

Domínguez Beisiegel, M. y Castañeda del Álamo, C. (2008): Revisión histórica y actualización del inventario de humedales salinos de Monegros Sur. Base para una propuesta RAMSAR. En: Hernández, L. y Parreño, J. M. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial*. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria. Pp. 564-575. ISBN: 978-84-96971-53-0.

REVISIÓN HISTÓRICA Y ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE HUMEDALES SALINOS DE MONEGROS SUR. BASE PARA UNA PROPUESTA RAMSAR

Domínguez Beisiegel, M.¹ y Castañeda del Álamo, C.²

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria del Gobierno de Aragón, Unidad Asociada al CSIC, Av. Monatañana 930, 50059 Zaragoza. mdominguezb@aragon.es; ccastanneda@aragon.es

RESUMEN

En el marco nacional e internacional, el inventario de humedales es un objetivo de los planes estratégicos de conservación. En este contexto se ha reconocido la importancia de disponer de inventarios amplios, de designar sitios RAMSAR, y documentar e identificar los humedales perdidos o los susceptibles de restauración. Este trabajo presenta un inventario actualizado de los humedales salinos de Monegros Sur y describe su evolución desde 1927. El desarrollo de los sistemas de información geográfica (SIG) y la teledetección han permitido una mejor y mayor utilización de los datos espaciales. Para el inventario se ha empleado el análisis cartográfico basado en un SIG utilizando imágenes de satélite, fotografías aéreas, mapas, documentos inéditos, y estudios sobre el terreno. La vegetación, el régimen hídrico y la geomorfología han sido los elementos fundamentales empleados para reconocer estos humedales. La presión humana ha favorecido su modificación en número, tamaño y forma, y es el principal factor de control del estado de conservación de los elementos paisajísticos que los caracterizan. La información obtenida contribuye al conocimiento y conservación de nuestro patrimonio natural y ayudará a establecer las bases para proponer su inclusión en la lista RAMSAR.

Palabras Clave: Fotointerpretación, salinidad, paisaje agrícola, hábitat, Red Natura 2000

ABSTRACT

Wetlands inventory is a key objective in conservation policies in national and international frameworks. In this context the importance of getting comprehensive inventories and designating RAMSAR sites has been recognized. These strategies require identifying the wetland loss, and their degradation and restoration possibilities. In this work we present the updated inventory of Monegros saline wetlands and its historical evolution from 1927 to nowadays. The development of geographic information systems (GIS) and remote sensing techniques have allowed a better and major exploitation of the spatial information. Our wetlands inventory was accomplished by means of a cartographic analysis based on a GIS and incorporating satellite images, aerial photographs, maps, unpublished documents, and ground data. Vegetation, water regime, and geomorphology have been the three main features used for wetlands recognition. Human pressure yielded the degradation of wetlands in number, size, and shape, and is the main controlling factor of the landscape's conservation status. The obtained information allows to establish the base for proposing them as RAMSAR site, contributing to the knowledge and conservation of our natural heritage.

Key words: Photo-interpretation, salinity, agricultural landscape, habitat, Natura 2000 Network.

INTRODUCCIÓN

El inventario, el estudio retrospectivo, y el conocimiento de la tendencia evolutiva de los humedales salinos de Monegros Sur son clave para su conservación y su gestión ambiental. Su caracterización histórica en el marco paisajístico que los engloba permitirá definir los factores de transformación resultantes de la fragmentación del paisaje, de los hábitats naturales y su homogeneización.

El equilibrio entre medio ambiente y agricultura ha recobrado interés teniendo en cuenta la posición estratégica de la comarca natural y su valor ecológico. Monegros Sur, hasta ahora un secano cerealista, se está transformado en regadío para incrementar su rendimiento y productividad agrícola. Este cambio puede traducirse en una amenaza para los hábitats actuales, o en la destrucción total de unos de los pocos humedales salinos europeos.

Estos riesgos se han constatado en trabajos anteriores (Castañeda y Herrero, 2008; Domínguez et al., 2006; Pedrocchi, 1998). Los ecólogos consideran que la fragmentación del paisaje y la distancia entre fragmentos obedecen a las particularidades y a la calidad de los hábitats de su entorno próximo (Forman y Godron, 1986). Así, la conservación de estos humedales salinos puede evaluarse por su número y su nivel de degradación.

La Convención de Ramsar ha reconocido la importancia de los inventarios de humedales para conformar las políticas y otras medidas destinadas a alcanzar su conservación y uso racional a través de la Lista de Humedales de Importancia Internacional. Los criterios para la selección de humedales de Importancia Internacional deben basarse en aspectos ecológicos, botánicos, zoológicos, limnológicos, e hidrológicos. Los humedales a proponer a dicha Lista deben ser representativos, raros o únicos, sustentar algún tipo de especie vulnerable o en peligro, así como albergar especies vegetales o animales de importancia para la biodiversidad. Además, como criterio principal, deben incluirse los humedales catalogados para la conservación de las aves acuáticas en cualquier estación del año.

El Sistema de Clasificación de Tipos de Humedales Ramsar (Ramsar Convention Secretariat, 2006) tiene valor como descripción básica de los principales hábitats en un marco muy amplio, aunque no se adapta a la descripción de todos los hábitats de humedales (Zalidis et al., 1996; Costa et al., 1996). En este trabajo se ha empleado una clasificación adaptada a los rasgos específicos de estos saladares de medio árido como su morfología, tamaño, presencia de vegetación, y régimen hídrico. Los humedales de Monegros son únicos por sus características biogeográficas y podrían incluirse en la Lista Ramsar por albergar plantas amparadas por el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón (C.E.A.A.) y la Directiva Hábitats (Directiva 92/43), y por contener Zonas de Especial Protección para las Aves (Z.E.P.A.S.) y Lugares de Interés Comunitario (L.I.C.).

En la actualidad el regadío amenaza la pervivencia de estos humedales salinos cuyo pasado, cultural y económico formó parte de la vida de los habitantes de la zona. Se ha producido una homogeneización del paisaje y la desaparición relativamente rápida de saladares. La respuesta de estos humedales a la presión humana se traduce en una pérdida de biodiversidad. Quizá el abandono de tierras agrícolas limítrofes a los humedales diera paso a la regeneración de la vegetación potencial y a la recuperación de estos hábitats de gran valor ecológico; aunque también pudiera contribuir a su pérdida, ya que están adaptados históricamente a estas condiciones agroecológicas (González, 1992; Naveh, 1994).

