

Evaluación espacio-temporal de las aguas y suelos de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: intento de recuperación

HÉCTOR MORENO RAMÓN

EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Tesis doctoral

Evaluación espacio-temporal de las
aguas y suelos de la zona colindante al
lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación



Autor:

Héctor Moreno Ramón

Directores:

D. Juan Manuel Gisbert Blanquer

D. Sara Ibáñez Asensio

Valencia, Julio 2013



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

© Héctor Moreno Ramón, 2013

© de la presente edición:
Editorial Universitat Politècnica de València
www.lalibreria.upv.es

ISBN: -978-84-9048-159-2

Ref. editorial: 5667

Queda prohibida la reproducción, distribución, comercialización, transformación, y en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de todo o parte de los contenidos de esta obra sin autorización expresa y por escrito de sus autores.

A mis abuelos, que me iniciaron
en el campo de la agronomía.

En gran medida, todo se lo debo a ellos.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a los dos directores de la Tesis doctoral; D. Juan y Sara por perder parte de su valioso tiempo en enseñarme y aconsejarme sobre conceptos de la edafología y la ciencia del agua. En este sentido si como investigadores y profesores han sabido aportar su grano de arena en mi formación es imprescindible nombrar su calidez, predisposición y su excepcional carisma como personas que me han enriquecido tanto. Del mismo modo y por extensión me gustaría agradecer a toda la U.D. Suelos; a Cristina por sus ánimos incansables, por su continua atención y cuidado; a Javi por su inestimable ayuda y por ser un ejemplo de trabajo y superación; a M^a Ángeles por su maravillosa sonrisa y por tener listo siempre el despacho y los laboratorios; a Ángel por la cantidad de consejos y apoyo que he recibido; y a Juanma por su incansable ánimo durante los días de mayor trabajo.

A mis padres, hermana y abuela por estar simplemente para todo lo que necesitara, no solo en la realización del presente trabajo, si no a lo largo de toda mi vida. Para ellos también va dedicado este trabajo, pues cada una de las páginas redactadas lleva su esencia.

A mis amigos, especialmente aquellos que han colaborado en la presente tesis, bien por hacer de compañeros de viaje en las visitas a la Albufera, por echarme una mano en los dibujos o por preguntarme por cómo está el agua del Parque. Gracias por aguantar el “hoy no puedo que tengo que ir a la Albufera” y ser tan comprensivos a lo largo de los 3 años.

Y por último, a toda persona que haya interactuado o interactúe en el Parque Natural, especialmente a los agricultores que han tolerado la instalación de piezómetros en sus campos, y aquellos que me han enriquecido tanto a nivel agronómico y etnológico con sus charlas sobre la Albufera y el arroz. A todos ellos le agradezco sinceramente el trato y les animo a seguir trabajando por este paraje único que he tenido la suerte de conocer y disfrutar en profundidad.

RESUMEN

La Albufera de Valencia, por su alto valor paisajístico y ambiental, es uno de los humedales más importantes de la península ibérica. Declarada Parque Natural en 1986 está incluida también en la lista de zonas húmedas de importancia internacional para las Aves (Convenio RAMSAR). El agua es el principal recurso del parque y su ciclo natural determina la vida de éste. En este sentido desde la expansión del cultivo del arroz a principios del pasado siglo, la evolución del humedal ha quedado condicionada al complejo sistema de regadío que controla las entradas y salidas de agua del lago. El manejo del arrozal supone el paso de aguas superficiales desde las parcelas superiores a las de inferior cota, hasta llegar a los denominados “tancats” (unidades hidrológicas características de la zona, formadas por parcelas de arroz a cota inferior a la lámina de agua del lago y situadas en el anillo circundante a éste).

Los problemas a los que se ha enfrentado el Parque en las últimas décadas se refieren principalmente a la calidad del agua y sus implicaciones con la salinidad del suelo. Aunque el parque ha sido objeto de diversidad de estudios, ni se han definido sus suelos ni tampoco se ha realizado un estudio exhaustivo de la relación de las aguas freáticas y superficiales respecto a la salinidad. Es por ello que nace el presente trabajo de investigación que pretende caracterizar y evaluar la calidad de las aguas y los suelos del Parque desde el punto de vista espacial y temporal con respecto a la salinidad.

