

## ZONIFICACIÓN DE LOS SUELOS DEL ÁREA DE INFLUENCIA HÍDRICA DEL PARQUE NATURAL DE "EL HONDO" EN FUNCIÓN DE LA SALINIDAD

H. Ayguadé, J. Navarro-Pedreño, C. Guerrero, I.Gómez y J. Mataix Beneyto

Grupo de Edafología Ambiental – GEA-UMH. Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández de Elche. Avenida del Ferrocarril s/n. 03202 Elche (Alicante). jonavar@umh.es

**RESUMEN.** El estudio se ha llevado a cabo en suelos agrícolas del Sur de Alicante (100 muestras) situados en la cuenca de drenaje de aguas que pueden afectar al Parque Natural de "El Hondo". Este Parque Natural se abastece de aguas del río Segura y sobrantes de origen agrícola que llegan al mismo a través de azarbes de riego. La escasez de agua y el alto contenido en sales de las mismas suponen un importante problema en la zona. Con este estudio se pretende establecer una zonificación dentro del área de estudio en función de los cationes que el suelo pueda incorporar preferentemente al agua de riego. Para ello se realizaron correlaciones bivariadas entre la conductividad eléctrica y los cationes mayoritarios (Ca, Mg, Na y K) del suelo. La conductividad eléctrica se determina mediante electrometría en extracto acuoso 1/5; mientras los cationes mayoritarios se determinan mediante extracción con acetato amónico a pH=7 y empleo de técnica de espectroscopía de absorción/emisión atómica. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS 11.5 y la zonificación se realizó empleando un Sistema de Información Geográfica (Geomedia Professional 5.0). Los resultados muestran que, a pesar de ser el calcio el catión predominante en casi toda la zona de estudio, la conductividad eléctrica se correlaciona mejor con el Na, pudiendo incorporarse estos cationes con facilidad al agua de riego, y conllevar problemas de salinización que podrían afectar al Parque Natural de "El Hondo".

**ABSTRACT.** This study was carried out in agricultural soils in the South of Alicante (100 samples) located near the water drainage basin that could affect "El Hondo" Natural Park. This Natural Park is provided with Segura River and agricultural water. The scarcity of water and its poor quality is a very important problem in this zone. With this study, we try to establish a zonification inside the area of study based on the cations that soil can incorporate preferently to irrigation water. For this reason, correlations between electrical conductivity and majority cations (Ca, Mg, Na and K) of soil were carried out. Electrical conductivity was determined by electrometry in 1/5 acuous extract; and majority cations were determined by ammonium acetate (pH=7) extraction and use of absorption/emission spectroscopy techniques. Statistical

analysis was carried out using SPSS 11.5 program. A Geographical Information System (Geomedia Professional 5.0) was used to establish the zonification. The results show that, although Ca is the predominant cation in practically all the study zone, Na is the best related with electrical conductivity, so this element could incorporate easily to irrigation water, and imply salinity problems that could affect to "El Hondo" Natural Park.

---

### 1. Introducción

El Parque Natural del Hondo es un humedal que cuenta con una superficie de 2.387,2 ha., y se extiende entre los términos municipales de Elche y Crevillente (Provincia de Alicante). Fue declarado mediante el Decreto 187/1988, de 12 de diciembre (D.O.G.V. nº 991, 25/01/89), bajo la figura de Paraje Natural, dentro de la anterior legislación autonómica. En noviembre de 1994 pasó a ser Parque Natural, al amparo de la vigente Ley 11/1994 de Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad Valenciana. El Hondo está considerado como la segunda zona húmeda en importancia de la Comunidad Valenciana, y está incluida en la Lista de Zonas Húmedas de Europa y Norte de África del proyecto internacional MAR (1965). También se encuentra declarada como Zona de Especial Protección para la Aves (Z.E.P.A.), de acuerdo con lo dispuesto en la Directiva 79/409 de la Unión Europea, y además es un sitio RAMSAR (GVA, 2002).