El objetivo de este trabajo es ofrecer una visión integrada de los humedales de Monegros Sur explicando los elementos actuales del paisaje a través de hitos históricos. Para ello se han establecido dos objetivos parciales. Primero, la revisión histórica y actualización del inventario de humedales salinos. Segundo, la identificación de cambios espacio-temporales observables desde 1927 hasta la actualidad y su valoración cualitativa.

Generalmente, los inventarios se han basado en estudios sobre el terreno apoyados en fotografía aérea y mapas topográficos. El avance de los SIG, la mejora de la resolución espacial de las imágenes de satélite y el desarrollo de la teledetección, facilitan el inventario y la recolección de información. En este trabajo se emplea la fotointerpretación y los SIG como principales herramientas.

ZONA DE ESTUDIO

Contexto geográfico y medio físico

Los humedales salinos de Bujaraloz-Sástago, en la comarca de Monegros, son depresiones endorreicas originadas por karstificación y erosión eólica. Se localizan sobre una plataforma estructural Terciaria en el centro de la depresión del Ebro (Figura 1) con una altitud entre 320 y 417 m.s.n.m, y limitan al Este con el barranco de la Valcuerna, al Oeste con los Montes de Retuerta, y al Sur con el escarpe abarrancado que desciende a la llanura aluvial del Ebro.

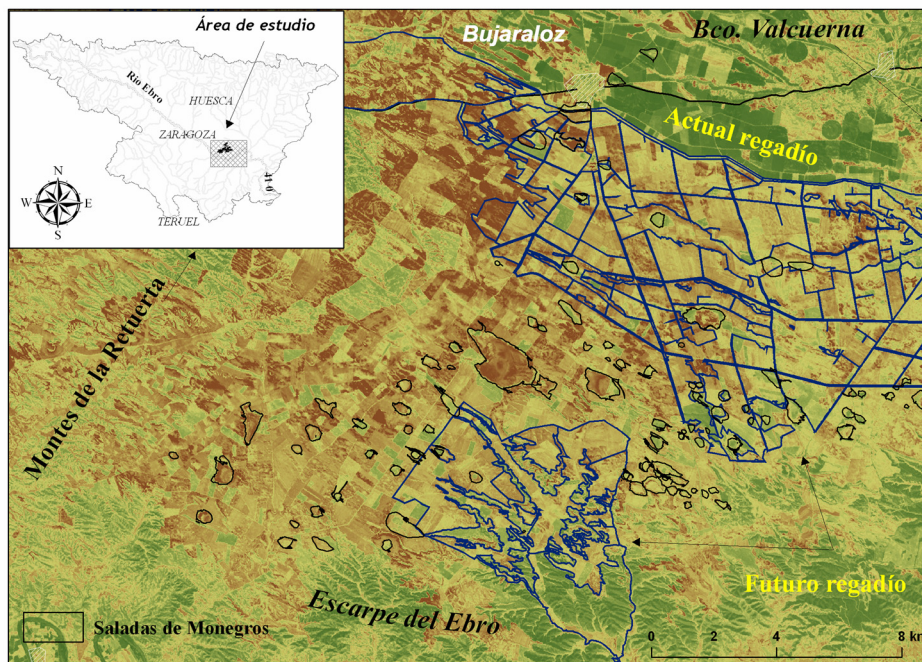


Figura 1. Mapa de localización de las saladas de Monegros. Inventario actual superpuesto a la banda 1 de una imagen del satélite ASTER de 5 de julio de 2005. En verde, la vegetación.

El clima, mediterráneo continental, es el más árido de la cuenca del Ebro con una precipitación media anual de 350 mm en los últimos 20 años, según registros de los observatorios de Bujaraloz “Petris” (I.N.M.), y de Valfarta “La Roca” (Red SIAR-DGA). Esta escasez se añade a la irregularidad de la lluvia, con máximos en primavera y en otoño, y mínimos en verano e invierno. El cierzo, viento dominante de procedencia NW, es desecante y activa la evaporación acentuando el déficit hídrico en la zona. La evapotranspiración de referencia (ET0) media, calculada por Martínez-Cob y col. (1998) con el método de FAO Blaney-Cridley, es algo superior a 1183 mm.

Los humedales de Monegros se asientan sobre un conjunto litológico heterogéneo donde predominan calizas, yesos, y lutitas, generalmente carbonatadas y yesíferas. En estos estratos horizontales se ha generado un paisaje caracterizado por vales y suaves cubetas de diferente tamaño. En ellas se sitúan los humedales, especialmente desarrollados en los terrenos más calcáreos. Los sedimentos cuaternarios de las vales y las cubetas endorreicas son limos y arcillas, a menudo con muchas sales, y pueden alcanzar más de 2 m de espesor. La orientación NW-SE de las vales, los escarpes, y las depresiones cerradas está relacionada con las diaclasas existentes (Pedrocchi et al., 1989) y la dirección del viento dominante.

No existe una cartografía específica de suelos de los saladares. Hay estudios de reconocimiento y croquis elaborados en los años 60 y 70 del S. XX por contratistas para estudios previos a la transformación en regadío del Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. En la zona agrícola los suelos son no salinos con poco contenido en materia orgánica; la pedregosidad es variable debido a la profundidad del laboreo y a los despedregues. En los fondos de las saladas los suelos son poco o nada pedregosos, muy salinos y con acumulaciones de materia orgánica relacionadas con el desarrollo de tapices de algas y de microorganismos extremófilos.

González (1992) distingue dos tipos de humedales salinos en la zona según su régimen hidrológico, clotas y saladas. Define las clotas como depresiones redondeadas de bordes netos que, en ocasiones, han sido cultivadas total o parcialmente evitando los fondos más salinos y húmedos. El término salada lo aplica a las lagunas temporales hipersalinas que son de mayor tamaño que las clotas y presentan agua más a menudo junto a frecuentes tapices microbianos y eflorescencias. Dentro de este grupo, menciona los playa-lake, de fondo muy plano, destacando las eflorescencias y costras de sales solubles. Las salmueras en estos fondos tuvieron en algunos casos usos extractivos (Laguna de La Playa, Salineta).

