

## 8. TRABAJOS DE CAMPO

Con el objetivo de disponer de información del subsuelo del Complejo Lagunar, se ha diseñado una campaña de investigación basada en la realización de trabajos geofísicos.

Las técnicas geofísicas superficiales son utilizadas para obtener información acerca de las unidades del subsuelo que controlan el almacenamiento, movimiento y calidad de las aguas subterráneas. Todos los métodos geofísicos se basan en la propiedad específica de los materiales que conforman el subsuelo. Algunas de las herramientas de mayor uso y eficacia son: métodos geofísicos (SEV y Tomografía eléctrica), Métodos electromagnéticos (FDEM y VLF), Sísmica de Refracción, Radar (GPR y Barehole Radar) y Resonancia magnética nuclear (NMR o PMR).

### 8.1. GEOFISICA

Previo a la ejecución de las prospecciones de campo, y con el objetivo de obtener la mayor cantidad de información del subsuelo del Complejo Lagunar, se diseñó la campaña de trabajos geofísicos.

El método de investigación a utilizar será aquel con el que se pueda obtener un mayor grado de información y con la mayor fiabilidad.

Inicialmente se comenzó con la ejecución de un Sondeo Eléctrico Vertical (S.E.V.), en un punto en el que se tenía cierta información sobre el subsuelo (ver resultados en Anexos). Al no ser los resultados coincidentes con los obtenidos por otras vías (observación directa en calicatas), y por la limitada información obtenida, se optó por utilizar emplear otro método de

investigación que se adaptara mejor a las necesidades del estudio, decidiéndose por la Tomografía Eléctrica.

La *Tomografía Eléctrica* determina la distribución real de la resistividad del subsuelo en el ámbito comprendido entre dos perforaciones o bien hasta un cierto rango de profundidad a lo largo de un perfil de medida, a partir de los valores de resistividad aparente obtenidos mediante medidas realizadas por métodos convencionales de corriente continua.

### **8.1.1. RESULTADO DE LOS TRABAJOS GEOFISICOS**

Se resumen en este apartado los resultados e interpretaciones obtenidos de la ejecución de las tomografías eléctricas por la empresa que las a realizado, Técnicas Geofísicas, S.L.

El informe geofísico completo así como los perfiles obtenidos se adjuntan en el anexo III de este documento.

La campaña se plantea con la ejecución de un total de 6 tomografías eléctricas, sobre los puntos de más interés, como son:

- N° 1: al Sur de la Laguna Picatel 1
- N° 2: al Sur de la Laguna Grande
- N° 3: sobre la Laguna Grande
- N° 4: al Este de la Laguna La Marciega
- N° 5: junto a la Laguna del Junco
- N° 6: al Sureste de la Laguna del Burro



### 8.2.1. CRITERIOS DE CORRELACION GEOFÍSICA CON LAS LITOLÓGICAS

Los criterios de correlación establecidos para esta zona en concreto, con la finalidad de asociar datos geofísicos (resistividades) con litologías, se exponen a continuación:

LITOLOGÍA	RESISTIVIDAD (ohm.m.)
Rañas	<b>15-50</b> (dependiendo de la proporción de cantos rodados)
Arcillas	<b>5 – 12</b>
Arcillas arenosas y/o limosas.	<b>12 – 25</b>
Arenas, limos, arcillas, areniscas, conglomerados, etc.	<b>20 – 140</b> (Unidad muy variable, los valores más elevados se asocian con materiales con cierto grado de cementación).

### 8.2.2. RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS TOMOGRAFÍAS

Se resumen los trabajos desarrollados, describiendo los resultados de acuerdo a cada una de las tomografías realizadas.

#### PERFIL Nº 1

Este perfil se realizó al Sur de la Laguna de El Picatel 1. La unidad de rañas aparece con un espesor máximo de 5 metros. El contacto de esta unidad con los materiales arcillosos terciarios es totalmente discordante.

La unidad de arcillas aparece más o menos uniforme en todo el perfil, existiendo sólo un par de acuñamientos donde parece existir concentración de materiales más groseros. En los últimos metros parecen aflorar de nuevo materiales arcillosos.

Esta disposición granodecreciente de los niveles es típica de ambientes de los materiales terciarios sobre los que se desarrolla la raña.