Los humedales han sido de las zonas más degradadas por la acción del ser humano: desecación y canalización. Sin embargo en estos momentos se reconoce el gran papel que estos ecosistemas juegan en la naturaleza, actuando como amortiguadores hidrológicos y químicos y como hábitat para una amplísima biodiversidad (Rojo, 1998).

El Parque Natural de "El Hondo" es un enclave natural de gran valor ecológico y ambiental, especialmente la fauna ornítica destacando sobretudo las aves acuáticas que permiten que El Hondo sea considerado uno de los humedales más importantes de toda Europa (Viñals, 2000). La vegetación también es relevante, incluyendo tanto

especies de saladar como acuáticas y palustres dulceacuícolas.

La zona en la que se encuentra ubicado es de régimen árido con precipitaciones anuales próximas a los 200 mm, siendo además eminentemente agrícola, presentando una doble problemática: la escasez de agua para riego y la mala calidad de la poca disponible.

El Parque Natural de "El Hondo" se abastece con agua procedente del Río Segura, y agua de origen agrícola a través de azarbes de riego, que son cauces adonde van a parar los sobrantes o filtraciones de los riegos. Es por ello que, la calidad del agua que abastece al Parque estará determinada, entre otros factores, por el estado de los suelos, que pueden suponer una importante fuente de contaminación. El principal problema que presentan estas aguas es una gran cantidad de sales en disolución, desaconsejándose en ocasiones, su reutilización agrícola.

Esta problemática ha llevado a la realización de este estudio, en un total de 100 muestras de suelo agrícola del Sur de Alicante, situados en la cuenca de drenaje de aguas que pueden afectar al Parque Natural de "El Hondo". El objetivo del estudio es establecer correlaciones entre los cationes mayoritarios presentes en el suelo (Ca, Mg, Na y K) y la conductividad eléctrica del mismo, con el fin de determinar zonas en las que el suelo pueda incorporar preferentemente uno u otro catión al agua.

## 2. Material y métodos

Para el estudio se tomaron un total de 100 muestras de suelo en la zona que abarca la cuenca de drenaje de aguas del Parque Natural de "El Hondo". Esta zona engloba los siguientes municipios de la Vega Baja de Alicante: Crevillente (Sur del municipio), San Isidro, Catral, Dolores, San Fulgencio, Daya Nueva, Daya Vieja, Almoradí (Este del municipio) y Formentera del Segura. Asimismo, cada punto de muestreo fue localizado geográficamente mediante GPS (Figura 1), registrándose sus coordenadas UTM referidas a la zona 30 S (Datum Europeo-1950).

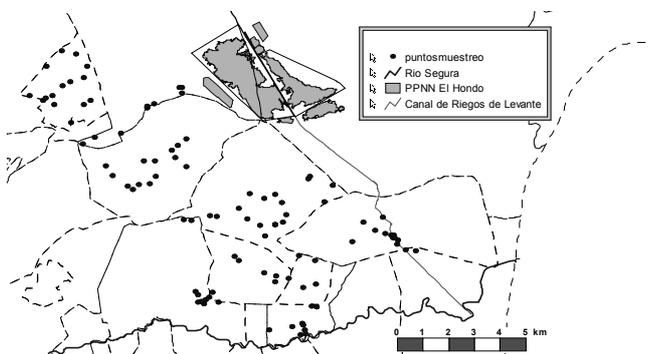


Fig. 1. Localización geográfica de los puntos de muestreo

La toma de muestras se realizó en la capa arable del suelo (primeros 30 cm.). Las muestras se introducían y bolsas de plástico correctamente etiquetadas y se

trasladaban al laboratorio para su análisis. Una vez allí, las muestras obtenidas se colocaron sobre papel secante en una zona ventilada del laboratorio para así proceder a su secado a temperatura ambiente. Posteriormente, se tamizó el suelo con una malla de 2 mm. de luz, dejando las muestras separadas y secas en bolsas de plástico preparadas para la realización de los posteriores análisis.