Castañeda (2002) recoge los vocablos aceptados por otros autores y señala como acertado el término de salada de forma genérica para designar dos tipos de depresiones, lagunas y clotas. En este trabajo se acepta esta clasificación incluyendo el topónimo de hoyas u hoyos para las de bordes más suaves y, generalmente, más secas. La variabilidad del régimen hídrico de las saladas se relaciona con su origen, grado de desarrollo, y localización respecto a las unidades hidrogeológicas definidas en la zona (Castañeda y Herrero, 2005). Todas son áreas de descarga del agua subterránea aunque no se descartan procesos de infiltración debido a la densidad de las salmueras (García Vera, 1996). Éstas, al evaporarse, depositan sales, frecuentemente arrastradas por el viento.

La vegetación natural, cuyo interés pusieron de manifiesto Braun-Blanquet y Bolòs (1958) y Molero et al. (1989), está hoy restringida a los taludes y, en ocasiones, al interior de estos humedales. Las clotas contienen vegetación en su fondo húmedo y salino, distinguiéndose así de las saladas de fondo desnudo (pan, mudflat) que se inundan con más frecuencia. Predominan la estepa salina mediterránea (*Suaeda vera* y *Arthrocnemum macrostachyum*), matorrales halonitrófilos (*Salsola vermiculata*), y matorrales gipsófilos (*Lygeum spartum*). Casi la mitad de la superficie de los humedales son hábitats incluidos en la Directiva 97/62/CEE (Domínguez et al., 2006); el resto, lo componen los fondos salinos desnudos de los playa-lake, y los vertidos procedentes del despedregue de los campos próximos. Se ha observado una gradación del recubrimiento de la vegetación y su disposición en bandas. Esto se relaciona con la microtopografía de los fondos, y con el estado de humedad y la composición del suelo (Herrero, 1982).

El paisaje

El paisaje, condicionado desde siempre por la agricultura, se presenta como una extensa llanura surcada de suaves ondulaciones, depresiones y vales con pendiente entre el 5% y el 2%. El cereal, el régimen hídrico de las saladas, y los estados de superficie asociados, establecen una marcada estacionalidad que se traduce en cambios drásticos del color del paisaje, especialmente entre la primavera y el verano.

Actualmente este paisaje se está modificando y se ha observado una pérdida de actividades arraigadas hasta hace poco, como el pastoreo (De los Ríos, 1982). Al norte se distingue una franja definida por el regadío, con predominio de alfalfa y maíz, y por la expansión agro-industrial en las inmediaciones del núcleo de Bujaraloz. Dada la horizontalidad del terreno, es especialmente visible la creciente edificación de granjas y desecadoras de alfalfa, que ocasionan la pérdida de calidad del paisaje. Más al sur se desdibuja un paisaje de humedales diseminados y confinados entre campos de secano dedicados al trigo duro y la cebada. Gran parte de este secano será transformado en regadío en los próximos años.

Desde la introducción de maquinaria hasta la concentración parcelaria asociada a la instalación del regadío se ha producido un cambio en el color y los patrones del paisaje. Muchos humedales han sido invadidos por el avance de los cultivos y la roturación de nuevas tierras que, en ocasiones, los han destruido. Los fondos y bordes han sido objeto de vertidos de despedregue desde tiempo atrás mientras que las nuevas infraestructuras lineales han condicionado y modificado sus hábitats. Un ejemplo de fuerte impacto sobre un saladar en una zona próxima es la Laguna de Sariñena, transformada en laguna de agua dulce por los efluentes del regadío, con el consiguiente cambio de su flora y fauna.

METODOLOGÍA

Material

Se han empleado numerosos documentos de formato e índole diversa para reconocer, delinear, e inventariar el número máximo de humedales. Dichos materiales comprenden mapas topográficos, fotografías aéreas y ortofotos, listados y descripciones de estudios inéditos, y documentos digitales y bases de datos de trabajos previos.

Se han revisado las hojas 413 (Gelsa) y 414 (Bujaraloz), del Mapa Topográfico Nacional, escala 1:50.000, en sus ediciones de 1927, 1929, 1950, 1952 y 2004. Las fotografías aéreas utilizadas, en blanco y negro, pertenecen a dos vuelos históricos: el de la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro (actual C.H.E.), de 1927, y

el USAF-B, correspondiente a los años 1956 y 1957. Se ha completado un mosaico digital georreferenciado con los fotoplanos de 1927, a escala 1:10000. Los contactos en papel del vuelo de 1957, a escala 1:30000, se han escaneado y georreferenciado. También se han empleado las ortofotos color del SIGPAC (M.A.P.Y.A.), en formato digital, con fechas de vuelo entre 1999 y 2000, y escala 1:5000.

De los inventarios de humedales existentes, recopilados por Castañeda (2002), se ha empleado como referencia el de Balsa et al. (1991) por contener el mayor número de saladas y un croquis general de las mismas, aunque sin coordenadas. Se ha contado con la cartografía actual de detalle de la vegetación asociada a las saladas, a escalas entre 1:2000 y 1:6000, basada en criterios botánicos y de conservación (Manual de interpretación de Hábitats de la UE, 2003) elaborada para su seguimiento ambiental (Domínguez et al., 2006).

Procedimientos técnicos

Los 44 fotogramas de 1957 se han escaneado con una resolución máxima de 800 ppp conservando sus dimensiones originales. Con ello, los humedales de menor tamaño han quedado representados por un mínimo de cuatro píxeles. Se han generado copias digitales de un metro de píxel para evitar pérdidas de información; una mayor resolución aumentaría la nitidez pero no la distinción de los elementos observables, ralentizando el procesamiento y aumentando el espacio de memoria requerido.

Para georreferenciar se han empleado entre 6 y 12 puntos de control, con la ortofoto del SIGPAC como referencia. Debido a la degradación de la colección de fotografías disponibles del vuelo USAF-B (1957) no se ha contado con parámetros técnicos para la ortorrectificación. Por ello únicamente se ha empleado la dirección del eje de vuelo, al no distinguirse las marcas fiduciales ni, muchas veces, la altura. Para lograr un ajuste razonable en la transformación se aplicó un polinomio de segundo grado, que corrige los patrones lineales del escáner, y se remuestreó con el método del vecino más próximo.