### PERFIL N° 2

Este perfil fue realizado al Sur de la Laguna Grande. El nivel de raña apenas aparece, ya que se localiza en el área de influencia de la laguna y justo en la zona donde llegan los aportes desde la Finca de Picatel, lo que justifica el gran espesor y extensión de los materiales limo-arcillosos que se confunden con los materiales terciarios.

Existe un acuñamiento de estos materiales al SE del perfil lo que demuestra la morfología canalizada y superficies erosivas a gran escala típica de los ambientes sedimentarios en los que se depositaron.

### PERFIL N° 3

Este perfil se realizó sobre la Laguna Grande, con dirección Oeste –Este, desplazado hacia el Oeste, es decir, que una de las alas del dispositivo alcanzaba fuera del área de influencia de la laguna. El nivel de raña aparece al oeste del perfil. Esto se explica por la posición del dispositivo.

Los materiales arcillosos terciarios aparecen en el Oeste de la zona con un gran espesor, fenómeno cuya explicación seguiría las mismas pautas que en perfiles anteriores.

#### PERFIL N° 4

Este perfil se realizó junto a la Laguna de la Marciega. De nuevo la unidad de raña aparece enmascarada por la unidad inferior que alcanza una profundidad de hasta 25 metros. Los materiales arcillosos poseen continuidad a lo largo de todo el perfil, sólo existiendo una pequeña intrusión de materiales más gruesos. El paso de estos materiales a la unidad inferior se da de forma gradual hasta el límite inferior de la prospección.

#### PERFIL N° 5

Este perfil se realizó junto a la Laguna del Junco, con una dirección Oeste-Este. Destacar el acuñamiento de los materiales arcillosos al Este del perfil y la presencia de materiales de grano medio en superficie al Oeste.

#### PERFIL N° 6

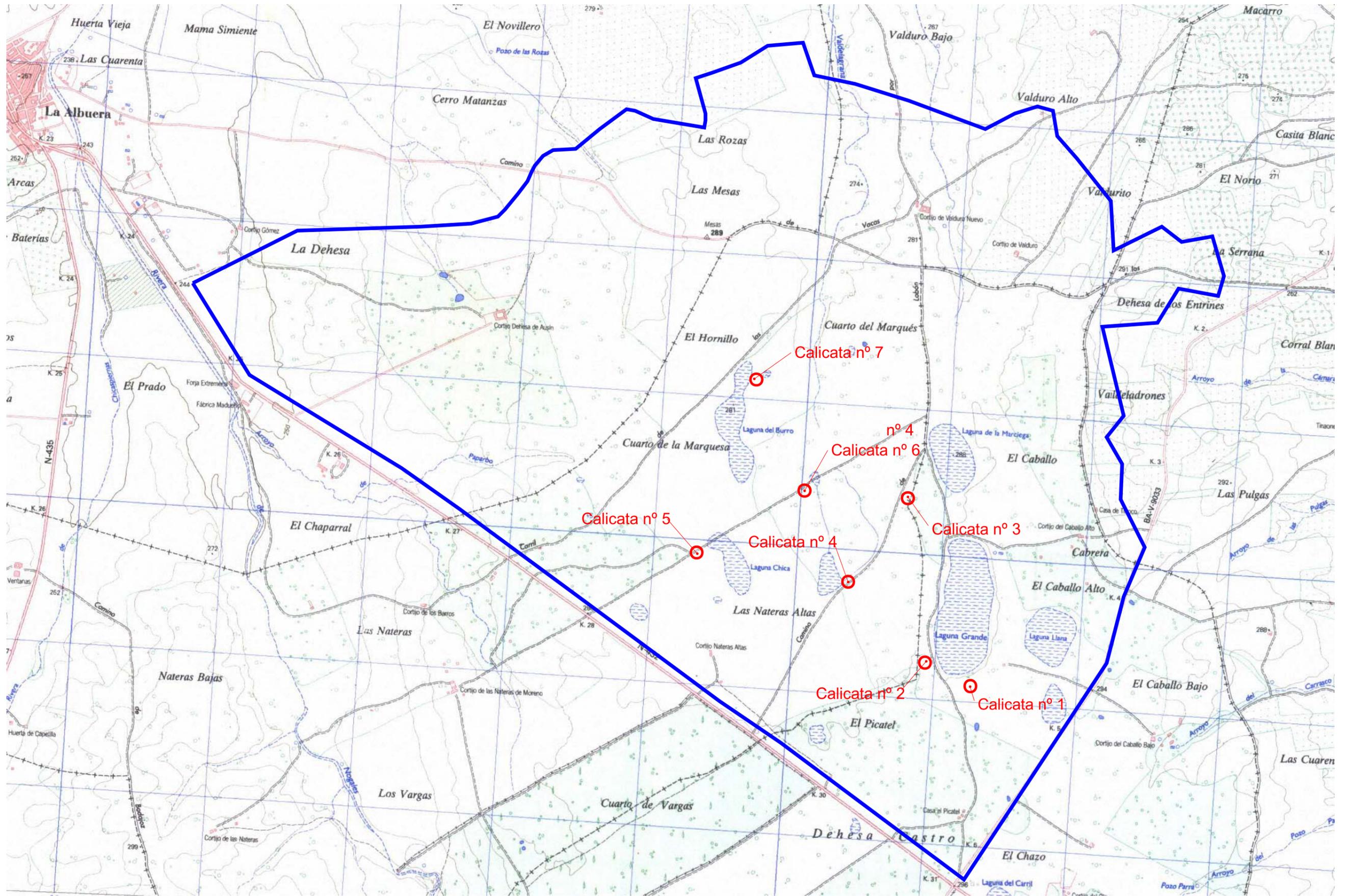
Realizado al este de la Laguna del Burro. Las rañas aparecen con poca entidad pero en nivel de arcillas alcanza espesores de hasta 25 metros. Los materiales arcillosos poseen continuidad a lo largo de todo el perfil. El paso de estos materiales a la unidad inferior se da de forma gradual hasta el límite inferior de la prospección.