Para ello se ha establecido un plan de trabajo en cuatro líneas de actuación que corresponden al control de las aguas superficiales y freáticas de 133 piezómetros instalados, el control de 54 acequias que aportan aguas a las parcelas de arroz, el control del nivel freático y de lámina libre en los piezómetros y, por último, el estudio de los suelos. Los diferentes análisis realizados son pH y Conductividad Eléctrica (CE), Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Total de Sólidos Disueltos (TDS), Relación de Adsorción de Sodio (RAS) para aguas; y textura, materia orgánica, carbonatos, color, Conductividad Eléctrica del extracto de saturación CE_e , pH del extracto, además del valor n , la humedad de saturación y los elementos gruesos, hierro, además de calcular del extracto de saturación los cationes y aniones principales en suelos.

El estudio de la evolución durante 32 meses de la calidad de las aguas en los 133 piezómetros y las 54 acequias han permitido establecer que la zona norte del lago sufre salinización por la influencia de la capa freática elevada que está íntimamente relacionada con la distancia al lago y la cota además de con el ciclo del cultivo del arroz. La salinidad en las muestras de acequias y las de lámina libre presentan valores de CE aceptables para el uso en el arroz, habiéndose detectado una salinización de estas por el efecto de la capa freática fluctuante y la salinidad de los suelos. La clasificación taxonómica de los suelos se agrupan en tres subórdenes: Aquests, Fluvents y Salids. Con todos los resultados expuestos se ha caracterizado dos recursos importantísimos en el humedal cuyo conocimiento era parcial o nulo puesto que no existían datos de cotas piezométricas ni de calidad de agua ni variables edáficas a tanto detalle y con una densidad de muestreo tan alta.

RESUM

L'Albufera de València, pel seu alt valor paisatgístic i ambiental, és un dels aiguamolls més importants de la península ibèrica. Declarada Parc Natural en 1986 està inclosa també en la llista de zones humides d'importància internacional per a les Aus (Conveni RAMSAR). L'aigua és el principal recurs del parc i el seu cycle natural determina la vida d'aquest. En aquest sentit des de l'expansió del cultiu de l'arròs a principis del passat segle, l'evolució de l'aiguamoll ha quedat condicionada al complex sistema de regadiu que controla les entrades i eixides d'aigua del llac. El maneig de l'arrossar suposa el pas d'aigües superficials des de les parcel·les superiors a les d'inferior cota, fins a arribar als denominats "tancats" (unitats hidrològiques característiques de la zona, formades per parcel·les d'arròs a cota inferior a la làmina d'aigua del llac i situades en l'anell circumdant a aquest).

Els problemes als quals s'ha enfrontat el Parc en les últimes dècades es refereixen principalment a la qualitat de l'aigua i les seues implicacions amb la salinitat del sòl. Encara que el parc ha sigut objecte de diversitat d'estudis, ni s'han definit els seus sòls ni tampoc s'ha realitzat un estudi exhaustiu de la relació de les aigües freàtiques i superficials respecte a la salinitat. És per açò que naix el present treball de recerca que pretén caracteritzar i avaluar la qualitat de les aigües i els sòls del Parc des del punt de vista espacial i temporal pel que fa a la salinitat.

Per a açò s'ha establert un pla de treball en quatre línies d'actuació que corresponen al control de les aigües superficials i freàtiques de 133 piezòmetres instal·lats, el control de 54 sèquies que aporten aigües a les parcel·les d'arròs, el control del nivell freàtic i de làmina lliure en els piezòmetres i, finalment, l'estudi dels sòls. Les diferents anàlisis realitzades són pH, Conductivitat Elèctrica (CE), Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Total de Sòlids Dissolts (TDS), Relació d'Adsorció de Sodi (RAS) per a aigües; i textura, matèria orgànica, carbonats, color, Conductivitat Elèctrica de l'extracte de saturació CE_e , pH de l'extracte, a més del valor n, la humitat de saturació i els elements gruixuts, ferro, i cations i anions principals en l'extracte de saturació dels sòls.

L'estudi de l'evolució durant 32 mesos de la qualitat de les aigües en els 133 piezòmetres i les 54 sèquies han permès establir que la zona nord del llac pateix salinització per la influència de la capa freàtica elevada que està íntimament relacionada amb la distància al llac i la cota a més d'amb el cycle del cultiu de l'arròs. La salinitat en les mostres de sèquies i les de làmina lliure presenten valors de CE acceptables per a l'ús en l'arròs, havent-se detectat una salinització d'aquestes per l'efecte de la capa freàtica fluctuant i la salinitat dels sòls. La classificació taxonòmica dels sòls s'agrupen en tres subordres: Aqüents, Fluvents i Salids. Amb tots els resultats exposats s'ha caracteritzat dos recursos importantíssims en l'aiguamoll el coneixement del qual era parcial o nul, donç no existien dades de cotes piezomètriques, ni de qualitat d'aigua a gran escala, ni de variables edàfiques a tant detall i amb una densitat de mostreig tan alta.