La elección de la escala de trabajo depende de la superficie geográfica estudiada, la precisión exigida, y los recursos disponibles. En este trabajo se ha aceptado como unidad cartográfica mínima aquella que permita observar los humedales de menor tamaño en la fotografía aérea, fotoplano u ortofoto, por lo que se ha seleccionado una escala menor que 1:30000 permitiendo así identificar las clotas más pequeñas.

Se han apreciado deformaciones en los fotoplanos de 1927 posiblemente derivados de la inestabilidad de la línea de vuelo. Las distorsiones de la fotografía aérea derivan de la curvatura y relieve de la Tierra además de la visión en perspectiva cónica, y la altura y velocidad de la cámara. Los puntos más elevados suelen aparecer desplazados respecto a su posición original (Robinson et al., 1987). Esta deformación se ha solventado en el proceso de georreferenciación por el escaso desnivel de la plataforma donde se asientan saladas (entre 320 y 417 m.s.n.m). No se dan distorsiones en la ortorrectificación de las ortofotos del SIGPAC.

La fotointerpretación se ha basado en criterios geométricos, texturales y tonales o de color. Los geométricos han consistido en el reconocimiento de formas claramente asociables a humedales, por lo general alargadas (playa-lakes) u ovaladas (clotas u hoyas), y alineadas o encadenadas, con orientación NW-SE y de tamaño diverso. Los criterios texturales responden principalmente a la presencia de vegetación natural en taludes y fondos, y vertidos de despedregue. Los criterios tonales derivan de la presencia de eflorescencias, humedad, y cambios locales en la composición del suelo a modo de manchas irregulares claras y oscuras de extensión variable. Las ortofotos del SIGPAC han aportado diferencias cromáticas.

Se ha fotointerpretado en pantalla sobre sendos mosaicos georreferenciados de los fotoplanos de 1927, los fotogramas de 1957 y las ortofotos SIGPAC. Además, la fotointerpretación con pares estereoscópicos de los contactos en papel de 1957 ha permitido contrastar y completar las observaciones anteriores. Se han digitizado los bordes de los humedales para cada fecha tomando como referencia los límites de 2007 resultantes de la fusión de polígonos de vegetación (Domínguez et al., 2006) y de la fotointerpretación del SIGPAC.

El croquis de Balsa et al. (1991) ha permitido identificar saladas en los mosaicos de 1957 y 1927, no visibles en la ortofoto más reciente. Finalmente, se ha invertido el proceso verificando la presencia de las saladas “antiguas” en la ortofoto actual, utilizando además criterios de campo como el reconocimiento de vegetación halófila y evidencias geomorfológicas como depresiones, hondonadas y taludes, así como cambios de color y aspecto de la superficie del suelo.

Posteriormente se ha creado una geodatabase donde se ha incorporado y contrastado la toponimia de fuentes e inventarios previos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los humedales salinos en 1927, 1957 y 2007

Se ha elaborado un estudio actual y retrospectivo de los humedales salinos de Monegros y del paisaje que los rodea. Las fotografías aéreas han resultado valiosas por ofrecer información de detalle y exactitud planimétrica. Las fechas estudiadas representan cambios importantes en el paisaje: el año 1927 corresponde al periodo previo a la guerra civil, antes de la mecanización agraria; 1957 a las hambrunas de la posguerra y el inicio de la mecanización; y el año 2007 muestra las transformaciones producidas por intensificación agraria, la introducción del regadío y la Política Agraria Común.

Se ha obtenido un inventario de saladas, Inventario 2007, y dos inventarios históricos correspondientes a 1927 y 1957. El inventario de 1927 contiene 124 saladas; el de 1957 recoge 110 y el de 2007 contiene 98 saladas, el número más bajo de los tres años. Sin embargo, la posibilidad de verificación en campo, la cartografía actual de vegetación, y la forma y color distinguibles en las ortofotos actuales, han sido tres ventajas importantes del inventario actual, posiblemente mucho más completo que los dos anteriores. En términos cuantitativos se tiene un total 133 saladas diferentes, cifra que incluye las coincidentes y las exclusivas de cada fecha. De las 124 saladas de 1927, 105 se han conservado en 1957 y, de ellas, 84 aparecen en 2007.

Clasificando los humedales según su persistencia en las fechas estudiadas se tiene que un 9 % de saladas se observan sólo en una fecha, la mayoría en los fotoplanos de 1927, un 28 % persisten en dos fechas, y el 61 % se conservan en las tres. Éstas son las de mayor tamaño, de tipo playa-lake, y las hoyas o clotas mayores a 20 ha. También se conservan en las tres fechas aquellas de superficie menor a 10 ha con morfología visiblemente cerrada.

Se ha contrastado la localización y la toponimia de las saladas en todas las fuentes consultadas recogiendo las ambigüedades o discrepancias encontradas. Se ha tomado como referencia la toponimia del inventario de Balsa et al. (1991) por ser el más completo y por la utilidad de su croquis. El inventario 2007 recoge 69 de las 99 saladas de estos autores; la diferencia puede deberse a los criterios de reconocimiento empleados, especialmente en campo (estado de humedad, vegetación, morfología, etc.). Se han archivado los nombres de las saladas completos, es decir, acompañados por el calificativo con que aparecen listadas (clota de, hoyo de, laguna, salina, etc.).

Las 24 saladas que estos autores registran únicamente como “clota”, y las 30 nuevas saladas inventariadas, se han nombrado por el topónimo que aparece en el documento más antiguo, los fotoplanos de 1927. De acuerdo con inventarios previos, se han tomado los nombres de elementos próximos incluyendo apelativos como pozo, corral, mas, camino, y venta. En el inventario 2007, un 44 % de las saladas tienen calificativos que hacen referencia a una hondonada, como clota, hoyo y hoyo; y el 11 % evocan la presencia de agua o sales, como laguna y salina. En la Figura 2 se ha representado la extensión de las saladas agrupadas por el calificativo de Balsa et al. (1991) y del inventario 2007. Se puede observar la variabilidad del tamaño de las clotas y hoyas, entre 1.2 y 29.8 ha y entre 5.2 y 56.2, respectivamente. Esto confirma que dichos nombres hacen referencia a la forma y confinamiento del talud más que a diferencias de tamaño; por lo general, las hoyas se localizan al suroeste y las clotas, de taludes más cerrados, al sureste. No se ha observado relación entre el tamaño de las clotas, su posición geográfica o la preservación de su talud. Lagunas y salinas son las de mayor tamaño, menos abundantes pero las más persistentes. Los apelativos pozo y balsa, sin relación con el tamaño, aluden claramente a elementos próximos a la salada.