La conductividad eléctrica de un extracto de suelo se define como la aptitud de éste para transmitir la corriente eléctrica. La conductividad eléctrica depende de la actividad de los iones disueltos y de la temperatura a la que se realiza la medida. Por ello, la medida de la conductividad eléctrica de los extractos obtenidos de los suelos permite establecer una estimación aproximadamente cuantitativa de la cantidad de sales que contienen. La conductividad eléctrica se ha determinado en extracto acuoso 1/5 empleando un puente Wheatstone y una célula de conductividad apropiada, comparando a la misma temperatura, la resistencia eléctrica de la muestra y la de una disolución estándar de cloruro potásico (M.A.P.A.,1986). Los datos de conductividad son expresados en dS/m a 25°C.

Para estimar el contenido en cationes se utiliza una extracción con acetato amónico 1N a pH 7 (Knudsen, 1982). La determinación se realiza mediante espectroscopía de absorción atómica para el Ca y Mg, y de emisión atómica para el Na y K (Milner, 1984). Las condiciones de medida para cada elemento se resumen en la tabla 1:

Tabla 1. Condiciones de medida para cada elemento

|    | $\lambda$ (nm) | Rendija (nm) | Técnica   | Composición de la llama | Intensidad de lámpara (mA) |
|----|----------------|--------------|-----------|-------------------------|----------------------------|
| K  | 766,5          | 0.5          | Emisión   | Aire-acetileno          | -                          |
| Na | 589,0          | 0.5          | Emisión   | Aire-acetileno          | -                          |
| Ca | 422,7          | 0.5          | Absorción | Aire-acetileno          | 6                          |
| Mg | 285,2          | 0.5          | Absorción | Aire-acetileno          | 4                          |

En lo respecta al análisis estadístico de los datos, se efectuaron correlaciones bivariadas empleándose el programa estadístico SPSS 11.5. En total se realizaron dos correlaciones distintas: una general para toda la zona de estudio, con la que se pretende tener una visión global de la misma; y otra individual para cada término municipal con la finalidad de observar las zonas concretas que pudieran resultar más conflictivas.

Por ultimo, se elaboraron mapas empleando un Sistema de Información Geográfica (Geomedia Profesional 5.0), con la finalidad de visualizar las características de la zona que resultan del análisis estadístico previo.

## 3. Resultados y discusión

Los suelos de la zona de estudio presentan un contenido moderado en materia orgánica y bajo en N. Son suelos con altos contenidos en carbonatos al igual que en Ca activo, por lo cual los valores de pH son ligeramente alcalinos y

cabe suponer que su complejo de cambio se encuentra totalmente saturado. El contenido en sales es variable presentándose una disminución progresiva desde el perfil más próximo Parque Natural de "El Hondo" hasta el más alejado (Ortiz Silla, 1982; Ortiz Silla, 1985).

A continuación se presentan dos tablas con los resultados de las dos correlaciones bivariadas efectuadas. La tabla 2 corresponde a las correlaciones bivariadas para toda la zona de estudio; mientras la tabla 3 hace referencia a las correlaciones bivariadas para cada término municipal.

**Tabla 2.** Coeficientes de correlación en toda la zona de estudio.

|      |                      | Ca      | Mg      | Na      | K     |
|------|----------------------|---------|---------|---------|-------|
| C.E. | Pearson ( <i>r</i> ) | 0,777** | 0,887** | 0,945** | 0,103 |
|      | Nivel significación  | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,307 |
|      | <i>n</i>             | 100     | 100     | 100     | 100   |

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

El catión más abundante en casi todas las muestras de suelo es el Ca, a pesar de ello, tal y como muestran los resultados recogidos en la tabla 2, la conductividad eléctrica de los suelos muestreados está mejor correlacionada con el Na, en primer lugar, y con el Mg; lo cual indica que los suelos analizados pueden aportar importantes cantidades de estos cationes a las aguas, incrementando sus conductividades eléctricas, y provocando que su reutilización agrícola sea, en ocasiones, muy limitada. Además, estas aguas, con gran cantidad de sales en disolución, podrían dar origen a fenómenos de salinización en el Parque Natural de "El Hondo", en el caso de llegar al mismo.