ABSTRACT

The Albufera of Valencia is one of the most important wetlands of the Iberian Peninsula by its high environmental and landscape value. It was declared a Natural Park in 1986 and it is also included in the list of wetlands of international importance for birds (RAMSAR Convention). Water is the main resource of the park and its natural cycle determines its life. In this sense, the evolution of the wetland has become conditioned to the complex irrigation system that has controlled the entrances and exits of lake water from the expansion of rice cultivation at the beginning of the last century to the present. Paddy management involves the passage of surface water from the upper level plots to the deeper plots that are situated near and around the lake. These plots called "tancats" and they are hydrologic independent units with a twist: The soil surface is below the free water surface level of the lake.

The principal problems at the Park are related to water quality and its implications for soil salinity. Although the park has undergone a variety of studies, soils have not been defined. These studies have not related soils and waters with respect to salinity. By these reasons this research is planned to characterize and evaluate, space and temporally, the quality of the waters and soils of the Park respect to salinity.

For this reason we have established a working plan in four lines: a) control of surface and ground water in 133 piezometers; b) control 54 channels that bring water to the rice paddies; c) control levels of the water table and free surface in the piezometers; d) study of soils. The analysed parameters were: pH, electrical conductivity (EC), Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Total Dissolved Solids (TDS), Adsorption Ratio Sodium (SAR) for water, and texture, organic matter, carbonates, colour, electrical conductivity of the saturation extract EC_e , pH of the extract, value n , moisture at saturation point, coarse elements, iron and principal cations and anions in water extracts of soil.

The study of the evolution of water quality in the 133 piezometers and 54 ditches for 32 months has established that the northern part of lake suffers a salinization process due to the influence of high water table. This process is closely related to the distance of the lake, elevation above sea and rice crop cycle. The salinity in samples, ditches and surface water, presents EC values acceptable for use in rice. Salinization problems in these types of water are due to the effect of fluctuating water table and soil salinity. The taxonomic classification of soils is grouped into three suborders: Aquepts, Fluvents and Salids. The data set has allowed to characterize two very important resources in the wetland whose knowledge was partial or nil. There were no data on piezometric levels and water quality and soil variables in such detail and with such high sampling density.

Índice

ÍNDICE

Capítulo 1: Introducción

1.1.- Aspectos generales	33
1.2.- Definición del problema	34
1.2.1.- Problemática Albufera de Valencia.....	35
1.2.2.- Justificación e importancia del trabajo	38
1.3.- Hipótesis de trabajo	41
1.3.1.- Objetivo General	41
1.3.2.- Objetivos específicos.....	42
1.4.- Estructura del Trabajo	42

Capítulo 2: Antecedentes

2.1.- Las Zonas Húmedas.....	45
2.1.1.- Introducción	45
2.1.2.- Definición de humedal	45
2.1.3.- Funciones	47
2.1.4.- Valores	48
2.1.5.- Clasificación.....	49
2.1.6.- Convención Ramsar.....	52
2.1.7.- Los Humedales en España.....	55
2.1.8.- Percepción social de los Humedales	56
2.1.9.- Hidrología en los Humedales	58
2.1.9.1.- El agua	59
2.1.10.- Los suelos en los humedales	63
2.1.10.1.- El suelo	63
2.1.10.2.- Suelos hídricos	65
2.1.10.2.1.- Historia de la definición de criterios y concepto de suelo hídrico	66
2.1.10.2.2.- Criterios de diagnóstico.....	69
2.1.10.3.- Suelos sumergidos o subacuáticos.....	75
2.1.10.4.- Procesos formadores	76
2.1.10.5.- Clasificación taxonómica.....	79
2.1.11.- Agua en el suelo	82