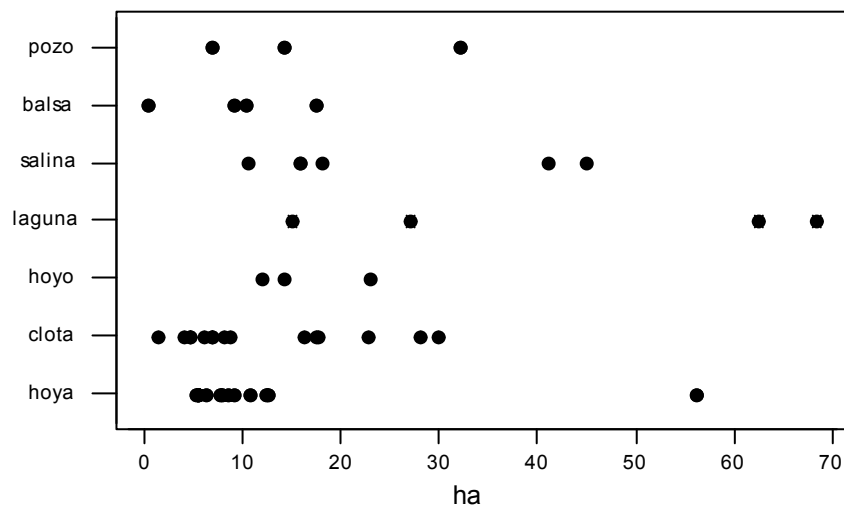


Figura 2. Distribución del tamaño de las saladas según el calificativo empleado en su inventariado. La salada “La Playa”, de 239 ha, se ha obviado para permitir el análisis comparativo del resto.

Se ha encontrado dificultad para dibujar con precisión los bordes de las saladas en los inventarios históricos. Las diferencias de escala, la gama de grises y las deformaciones geométricas de los fotoplanos de 1927 han limitado la labor. Por ello, se han analizado cambios cualitativos y no se han cuantificado variaciones de superficie inundable o de vegetación natural. Los frecuentes usos alternantes junto a las limitaciones de la fotointerpretación derivadas de la calidad de los documentos antiguos, explican la aparición de nuevas saladas en los inventarios de 1957 y 2007. Así, en 1957 se han reconocido 5 nuevas, casi todas conservadas hasta la actualidad; y 4 más en 2007.

En términos cualitativos, se aprecia una pérdida general de saladas en el intervalo de 80 años de estudio, así como una gran variabilidad de su estado de conservación, lo que ha influido en su identificación. Desde 1927 hasta la actualidad, se han perdido al menos 34 saladas; entre 1927 y 1957, se han perdido 19. Independientemente de su tamaño, saladas labradas o cultivadas en una fecha, se observan recuperadas posteriormente (sin actividad agrícola y/o con vegetación natural), y viceversa. En el primer intervalo de 30 años la reducción del número de saladas es proporcionalmente mucho mayor que en el segundo intervalo de 50 años. Esta degradación se trasluce en el paisaje, con un incremento de la superficie dedicada a cultivo frente a la de vegetación natural. Como ejemplo, la Figura 3 representa la roturación de superficie ocupada por eriales o pastos en 1927 (Figura 3a) y destinada a labor en 1957 (Figura 3b).

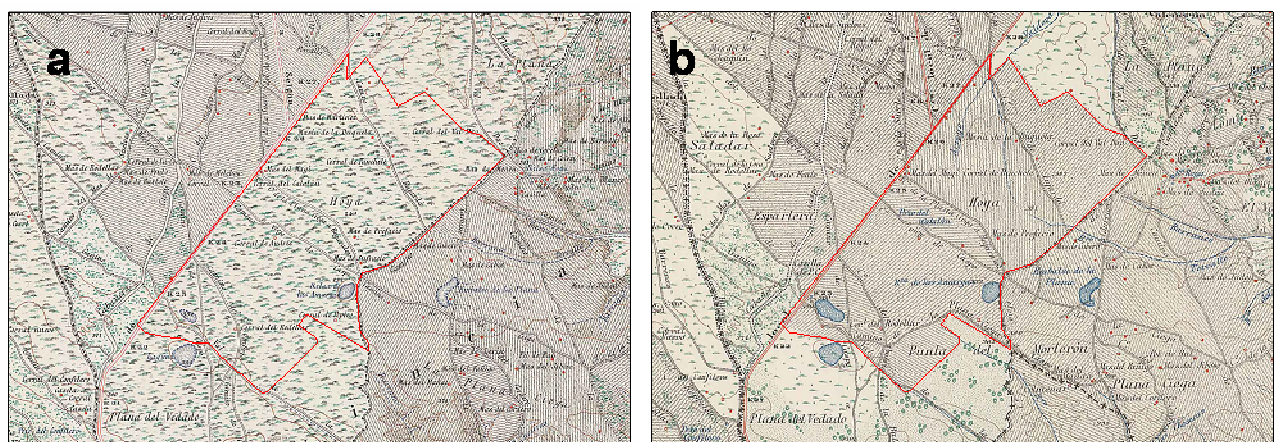


Figura 3. Hoja 414 del Mapa Topográfico Nacional de 1927 (a) y 1957 (b). En rojo se señala la superficie que ha pasado de erial a cultivo de secano.

Las 19 saladas desaparecidas desde 1957 hasta la actualidad forman parte de 76 parcelas que ocupan una superficie de 1245 ha. La mayor parte de dicha superficie, el 94.1 %, corresponde a tierras arables; el resto tiene otros usos (pastos y pastizales, viales, y corrientes y superficies de agua). Un 34 % de la superficie arable se encuentra en barbecho durante la campaña 2005-2006, y el 16 % con trigo duro. Únicamente el 8 % de la superficie que ocupan dichas saladas es de retirada obligatoria por pago único.

Valoración del paisaje

Hay documentos históricos que aluden al continuo proceso de transformación del paisaje de los Monegros, especialmente en Bujaraloz, donde se describen viñedos, eriales, pastos, y monte alto de pinos y sabinas que fueron devastados (Asso, 1789).