## 8.2. CALICATAS MECANICAS Y ENSAYOS DEL SUELO

Para confirmar y completar los resultados de la geofísica, y poder determinar las características físicas del subsuelo tomando muestras, se ha realizado una campaña de calicatas en el campo.

### 8.2.1. TRABAJOS DE PROPECCIONES DE CAMPO

Se han realizado 7 calicatas distribuidas en todo el complejo lagunar. A continuación se exponen los materiales que han aparecido en cada una de ellas:



Tomografías Geoelectricas

### **CALICATA 1:**

Localización: Sur de la Laguna Grande

Coordenadas UTM: X= 696.289  
Y=4.284.216

- 0,00-0,20: Tierra vegetal ( barbecho)
- 0,20-2,50: Arcillas arenosas color pardorrojizo, con abundantes cantos heterométricos, tamaño medio 8-10 cm y tamaño máximo 10-15 cm.
- 2,50-4,80: Arcilla color rosáceo, abundantes nódulos carbonatados, presencia de oxidación de Fe.

### **CALICATA 2:**

Localización: oeste de la Laguna Grande.

Coordenadas UTM: X: 695.993  
Y: 4.284.269

- 0,00-0,20: Tierra Vegetal ( barbecho)
- 0,20-1,30: Arcillas arenosas color pardorrojizo con abundantes cantos heterométricos tamaño medio 10-15 cm.
- 1,30-1,70: Arcillas color grisáceo con abundantes cantos heterométricos.
- 1,70-4,70: Arenas arcillosas color pardorrojizo con abundantes nódulos carbonatados, presencia de oxidación de Fe. Nivel de 2,80-4,70 m más arcilloso.

### **CALICATA 3:**

Localización: junto el Camino del Lobón.

Coordenadas UTM: X: 695.754  
Y: 4.285.519

- 0,00-0,10: Tierra vegetal ( barbecho)
- 0,10-4,70: Arcillas color pardorrojizo con abundantes cantos heterométricos (concentrados de 1,00-1,90m)
- 4,70-5,00 Arcilla color pardorrojizo con abundantes nódulos carbonatados de tamaño medio de 5 cm.

### **CALICATA 4:**

Localización: este de la Laguna del Junco

Coordenadas UTM: X: 695.360  
Y: 4.284.788

- 0,00-0,30 Tierra Vegetal ( arbustos y plantas bajas)
- 0,30-3,10: Arcilla color pardorrojizo con abundantes cantos heterométricos.
- 3,10-4,10: Arenas limosas color rojizo con abundantes cantos carbonatados y presencia de oxidación de Fe.