2.1.11.1.- Potencial del agua y flujo en el suelo.....	85
2.1.12.- La salinidad.....	87
2.1.12.1.- Medición y clasificación de la salinidad en suelos	91
2.1.12.2.- Medición y clasificación de la salinidad en aguas	93
2.2.- La Albufera de Valencia.....	97
2.2.1.- Introducción.....	97
2.2.2.- Formación de la Albufera.....	99
2.2.3.- Geología y Geomorfología	104
2.2.4.- Hidrogeología.....	106
2.2.5.- Hidrología.....	107
2.2.6.- Climatología	110
2.2.7.- Vegetación	113
2.2.8.- Usos y aprovechamientos	119
2.2.9.- El cultivo del arroz.....	121
2.2.9.1.- Descripción botánica.....	121
2.2.9.2.- Exigencias del medio físico.....	123
2.2.10.- Los suelos de la Albufera.....	127
2.2.11.- <i>Els tancats</i>	132

Capítulo 3: Materiales y métodos

3.1.- Materiales.....	139
3.1.1.- Zona de Estudio.....	139
3.2.- Metodología.....	140
3.2.1.- Plan de trabajo	140
3.2.2.- Fase de Gabinete	141
3.2.3.- Fase de campo	141
3.2.3.1.- Instalación de piezómetros.....	141
3.2.3.2.- Muestreo de Acequias	144
3.2.3.3.- Muestreo de aguas superficiales y freáticas.....	147
3.2.3.4.- Medición de alturas	147
3.2.3.5.- Muestreo de suelos.....	148
3.2.3.6.- Georeferenciación.....	151
3.2.4.- Fase de laboratorio	152
3.2.4.1.- Análisis de aguas	152
3.2.4.2.- Análisis de suelos	157

3.2.5.- Fase de Gabinete.....	163
3.2.5.1.- Tratamiento de datos de aguas, suelos y cotas	163
3.2.5.2.- Tratamiento estadístico	167
3.2.5.3.- Tratamiento geoestadístico y cartografía	168
3.2.5.4.- Conclusiones y redacción	171

Capítulo 4: Resultados y discusión

4.1.- Introducción	175
4.2.- Aguas	178
4.2.1.- Acequias	178
4.2.1.1.- pH	180
4.2.1.2.- Cationes y aniones principales.....	181
4.2.1.3.- Relación de Adsorción de Sodio.....	182
4.2.1.4.- Conductividad eléctrica.....	183
4.2.1.5.- Tipos de agua y correlación entre variables.....	187
4.2.1.6.- Influencia sobre la CE de las variables físicas, climáticas y de manejo	192
4.2.2.- Lámina libre.....	197
4.2.2.1.- pH	199
4.2.2.2.- Cationes y aniones principales.....	201
4.2.2.3.- Relación de Adsorción de Sodio	205
4.2.2.4.- Conductividad eléctrica.....	206
4.2.2.5.- Tipos de agua y correlación entre variables.....	211
4.2.2.6.- Influencia sobre la CE de las variables físicas, climáticas y de manejo	216
4.2.3.- Capa freática	220
4.2.3.1.- pH	222
4.2.3.2.- Cationes y aniones principales.....	225
4.2.3.3.- Relación de Adsorción de Sodio	229
4.2.3.4.- Conductividad eléctrica.....	231
4.2.3.5.- Tipos de agua y correlaciones entre variables.....	253
4.2.3.6.- Influencia sobre la CE de las variables físicas, climáticas y de manejo	241
4.3.- Piezometría	248
4.3.1.- Cotas capa freática.....	248
4.3.2.- Riesgo de salinización por capa freática.....	253
4.3.3.- Influencia de las variables físicas sobre el nivel freático.....	254
4.4.- Suelos	257

4.4.1.- Carbonatos	259
4.4.2.- pH	261
4.4.3.- Textura	262
4.4.4.- Materia orgánica	265
4.4.5.- Salinidad	268
4.4.6.- Color.....	272
4.4.7.- Resto de parámetros analíticos en calicatas	273
4.4.8.- Correlaciones entre variables	277
4.4.9.- Influencia de las variables físicas en la CE _e y la materia orgánica	281
4.4.10.- Clasificación taxonómica	285
4.5.- Geoestadística	290