En 1927 gran parte de la superficie ya se encuentra ocupada por cultivos de secano (Figura 4a). Se reconocen formas “abancaladas” o “camadas” que, por su desnivelación, en años secos solo producían en la zona más húmeda, generalmente en el desmonte (De los Ríos, 1982). En las fotografías, la textura uniforme y los tonos claros son comunes a cultivos y eriales; sin embargo, las formas alargadas y rectangulares de los campos de cultivo, permiten su diferenciación. Los bordes redondeados de los campos y caminos se adaptan a los relieves alomados y a las vertientes suaves de las vales. En general, los taludes de clotas y hoyas no aparecen roturados.

A partir de 1950 se produjo en España la intensificación agraria (Regalés, 1969). En Monegros, la mecanización, la introducción del arado de vertedera, y los abonos, se retrasaron (Castelló, 1984). En 1957 (Figura 4b) apenas se observan cambios en la morfología de los campos o en los taludes de los humedales. Unos pocos, situados en fondos de val con taludes más suaves y de materiales más sueltos, han sido roturados aprovechando su humedad. Otros, con textura de puntos en hileras indican la presencia de más superficie de cultivo arbustivo o arbóreo que en la actualidad.

Por lo general, si no se conoce la fecha del vuelo, la escasa diferencia de textura entre cereal y barbecho, no permite distinguir si la superficie estaba cultivada, pero ofrece una idea del estado de evolución del paisaje. En la figura 4b, las texturas y tonalidades heterogéneas se asocian a los campos labrados. Sin embargo predominan las texturas homogéneas, lisas, y las tonalidades claras, relacionadas con el momento posterior a la cosecha o de maduración del cultivo. Se conoce la fecha de vuelo de la zona representada en la figura 4b, el 28 de julio de 1956, posterior a la cosecha (15 junio- 15 julio). En los fondos inundables de los humedales, destacan los tonos oscuros relacionados con humedad, y no se advierten tonos claros asociables a eflorescencia estival, lo que podría indicar un año bastante húmedo o una precipitación ocasional. Por otro lado, la vegetación de los humedales presenta textura de moteado irregular y heterogéneo con respecto al suelo desnudo, y apenas parece alterada. Los caminos no se han modificado, y aparecen rectilíneos y en tonos más claros.

Sin embargo, durante las décadas de los 60 y 70, aumenta la presión sobre el paisaje. En la parte norte de la zona de estudio (“regadío actual”, en Figura 1) se produce la colonización de tierras por la transformación en regadío (Ley de Riegos del Alto Aragón de 1915) para aumentar la productividad de cultivos de autoabastecimiento (forrajeros para ganado). El I.R.Y.D.A. (antiguo Instituto Nacional de Colonización), colaborando con la Confederación Hidrográfica del Ebro y el M.O.P.U., promovió las obras de transformación, se nivelaron terrenos y se efectuó la concentración parcelaria que ha modificado (Figura 4c) la forma, tamaño, y orientación de las parcelas (Gómez, 2003).

En el sur también se fomentó la concentración con el fin de aumentar la producción de grano. Los campos, rectangulares y de mayor superficie, se han suavizado hacia formas redondeadas o prácticamente llanas (Figura 4a). Labores profundas exhumaron muchas piedras, a menudo transportadas a los linderos de los campos y a las saladas, o depositados en montones dispersos en los campos. Además el uso de rulos ha favorecido la rotura del yeso y la caliza superficiales. Algunas saladas próximas al núcleo de Bujaraloz, han desaparecido o han sufrido una modificación en su vegetación original. En el campo se ha observado eutrofización por el vertido de granjas próximas y sustitución de la vegetación halófila por otra nitrófila (como se detalla más abajo).

En los años 80, los planes de regadío se extienden al sur declarándolo zona regable de interés nacional (Real Decreto 371/1985). Una queja interpuesta por los ecologistas ante la UE paraliza las obras y hace que se reduzcan los límites de superficie regable. No obstante, en la actualidad, el paisaje está sufriendo una alteración

derivada de las obras de conducciones de riego y drenaje (Figura 4c) y se observa una nueva red de caminos más anchos y cuadriculados en torno al parcelario, junto a la conservación de una parte del entramado antiguo. Se ha reducido la superficie ocupada por humedales (Figura 4c), algunos sólo presentan vestigios de sus taludes apenas marcados; mientras que otros, interrumpen el entramado de la parcelación agrícola en la medida que conservan parte de su talud, de la vegetación natural, y de los fondos inundables. La vegetación natural, muchas veces, queda confinada a los taludes más escarpados y fondos menos fértiles, donde el cultivo se complica. Otras veces, la existencia de manchas de humedad, o rodales de escasa productividad (Astorquiza, 1994), se intuyen como humedales desaparecidos, como la salada Hoyo del Lugar, en la Figura 4. En el terreno aún se perciben, escondidos tras las suaves ondulaciones.

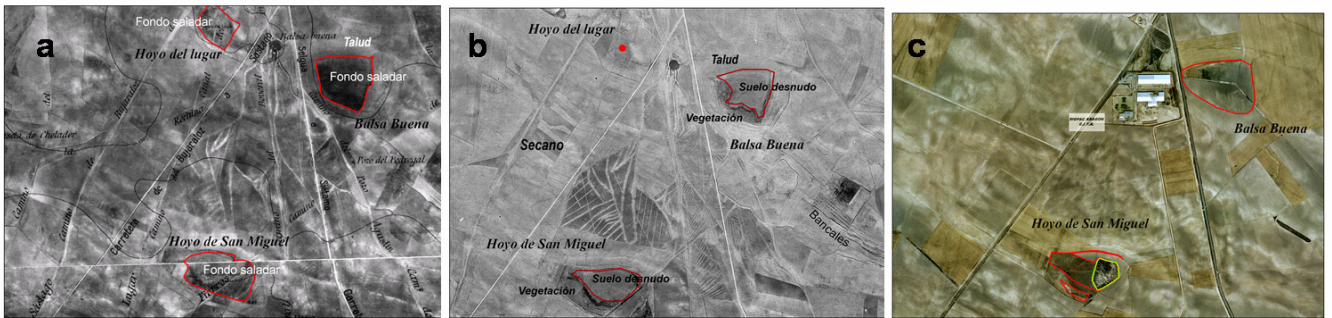


Figura 4. Modificaciones del paisaje desde 1927 hasta la actualidad. Fotoplano de 1927 (a) fotografía aérea de 1957 (b) y ortofoto SIGPAC de 2000 (c).