### **CALICATA 5:**

Localización: oeste de la laguna Chica

Coordenadas UTM: X: 694.352  
Y: 4.284.966

- 0,00-0,10: Tierra vegetal ( pasto)
- 0,10-1,20: Arenas arcillosas color gris oscuro con abundantes cantos carbonatados.
- 0,70-1,20 Arenas arcillosas color gris oscuro sin cantos.
- 1,20-4,90: Arcillas arenosas color rojo amarillento con dos niveles de gravas de 2,40 a 2,50 y de 3,10 a 3,40.

### **CALICATA 6:**

Localización: sur de la Laguna de La Natera

Coordenadas UTM: X: 695.016  
Y: 4.285.406

- 0,00-0,10: Tierra Vegetal ( pastizal)
- 0,10-1,60: Limos de baja plasticidad color pardorrojizo con numerosos cantos heterométricos.
- 1,60-4,80 Arenas arcillosas color con algún canto heterométrico, algún nódulo carbonatado y presencia de oxidación de Fe.

## **CALICATA 7:**

Localización: junto a la Laguna del Burro

Coordenadas UTM: X: 694.475  
Y: 4.286.103

- 0,00-0,10: Tierra vegetal ( Campo de Cebada)
- 0,10-0,60: Arcillas color marrón oscuro con algún canto heterométrico.
- 0,60-4,80 Limos de alta plasticidad color rojizo con algún nódulo carbonatado y presencia de óxidos de Fe.

En los planos adjuntos se incluye la localización de dichas prospecciones en el Complejo y un esquema de las calicatas realizadas así como la profundidad de las muestras que se llevaron al laboratorio.

## 8.2.2. MUESTRAS DE SUELO

Las muestras tomadas durante la realización de las calicatas se remitieron a un laboratorio especializado en el que se realizaron, para cada una de ellas, una serie de determinaciones.

A continuación se procede a exponer los resultados y posterior comentario sobre los mismos.

MUESTRA/ Profundidad (metros)	Granulometría			LL	IP	Clasificación Sistema Unificado	Proctor		CBR	% H	P.e. (g/cm <sup>3</sup> )	Sulfatos %	M.O. %
	#20	#2	#0,08				Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	%H óptimo					
C-1-1 (1,50-1,80)										27,53			
C-1-2 (2,70-2,90)	94,5	72,6	57,4	84,4	50,0	CH	1,61	18,1		33,43			
C-2-1 (1,00-1,20)										7,94*			
C-2-2 (1,20-1,70)	85,3	37,5	31,6	83,4	52,7	CH					2,297		
C-2-3 (2,00-2,30)										25,35			
C-3-1 (0,90-1,00)	65,3	30,1	25,5			CH				19,99	2,491	0,018	
C-3-2 (1,90-2,10)							2,01	9,62					
C-4-2 (2,50-2,70)	93,1	68,2	44,8	44,5	15,4	SM							

MUESTRA/ Profundidad (metros)	Granulometría			LL	IP	Clasificación Sistema Unificado	Proctor		CBR	% H	P.e. (g/cm <sup>3</sup> )	Sulfatos %	M.O. %
	#20	#2	#0,08				Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	%H óptimo					
C-5-1 (0,50-0,70)	95,7	88,7	34,7	58,1	30,1	SC	1,85	10,3	2,43			0,116	0,080
C-6-1 (1,30-1,50)	76,6	20,9	12,0	47,6	18	ML				16,79			
C-7-1 (0,50-0,60)	89,9	70,9	55,9	55,0	33,3	CH				31,35			
C-7-2 (3,20-3,50)	100	98,8	91,6	59,8	22,9	MH							

## **Textura**

Siguiendo la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) resulta que las muestras obtenidas son:

- 4 muestras CH: arcillas de alta plasticidad
- 1 muestras SM: arenas limosas
- 1 muestra SC: arenas arcillosas
- 1 muestra ML: limos de baja plasticidad (LL<50)
- 1 muestra MH: limo de alta plasticidad (LL>50)

En general, todas las muestras aparecen con una proporción de finos elevada confiriendo al material cierta plasticidad. Todos los materiales poseen una permeabilidad baja.

El grado de humedad no supera en ningún caso el 34%, por lo que apenas hay agua retenida entre los poros de los materiales, al menos en el momento en el que se realizaron las tomas de muestras.

