4 (926), 1992; y núms. 1-2 (968), 1995. Consejería de Obras Públicas y Transportes. Instituto de Cartografía de Andalucía. Patio Banderas, 14. 41004-Sevilla.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. 1989: *Caracterización Agroclimática de la provincia de Jaén*. Dirección General de la Producción Agraria. Secretaría General Técnica del M.A.P.A. Paseo Infanta Isabel, 1. 28014-Madrid.
- PEECH, M. 1965: «Hydrogen-ion activity», en *Methods of Soils Analysis, Part 2*. BLACK, C.A. [ed.]. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin, págs. 914-916.
- RICHARDS, L.A. 1954: «Diagnosis and improvement of saline and alkali soils». U.S. Salinity Laboratory. U.S. Dept. Agric. Handbook, 60.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. 1987: *Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España*. E. 1:400.000. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. I.C.O.N.A. Madrid.

- RIVAS-MARTÍNEZ, S. 1996: «Clasificación Bioclimática de la Tierra (Bioclimatic Classification System of the World)». *Folia Botanica Matritensis*, 16. Madrid, 33 págs.
- SÁNCHEZ-GÓMEZ, P.; J. F. MOTA-POVEDA; F. GÓMEZ-MERCADO; F. SÁEZ-SOTO 1994: «Utilización de criterios bioclimáticos y florísticos en la subdivisión biogeográfica del sector Subbético (provincia Bética)», *Acta Botanica Malacitana*, 19: 185-198.
- SOIL SURVEY STAFF. 1988: «Keys to Soil Taxonomy (fourth printing)», *SMSS technical monograph*, 6. Cornell University. Ithaca. New York.

ARQUEOLOGÍA