Como ejemplo, se muestran los cambios acontecidos en un humedal próximo a Bujaraloz, el Salobral. En el año 1956 (Figura 5a) el humedal conserva en gran parte vegetación natural. Esto se aprecia en las texturas moteadas, más bien dispersas, al oeste de la salada. El talud derecho se conserva abancalado, y la salada está cruzada por caminos visibles en el centro y los bordes. El fondo parece seco y desnudo, posiblemente con eflorescencia. A la izquierda de la salada, las parcelas de cultivo se desdibujan debido a la escasa gama de grises; alguna presenta textura, quizá de viña u olivar.

En la ortofoto de la Figura 5b, la salada aparece claramente alterada. Rodeada de regadío, recibe los flujos de retorno y presenta agua, habiendo desaparecido los caminos del interior. La vegetación natural y la mitad de su fondo están cubiertos con vertidos. Éstos dan texturas más claras e irregulares, quizá debidas a desbancalamientos o quizá a expansión del núcleo de población. Los “blanqueros” que se observan al noroeste se intuyen como zonas de baja productividad y se asemejan a afloramientos de calizas o de yesos.

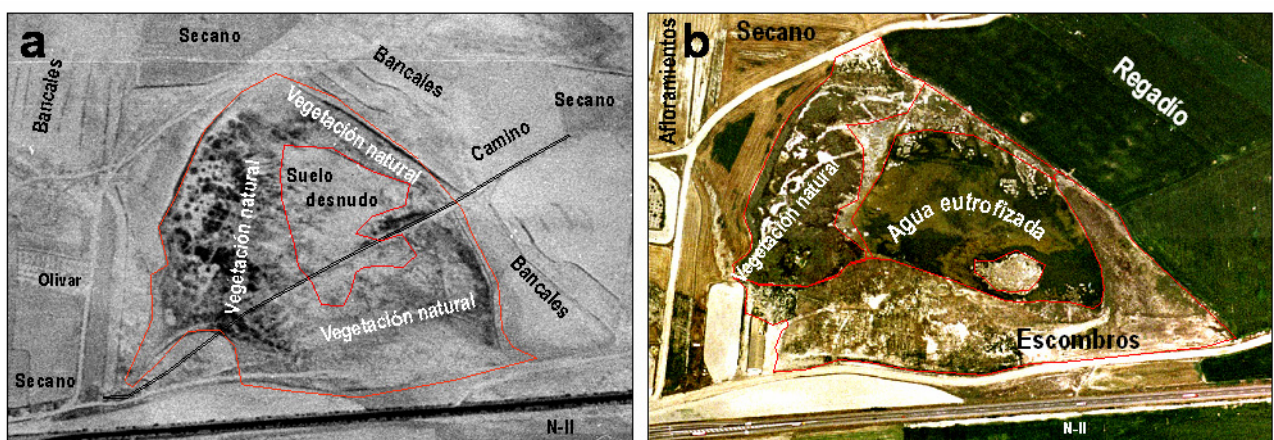


Figura 5. Fotografía aérea de 1956 (a) y ortofoto SIGPAC (b). Cambios ocurridos en la salada El Salobral.

También se observa, raras veces, un proceso inverso. Como ejemplo, el fondo de Benamud aparece segmentado por cultivos en 1927 (Figura 6a) y más homogéneo en la actualidad (Figura 6b). Quizá su roturación se favoreció por la proximidad al núcleo de población y la accesibilidad por el talud menos escarpado de la val. Posteriormente, la escasa producción pudo dar lugar a su abandono. En este caso, el rastro de las acciones antrópicas de décadas anteriores, incluido 1956, ha desaparecido. En el presente, la vegetación natural, confinada por las laderas labradas de la val, se está recuperando. Sin embargo, otras saladas como Hoyo Botones, al oeste de Benamud, no estaban labradas en 1956 y ahora lo están.

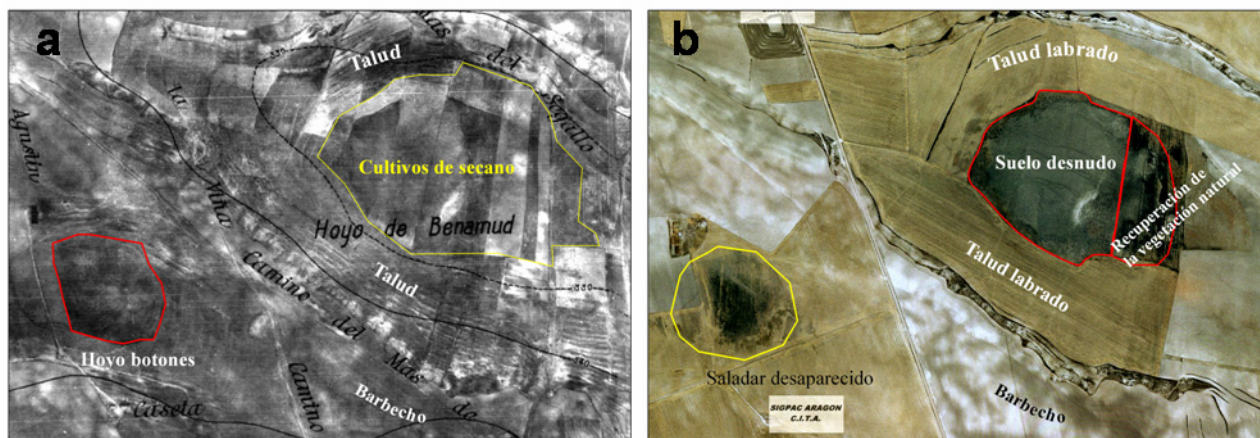


Figura 6. Salada Benamud en 1927 (a) y 2000 (b). En amarillo, saladas cultivadas o labradas. En rojo, saladas con vegetación natural en la fecha de fotografía.

La alternancia de uso y el abandono han transformado el mosaico paisajístico desde 1927, con gran diversidad de texturas relacionadas con ambientes naturales, frente a la homogeneidad de los cultivos. Se ha producido una reorganización del pequeño mosaico hacia grandes parcelas adecuadas para el cultivo extensivo del cereal totalmente mecanizado, actualmente en transformación al regadío.