Capítulo 5: Conclusiones

Conclusiones	293
---------------------------	------------

Capítulo 6: Bibliografía

Bibliografía.....	301
--------------------------	------------

ANEJOS

ANEJO I: Cronograma	
ANEJO II: Fichas de campo	
ANEJO III: Analíticas de agua.....	
ANEJO IV: Evolución espacio-temporal de la CE Acequias	
ANEJO V: Evolución espacio-temporal de la CE Lámina libre	
ANEJO VI: Evolución espacio-temporal de la CE en capa freática	
ANEJO VII: Mapas de cationes y aniones principales.....	
ANEJO VIII: Evolución espacio-temporal del nivel piezométrico	
ANEJO IX: Riesgo de salinización	
ANEJO X: Evolución espacial de las variables edáficas.....	
ANEJO XI: Datos analíticos de las calicatas	
ANEJO XII: Descripción de perfiles.....	
ANEJO XIII: Mapa de Suelos	
ANEJO XIV: Fotografías	

RELACIÓN DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1: Problemática de un humedal.	35
Tabla 2: Datos climatológicos de la zona.	38
Tabla 3: Clasificaciones internacionalmente reconocidas y sus criterios.	49
Tabla 4: Reuniones pre-RAMSAR y principales logros	54
Tabla 5: Reuniones POST-RAMSAR y principales logros	54
Tabla 6: Distribución de los Humedales españoles en el IEZH según número.	55
Tabla 7: Cationes y aniones principales en aguas.	61
Tabla 8: Composición de diferentes aguas.	61
Tabla 9: Principales puntos de inflexión en la percepción de la definición del suelo.	63
Tabla 10: Cumplimiento de la condición <i>Aquic</i> según <i>Soil Taxonomy 1975</i>	66
Tabla 11: Clases y subclases de la Clasificación por Capacidad de tierras (LCC)	68
Tabla 12: Indicadores de campo	70
Tabla 13: Compuestos químicos predominantes en condiciones redox.	76
Tabla 14: Procesos formadores en suelos hídricos	78
Tabla 15: Clasificación de régimen de humedad ácuico a nivel de Suborden	80
Tabla 16: Prefijos formativos de Gran Grupo y Subgrupo relacionados con el régimen ácuico	81
Tabla 17: Sufijos formadores de grandes grupos y subgrupos	81
Tabla 18: Tolerancia del cultivo a la salinidad y disminución del rendimiento	89
Tabla 19: Clasificación de los suelos según su salinidad y sodicidad	92
Tabla 20: Clases de agua según RIVERSIDE	94
Tabla 21: Clasificación de aguas de riego (FAO)	96
Tabla 22: Clasificación de aguas salinas (FAO)	96
Tabla 23: Evolución superficie del lago	101
Tabla 24: Superficies de las cuencas vertientes al Parque Natural	106
Tabla 25: Endemismos del Parque Natural de la Albufera de Valencia	118
Tabla 26: Analíticas del perfil de suelo: Arenosol Calcáreo	129
Tabla 27: Analíticas del perfil de suelo: Fluvisol Calcáreo	130
Tabla 28: Analíticas del perfil de suelo: Fluvisol Calcáreo o Antrosol cumúlico	130
Tabla 29: Clasificación de tierras	131
Tabla 30: Nombres de los Tancats	135
Tabla 31: Acequias muestreadas y código de referencia.	145
Tabla 32: Metodologías analíticas de aguas	153
Tabla 33: Metodologías analíticas de suelos	158
Tabla 34: Tabla accesoria para el cálculo de pHc.	164
Tabla 35: Valores de CE de la red de intrusión Marina (CHJ)	165
Tabla 36: Clasificación del material de acuerdo al valor n y riesgo de subsidencia	166
Tabla 37: Clasificación del índice de estado	167
Tabla 38: Codificación de clases para el estudio estadístico de las variables físicas	176
Tabla 39: Codificación del factor presencia/ausencia de lámina libre en capa freática	176
Tabla 40: Codificación del factor ciclo	177