**Tabla 3.** Coeficientes de correlación entre la C.E. y cationes en cada término municipal.

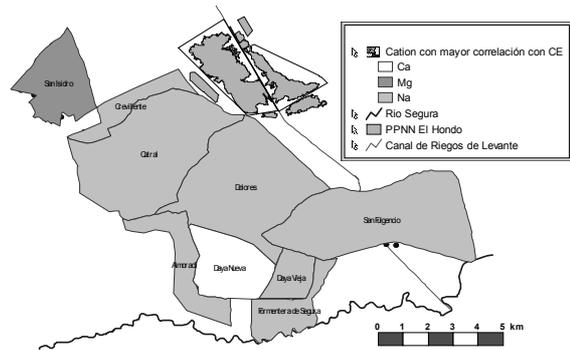
| Municipio             |                 | Ca      | Mg      | Na      | K      |
|-----------------------|-----------------|---------|---------|---------|--------|
| Almoradí (Este)       | <i>r</i>        | 0,280   | 0,299   | 0,951** | -0,298 |
|                       | Nivel signific. | 0,434   | 0,402   | 0,000   | 0,402  |
|                       | <i>n</i>        | 10      | 10      | 10      | 10     |
| Catral                | <i>r</i>        | -0,445  | 0,223   | 0,879** | 0,622* |
|                       | Nivel signific. | 0,111   | 0,443   | 0,000   | 0,018  |
|                       | <i>n</i>        | 14      | 14      | 14      | 14     |
| Crevillente (Sur)     | <i>r</i>        | 0,534   | 0,690*  | 0,719*  | -0,005 |
|                       | Nivel signific. | 0,139   | 0,040   | 0,029   | 0,990  |
|                       | <i>n</i>        | 9       | 9       | 9       | 9      |
| Daya Nueva            | <i>r</i>        | 0,727*  | 0,145   | 0,692   | -0,044 |
|                       | Nivel signific. | 0,041   | 0,732   | 0,057   | 0,276  |
|                       | <i>n</i>        | 8       | 8       | 8       | 8      |
| Daya Vieja            | <i>r</i>        | -0,990  | 0,782   | 0,978   | -0,067 |
|                       | Nivel signific. | 0,090   | 0,429   | 0,135   | 0,957  |
|                       | <i>n</i>        | 3       | 3       | 3       | 3      |
| Dolores               | <i>r</i>        | 0,465*  | 0,374   | 0,931** | 0,035  |
|                       | Nivel signific. | 0,045   | 0,114   | 0,000   | 0,886  |
|                       | <i>n</i>        | 19      | 19      | 19      | 19     |
| Formentera del Segura | <i>r</i>        | -0,258  | -0,037  | 0,545   | 0,506  |
|                       | Nivel signific. | 0,502   | 0,924   | 0,129   | 0,164  |
|                       | <i>n</i>        | 9       | 9       | 9       | 9      |
| San Fulgencio         | <i>r</i>        | 0,526   | 0,501   | 0,784** | 0,241  |
|                       | Nivel signific. | 0,065   | 0,081   | 0,002   | 0,428  |
|                       | <i>n</i>        | 13      | 13      | 13      | 13     |
| San Isidro            | <i>r</i>        | 0,731** | 0,950** | 0,932** | 0,183  |
|                       | Nivel signific. | 0,002   | 0,000   | 0,000   | 0,513  |
|                       | <i>n</i>        | 15      | 15      | 15      | 15     |

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Los resultados de la tabla 3, nos muestran que el catión que mejor se correlaciona con la conductividad eléctrica es nuevamente el Na, siendo esta correlación significativa en seis de los nueve municipios que componen la zona de estudio.

Según lo observado en la tabla 3 y en la figura 1, la zona problemática al respecto abarcaría prácticamente la totalidad de la zona de estudio pudiendo incorporarse el Na fácilmente al agua.