## **Proctor y CBR**

Los ensayos realizados para estimar el grado de consolidación y la capacidad portante de estos suelos, nos dan valores muy bajos de estas propiedades, lo cual tiene su explicación en la fuerte presencia de arcillas y su plasticidad.

Vistas estas propiedades estos suelos son susceptibles de reutilización en una supuesta necesidad de ejecución de pequeños diques o canales de desagüe o intercambios hídrico entre las lagunas, dadas sus propiedades de

baja permeabilidad, relativa facilidad para su compactación y su capacidad para retener agua

### **Sulfatos y M.O.**

Tanto los ensayos realizados para determinar el contenido en sulfatos como en materia orgánica dan unos contenidos muy bajos de ambos parámetros.

En lo que respecta a los sulfatos se puede considerar como un suelo de agresividad baja a muy baja y por tanto sin necesidad de corrección.

El bajo contenido en materia orgánica pone de manifiesto que la capa vegetal esta muy restringida (<30cm.) a lo que es el horizonte edáfico, ya que la muestra analizada se ha tomado sobre una profundidad de unos 50 cms.

### **Conclusiones.**

Presentan en general los suelos analizados una textura limoso – arcillosa, con valores elevados de plasticidad, que junto al bajo contenido de materia orgánica y nulo a inapreciable presencia de agentes cementantes, le confieren una estructura Grumosa Inestable. De acuerdo con la Clasificación del Agricultural Advisory Council, pueden considerarse como Suelos de Estructura Laminar.

Estudiando la presencia de humedad, presencia de agua y porosidad, pueden distinguirse Aguas Capilares, con capacidad para percolar muy lentamente a través del suelo, no pudiendo drenar fuera del perfil edáfico, y Aguas Gravitacionales de Evacuación Lenta.

## 8.3. OTROS ESTUDIOS

Conforme a lo establecido en el pliego de prescripciones técnicas se ha procedido a la toma de muestras de agua en diferentes puntos, de sales de las llanuras salinas y una muestra de fangos de la Laguna de El Junco.

### 8.3.1. PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

#### 8.3.1.1. MUESTRAS DE AGUA

En el momento de la recogida de muestras no existía agua en las lagunas naturales, por lo que se procedió a la recogida de muestras de agua en las lagunas en donde existía lámina de agua, de forma que los resultados obtenidos puedan resultar de utilidad para comparar resultados de las analíticas futuras. También se incluyen los resultados obtenidos de otras dos muestras de agua: una de aguas subterráneas (Pozo Finca El Picatel) y otra de muestra de agua superficial de la laguna presente en la Llanura salina.

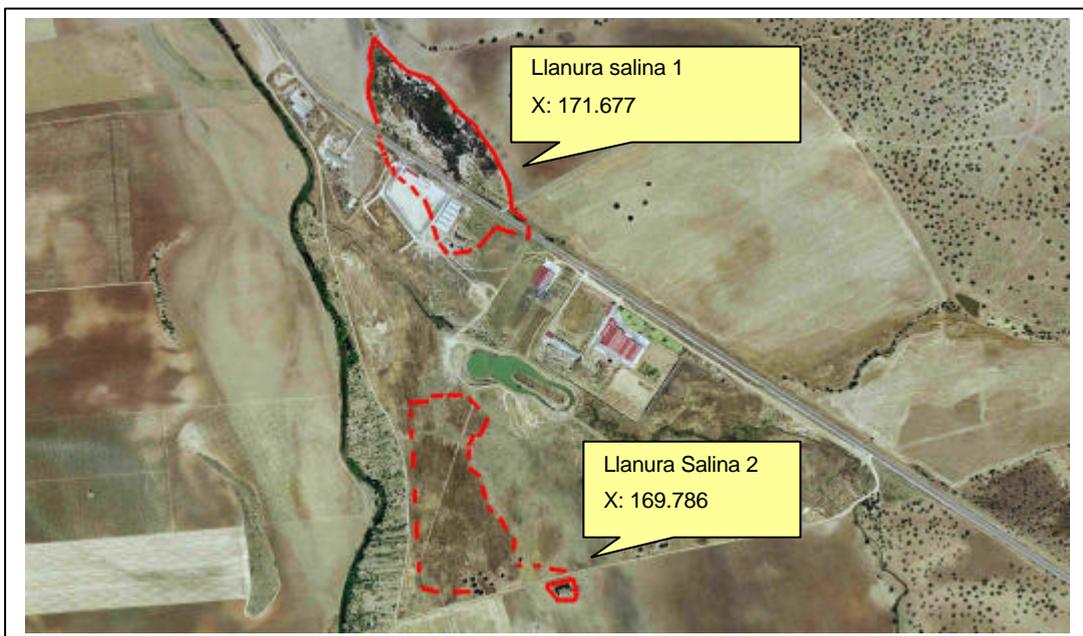
Las muestras se tomaron con un bote especial para toma de muestras de 1 litro de capacidad. Para no provocar ningún tipo de alteración en las muestras, se llevaron rápidamente al Laboratorio Agroalimentario y de Residuos de Extremadura, en Cáceres.