Desde los años 80 se ha impuesto una nueva concepción de la agricultura determinada por la Política Agraria Común (García, 2006) que subvenciona el cultivo, a pesar de la escasa producción, y no favorece la conservación de estos humedales.

CONCLUSIONES

La información disponible se ha integrado en un Sistema de Información Geográfica para el tratamiento, análisis y obtención de resultados. La fotografía aérea ha aportado un valor añadido al inventariado de humedales salinos como estudio retrospectivo del paisaje.

La extracción de información queda limitada por las diferencias de escala y las deformaciones geométricas de la fotografía. No obstante el objetivo del trabajo no ha sido tanto la delimitación exacta de humedales como su localización, identificación y su evolución en el tiempo. En cualquier caso la mayor pérdida de información procede de la degradación de los documentos en papel por el paso de los años.

La fotointerpretación ha permitido entender e incorporar al inventario las transformaciones acontecidas aportando una visión integradora de los patrones que componen el paisaje y su relación con los humedales en el pasado y presente. Esto se ha reforzado con la incorporación y consulta de datos posibilitadas por el SIG. La elaboración de un inventario de humedales salinos tiene que ser complementada con la superposición de otras capas de información extraídas de la fotointerpretación y con mapas e información acerca de la biodiversidad. Con ello se tendrá la base para redactar una propuesta de inclusión en la Lista RAMSAR.

Los cambios observados en los usos del suelo muestran un incremento en la superficie roturada, una modificación de los patrones de cultivo y una alteración de los humedales.

En resumen, en poco tiempo se ha modificado el “color” de un paisaje de secano donde habían subsistido hombre, campo y saladar, a otro de grandes explotaciones de cultivo intensivo que dan paso a un paisaje de conducciones y drenajes vertebrado por el agua riego.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el MICINN a través del proyecto AGL2006-01283. M. Domínguez disfruta de una beca predoctoral INIA (BOE de 02/12/2005). Se agradecen las sugerencias y comentarios del Dr. Juan Herrero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astorquiza, I. (1994): Transformación en regadío de zonas con condiciones naturales limitantes. Evaluación de la sostenibilidad de Monegros II. *Revista de Estudios Agrosociales*, 167: 209-227.
- Balsa, J., Guerrero, C., Pascual, M.L. y Montes, C. (1991): *Las saladas de Bujaraloz-Sástago y las saladas de Chiprana: riqueza natural de Aragón*, Empelte, 7: 1-30.
- Braun-Blanquet, B. y Bolòs, O. (1958): Les groupements végétaux du bassin moyen de l'Ebre et leur dynamisme, *Anales de la Estación Experimental de Aula Dei*, 5: 1-266.
- Castañeda, C. (2002): *El agua de las saladas de Monegros estudiada con datos de campo y de satélite*. Consejo de Protección de la Naturaleza, Zaragoza, 158 pp.
- Castañeda, C. y Herrero, J. (2005): The water regime of the Monegros playa-lakes established from ground and satellite data. *Journal of Hydrology*, 310: 95-110.
- Castañeda, C. y Herrero, J. (2008): Measuring the condition of saline wetlands threatened by agricultural intensification. *Pedosphere* 18 (1): 11-23.
- Castelló, A. (1984): Los usos del suelo en la comarca de Monegros. *Argensola*, 98: 231-268.
- Costa, L.T., Farinha, J.C., Hecker, N., Tomàs-Vives, P. (1996): Mediterranean Wetland Inventory: A reference manual. MedWet/Instituto *Conservação da Natureza/Wetlands Internacional Publication*, vol 1.
- De los Ríos, F. (1982): Informe sobre los Monegros. *Geographicalia*. Institución Fernando el Católico-C.S.I.C., Zaragoza, 136 pp.
- De Asso, F. (1789): *Historia de la economía política de Aragón*. <http://www.bivida.es>
- Domínguez, M., Conesa, J., Pedrol, J., y Castañeda, C. (2006): Una base de datos georreferenciados de la vegetación asociada a las saladas de Monegros. Granada, *XII Congreso Nacional de tecnologías de la información geográfica*.

- European Commission (2003): *Natura 2000. Interpretation Manual of European Union Habitats*. DG Environment. Nature and Biodiversity:
[\[http://europa.eu.int/comm/environment/nature/nature_conservation/eu_enlargement/2004/pdf/habitats/\]](http://europa.eu.int/comm/environment/nature/nature_conservation/eu_enlargement/2004/pdf/habitats/)
- Fordam, R., y Godron, M. (1986): *Landscape ecology*. John Wiley, New York, 619 pp.
- García, J.M. (2006): *La reforma de la Política Agraria Común*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 242 pp.
- Gómez, C y Gimeno, J.C. (2003): *La colonización agraria en España y Aragón 1939-1975*. Ayuntamiento de Alberuela de Tuboy. 222 pp.
- González, F. (2002): *Los paisajes del Agua: Terminología popular de los humedales*. Ed. J.M. Regalés, Madrid, 257 pp.
- Martínez-Cob, A., Faci, J.M. y Bercero, A. (1998): *Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón*. Institución Fernando el Católico, Zaragoza, 223 pp.
- Naveh, Z. y Lieberman, A.S. (1994): *Landscape ecology: theory and application*. New York, Springer-Verlag. Nature conservation and land resources, 360 pp.
- Pedrocchi, C. (Coord.) (1989): *Evaluación preliminar del impacto ambiental de los regadíos en el polígono de Monegros II*, Tomo II. CSIC-IPE-MOPU, Zaragoza-Huesca, 388 pp.
- Pedrocchi, C. (1998): *Ecología de los Monegros*. Instituto de Estudios Altoaragoneses, Huesca, 430 pp.
- Ramsar Convention Secretariat (2006): *The Ramsar Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971)*, 4th ed. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.
- Robinson, A.H et al. (1987): *Elementos de cartografía*. Omega, Barcelona, 543 pp.
- Terradas, J. (1986): El paisatge vegetal dels Monegros: assaig d'interpretació. *Orsis*, 2: 71-95.
- Zalidis, G.C., Mantzavelas, A.L., y Fitoka, E.N. (1996): *Mediterranean Wetland Inventory: Photointerpretation and cartographic conventions* MedWet/Instituto Conservação da Natureza/Wetlands Internacional Publication, vol IV.