**Fig. 2.** Zonificación del área de estudio

En este análisis por municipio, es interesante notar que el Mg no presenta una correlación con la conductividad eléctrica tan clara como la dada en la tabla 2, que abarcaba toda la zona de estudio. Destaca solamente en el municipio de San Isidro, hecho que podría ser explicado por los afloramientos terciarios de calizas y dolomías presentes en esa zona, y por tanto mostrando la importancia del material parental en los suelos.

Por otro lado, es también destacable que en el municipio de Daya Nueva, la conductividad eléctrica se correlaciona mejor con el Ca. En esta zona, el Ca es el catión predominante, encontrándose el resto en muy baja concentración. Quizás, este hecho pueda estar asociado a los afloramientos de calcarenitas próximos que facilitan la presencia de Ca en los suelos.

El Parque Natural de "El Hondo" puede verse, tal y como se desprende de estos resultados, afectado de forma relevante por el Na que pasa desde los suelos al agua de los azarbes. Sin duda el Na muestra una vez más su elevada movilidad en los suelos a pesar del régimen arídico de la zona por el continuo aporte de aguas para el riego agrícola.

*Agradecimientos.* Agradecemos a la Caja de Ahorros del Mediterráneo (CAM) y a la Consellería de Medio Ambiente (Consellería de Territorio y Vivienda en la actualidad) su colaboración, sin la cual no habría sido posible la realización de este estudio.

**Referencias**

Boix Amorós, M. (1987). Humedales y áreas lacustres de la provincia de Alicante. Ed. Instituto de estudios Juan Gil Albert.  
 Consellería de Medi Ambient. Generalitat Valenciana. (1994). Plan

- Rector de Uso y Gestión de El Hondo  
Conselleria de Medi Ambient. Generalitat Valenciana. (2000). Plan de Mejora del Hábitat y Calidad del Medio Acuático, del Parque Natural de El Hondo.
- Gómez Lucas, I.; Navarro Pedreño, J; Mataix Beneyto, J. (1992). Aguas de riego: Análisis e interpretación. *Ed. Universidad de Alicante*.
- GVA (2002). Informe anual del Parque Natural del Hondo. Generalitat Valenciana. Conselleria de Medi Ambient.
- Knudsen D.; Peterson G.A.; Pratt P.F. (1982). Lithium, sodium and potassium. *Methods of soil analysis. Ed. Page A.L. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin*.
- Milner, B.A; Whiteside, P.S. (Ed) (1984) Mineral Analyses by Atomic Absorption Spectrophotometry. *Introduction to Atomic Absorption Spectrophotometry (3rd edition) Pye Unicam Limited, York Steet CBI London. pp 40 -50*.
- M.A.P.A. (1986). Métodos Oficiales de Análisis. *Tomo III. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de Política Alimentaria. Madrid (España)*.
- Ortiz Silla, R.; Caselles Vegara, E. (1982). Estudio de los suelos salinos situados al Norte de San Felipe Neri (Alicante). *Anales de Edafología y Agrobiología. Volumen XLI, Núms. 5-6, 833-850. Madrid*.
- Ortiz Silla, R.; Hernández Carrascosa, S.; Alcaraz Ariza, F. (1985). Caracterización edafogénica de los suelos halomorfos de un sector meridional de la Albufera de Elche (Alicante). *Anales de Edafología y Agrobiología. Volumen XLIV, Núms 1-2, 93-117. Madrid*.
- Rojo C.; Rodrigo M. A. (1998). Uso sostenible de los humedales. *Boletín SEHUMED, Año 2, Número 7, Septiembre 1998*.
- Viñals, M.J.; Colom, W.; Rodrigo T.; Dasi, M.J.; Armengol J.; Oltra, R.; Miracle, R. (2000). Rasgos característicos de un humedal mediterráneo artificializado y su problemática ambiental : El Hondo de Elche (Alicante, España). *Humedales Mediterráneos, 1, 1147-1154, SEHUMED, Valencia (España)*.
- Yaron D. (1981). Salinity in Irrigation and Water Resources. *Ed. Marcel Dekker, Inc New York and Basel*.