#### 8.3.1.2. MUESTRAS DE SUELOS

Se tomaron dos muestras de suelos representativas para conocer el contenido de materia orgánica y contenido en sulfatos ( $SO_3$ ). La primera de la muestra superficial se tomó en el vaso de la laguna Grande y la segunda se tomó en la finca Las Nateras Altas.

### 8.3.1.3. MUESTRAS DE SALES

Se han tomado muestras de las dos llanuras salinas que se han localizado, aunque como puede interpretarse de la siguiente figura, posiblemente se trate de una única llanura, sobre la que se ha construido el Polígono Industrial de La Albuera.



Las muestras de sales se introdujeron en bolsas herméticas para evitar posible contaminación con el medio. Se llevaron al Instituto tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción (INTROMAC), en Cáceres.

### 8.3.1.4. RESULTADOS

#### Muestras de agua

Con el objetivo de estimar la calidad de las aguas de un modo sencillo, sin especificar el uso para el cual podrían ser utilizadas, y ante la situación de sequía prolongada, se opta por el conocimiento de los siguientes parámetros:

PARAMETRO/ MUESTRA	Artificial Cº de "El Burro"	Artificial Laguna Chica	Laguna El Burro	Laguna Llanura Salina	Pozo Picatel
Conductividad eléctrica a 20º C (mS/ cm)	225	202	170	7460	720
Demanda Bioquímica Oxígeno (mgO <sub>2</sub> / litro)	9	5	12	6	8
Demanda Química Oxígeno (mgO <sub>2</sub> / litro)	97	65	72	149	<1
Nitratos ( NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mg/litro)	1,8	1,3	1,9	1,5	12,2
Oxígeno disuelto (mgO <sub>2</sub> / litro)	7,1	7,6	9,1	6,9	7,1
pH	7,3 a 19,7ºC	7,2 a 19,3 ºC	7,3 a 20,0 ºC	7,9	7,7

Comparando de un modo aislado estos resultados con los establecidos por diversos autores pueden extraerse algunas conclusiones, que en cualquier caso no pueden ser representativas por la falta de comparativas en el tiempo.

Entre las clasificaciones consultadas están:

- Criterios de Calidad de las Aguas, según el American Petroleum Institute
- Recomendaciones de la T.V.A.
- Clasificación de las Aguas según su Salinidad, Canadian Forestry Service
- Calidad de las Aguas para Diferentes Utilizaciones, Normas U.S.A.
- Clasificación de las Aguas para Riego, U.S. Soil Salinity Laboratory
- Reglamento Técnico Sanitario sobre la Calidad de las Aguas Potables para Consumo Humano

En el caso de las aguas tomadas de las lagunas asociadas al Complejo Lagunar, puede estimarse que presentan una conductividad típica de aguas Dulces y Blandas, con una baja salinidad. Suelen esta agua estar asociadas a suelos de baja permeabilidad, y son apropiadas para el riego y la vida acuática y salvaje. En las aguas procedentes del pozo se puede observar un incremento de la salinidad, pero en muy baja proporción todavía, mientras que en la charca cercana a la zona salina este parámetro es muy elevado, lo que implica el alto grado de salinidad, y lo poco recomendable que son esta agua para riego.

Los niveles del pH son muy similares en todos los casos, mostrando un nivel neutro o de alcalinidad débil, muy adecuado para la vida acuática, el ganado y la vida salvaje.

En cuanto a los valores de DBO y DQO, se observa cierta similitud en todos los puntos menos en el pozo, dando una idea de la presencia de materia orgánica en descomposición, con valores que en general pueden asociarse

a los procedentes de aguas de lluvia acumuladas con escaso o nulo grado de contaminación.

La valoración que puede realizarse a partir de los parámetros de nitratos y oxígeno disuelto es parecida a la de los anteriores.

Desde el punto de vista del consumo humano y de acuerdo a los parámetros fijados en el R.D. 927/88 Reglamento de la Administración Pública del agua de la Planificación Hidrológica y R.D. 1541/94, que sustituye el Anexo del R.D. 927/88, se concluye que:

- *Conductividad eléctrica*: sólo la muestra extraída en la Llanura Salina supera los límites establecidos en el R.D. 1541/97.
- *D.B.O.*: en la Laguna del Burro se superan los límites de ambas normativas.
- *D.Q.O.*: el único límite que aparece referente a este índice está relacionado con el tipo de agua A3 del R.D. 927/88 (aguas que necesitan un tratamiento físico químico intensivo, afino y desinfección). Ese valor lo superan todas las muestras excepto la del Pozo del Picatel).
- *Nitratos*: en ninguna muestra se superan los límites establecidos por ambas normativas.
- *Oxígeno disuelto*: todas las muestras se encuentran dentro de los límites establecidos por el R.D. 927/88.
- *pH*: en ningún caso se superan los límites.

### **Muestras de Suelos y Materia Orgánica**

Los resultados de ambas muestras se presentan a continuación:

MUESTRA	m.o. %	Sulfatos %
Finca Las Nateras Altas	1,29	0,00
Laguna Grande	1,65	0,00
Laguna de El Junco	1,135	-

Teniendo en cuenta que la mayoría de los suelos cultivados tienen entre un 1 y un 3%, deducimos que la laguna no es deficitaria en materia orgánica.

Aunque cabría esperar mayor concentración tratándose de una superficie lagunar, las condiciones climáticas de la zona, impiden la concentración y descomposición de la masa vegetal.

Estos resultados demuestran el carácter débilmente húmico y de nula corrosividad. Se trata de unos suelos bastante pobres.

Se observó durante la toma de muestras que los espesores correspondientes oscilaban entre los 12 y los 20 cm dentro de las lagunas.

### **Muestras de Sales:**

En la tabla siguiente se exponen los resultados de los aniones que se han determinado y algunos de los cationes más relevantes. El resto de los cationes se exponen en anexo de este documento.

PARAMETRO/ MUESTRA	Llanura Salina 1	Llanura Salina 2
<b>DETERMINACIONES DE ANIONES</b>		
Cl ( mg/l)	0,98	0,86
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	205,40	183,20
NITRATOS(mg/l)	554,80	467,00
FOSFATOS (mg/l)	14,80	19,25
<b>DETERMINACIONES DE CATIONES</b>		
Al	5,6	8,9
Ca	239,8	247,3
K	29,6	32,4
Mg	56,6	58,6
Na	645,1	646

De estos resultados se destacan el alto contenido en Nitratos, procedentes de la descomposición de materia orgánica, y las elevadas concentraciones de los cationes Ca y Na, y en menor medida de Mg, K y Al. Estos cationes se concentran por evaporación de las aguas superficiales que se acumulan en las más deprimidas.

#### 8.3.1.4. ESTEPA SALINA

##### **Origen concentración de sales**

Como ya se ha descrito en apartados anteriores, los depósitos pliocuaternarios, “*tipo raña*”, forman unas colinas o pequeños altiplanos, más o menos llanos, de base poco permeable debido a la abundancia de elementos arcillosos que incluyen.

En la base de estos depósitos generalmente existen *rezumes* del agua subterránea procedente de las partes superiores de éstos.

La zona de estudio está sometida a un clima de sub-húmedo semiárido, con temperaturas contrastadas y un marcado déficit hídrico.

Atendiendo a la presencia de estos rezumes y las características climatológicas de la zona, puede explicarse el origen de la acumulación de sales en un área concreta.

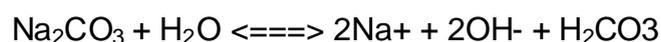
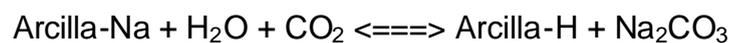
El flujo discurre muy lentamente, por el subsuelo de las laderas, lo suficiente como para quedar cargado de sales en el medio. Al producirse la evaporación de esta agua, consecuencia de la climatología, aparece en superficie, de forma muy localizada, una fina costra de sales.

##### **Mecanismo de cristalización de sales**

La sodicidad o alcalinización se desarrolla cuando en la solución del suelo existe una concentración elevada de sales sódicas capaces de sufrir hidrólisis alcalina, de tipo carbonato y bicarbonato de sodio. Este es el caso de nuestra zona de estudio, donde como hemos podido comprobar en los resultados de los análisis realizados a las muestras tomadas en la estepa salina, existe una concentración elevada de estos cationes.

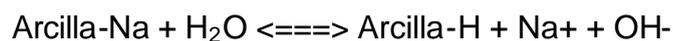
Un elevado contenido en Na<sup>+</sup> en la solución del suelo, en relación con el Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>, da lugar al incremento de este ión en el complejo de cambio, lo que provocaría, dada su baja densidad de carga (elevado radio de hidratación y baja carga), el aumento del espesor de la doble capa difusa, los efectos de repulsión entre los coloides y, con ellos, la dispersión de la arcilla y la solubilización de la materia orgánica. Según varios autores la concentración de Na<sup>+</sup> frente al Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> en la solución del suelo ha de ser superior al valor límite del 70% para que el Na<sup>+</sup> pueda desplazar al Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> en el complejo de cambio, dada la menor energía de adsorción del sodio. Es generalmente admitido que para que el sodio juegue un importante papel en la evolución del suelo, es decir, para que se produzca la alcalinización, la concentración de sodio adsorbido frente a los otros cationes ha de superar el valor crítico del 15%, o sea Na /S > 15% (S = suma de otros cationes adsorbidos).

Las arcillas saturadas en Na tienen propiedades particulares, en presencia de agua de lluvia por tanto con CO<sub>2</sub> disuelto, se hidrolizan, liberando Na<sup>+</sup> y OH<sup>-</sup> según la siguiente ecuación:



Como consecuencia el medio se alcaliniza rápidamente, alcanzándose valores de pH progresivamente cada vez más altos; 9, 10 o incluso más.

Las ecuaciones anteriores se pueden simplificar en una:



La alcalinización del perfil produce una serie de consecuencias desfavorables para las propiedades fisicoquímicas del suelo. Así tanto las arcillas sódicas como el humus se dispersan, los agregados estructurales se

destruyen. Las arcillas y los ácidos húmicos se iluvian, acumulándose en el horizonte B, formándose un horizonte de acumulación de arcillas sódicas, es decir, que se origina un horizonte nátrico (si la intensidad de la iluviación es suficiente). Los cambios estacionales producen el hinchamiento y contracción de las arcillas sódicas (montmorillonita) formándose una estructura prismática fuertemente desarrollada. Finalmente, como el medio se ha vuelto fuertemente alcalino, la cristalinidad de las arcillas disminuye, se vuelven inestables, parte de ellas se descomponen, se destruyen los vértices y aristas superiores de los prismas originándose una estructura muy peculiar llamada columnar que presenta la cara superior de los prismas redondeada. En ocasiones, los humatos sódicos iluviados se acumulan en estas superficies revistiéndolas de colores muy oscuros.

Este proceso se puede dar directamente en el suelo o puede aparecer a continuación del proceso de salinización, cuando se produce el lavado de las sales más solubles y se acumulan los carbonatos y bicarbonatos sódicos.

### **Vegetación asociada**

La creación de esta película salina en superficie ha dado lugar a unas condiciones del medio físico restrictivas para la vegetación, permitiendo sólo el desarrollo de comunidades de gran capacidad de adaptación a la falta de aguas, importantes contrastes térmicos, suelos pobres y presencia de salinidad en el sustrato.

Se trata de una vegetación asociada a ambientes salinos, apareciendo en zonas donde existen rezumes flujos locales por un lado, y por el otro, en la base de la raña aparece vegetación influenciada por la descarga de flujos subregionales alcalinos.

En el esquema que se muestra a continuación se explican los efectos biológicos debidos a la proximidad de flujos regionales del sustrato arcósico ( mineralizados) y flujos procedentes de las rañas, poco envejecidos. Ello implica la existencia de la concentración de sales minerales y como consecuencia, de comunidades vegetales adaptadas a los diferentes ambientes salinos.