Tabla 41: Codificación para el estudio estadístico del factor clima	177
Tabla 42: Codificación del factor sector en acequias	177
Tabla 43: Codificación del factor cota en acequias	177
Tabla 44: Estadísticos de pruebas de normalidad en acequias	179
Tabla 45: Estadísticos descriptivos del pH en acequias.	180
Tabla 46: Estadísticos de cationes y aniones principales en acequias (meq/l)	181
Tabla 47: Estadísticos descriptivos de la variable RAS en acequias	183
Tabla 48: Estadísticos descriptivos de la CE en acequias	183
Tabla 49: Correlaciones bivariadas de las muestras de agua en acequias	191
Tabla 50: Estadísticos de contraste para la CE en acequias y el factor físico cota según el test Kruskal -Wallis	192
Tabla 51: Descriptivos estadísticos de la CE (dS/m) para los dos códigos estudiados del factor precipitación	194
Tabla 52: Estadísticos de contraste para la CE y sector de riego según el test Kruskal -Wallis	196
Tabla 53: Valores del test Mann-Whitney para la CE y sectores de riego	196
Tabla 54: Estadísticos de pruebas de normalidad de los parámetros analíticos	198
Tabla 55: Estadísticos descriptivos de la variable pH en lámina libre	199
Tabla 56: Estadísticos de cationes y aniones principales en lámina libre (meq/l)	201
Tabla 57: Estadísticos descriptivos de la variable RAS en lámina libre	205
Tabla 58: Estadísticos descriptivos de la CE en lámina libre (dS/m)	206
Tabla 59: Valores medios máximos de CE (dS/m) del conjunto de sondeos.	210
Tabla 60: Correlaciones bivariadas de la lámina libre.	214
Tabla 61: Correlaciones bivariadas entre variables físicas y la CE de la lámina libre	216
Tabla 62: Estadísticos de contraste para la CE y los factores físicos según el test Kruskal -Wallis	216
Tabla 63: Valores del test Mann-Whitney para la CE y el factor ciclo	219
Tabla 64: Valores del test Mann-Whitney para la CE y los factores evaporación y precipitación	219
Tabla 65: Estadísticos de pruebas de normalidad de los parámetros analíticos	221
Tabla 66: Estadísticos descriptivos del pH en aguas freáticas.	222
Tabla 67: Estadísticos de cationes y aniones principales en aguas freáticas (meq/l)	225
Tabla 68: Valores de concentración promedios del agua del mar Mediterráneo	227
Tabla 69: Estadísticos descriptivos de la variable RAS en aguas freáticas.	230
Tabla 70: Estadísticos descriptivos de la CE en aguas freáticas.	231
Tabla 71: Valores medios máximos de CE (dS/m) del conjunto de sondeos.	233
Tabla 72: Correlaciones bivariadas del agua freática	239
Tabla 73: Correlaciones bivariadas entre variables físicas y la CE de la capa freática	242
Tabla 74: Estadísticos de contraste para la CE y los factores físicos según el test Kruskal -Wallis	243
Tabla 75: Valores del test Mann-Whitney para la CE y el factor presencia de lámina libre	246
Tabla 76: Valores del test Mann-Whitney para la CE y el factor ciclo	247
Tabla 77: Valores del test Mann-Whitney para la CE y los factores evaporación y precipitación	248
Tabla 78: Estadísticos de contraste mediante Mann-Whitney para las variables físicas (distancia al lago, distancia a la costa y cota) respecto al nivel piezométrico	255

Tabla 79: Estadísticos de pruebas de normalidad de los parámetros analíticos en suelos	257
Tabla 80: Estadísticos de normalidad en los parámetros analíticos restantes de calicatas	258
Tabla 81: Estadísticos descriptivos de la variable carbonatos en suelos (%).	259
Tabla 82: Datos estadísticos del pH en suelos de la Albufera de Valencia	261
Tabla 83: Estadísticos descriptivos de la variable fracciones texturales en suelos (%).	262
Tabla 84: Distribución textural en arenas de muestras de suelo (%)	264
Tabla 85: Estadísticos descriptivos de la variable materia orgánica en suelos (%).	266
Tabla 86: Estadísticos descriptivos de la salinidad en suelos (%).	269
Tabla 87: Colores predominantes en los suelos del Parque Natural de la Albufera de Valencia	272
Tabla 88: Estadísticos descriptivos de las variables sodio, potasio, calcio, magnesio, sulfato, cloruro y bicarbonato (meq/l) en suelos.	273
Tabla 89: Estadísticos descriptivos de la variable humedad de saturación, valor n y RAS en suelos.	274
Tabla 90: Clasificación del riesgo de subsidencia	275
Tabla 91: clasificación en función de CE_e y RAS	275
Tabla 92: Resultados de componentes principales	277
Tabla 93: Correlaciones bivariadas del conjunto de muestras de suelo.	278
Tabla 94: Correlaciones bivariadas de los datos analíticos del extracto de saturación en las calicatas.	279
Tabla 95: Estadísticos de contraste para la CE_e y los factores físicos según el test Kruskal-Wallis	281
Tabla 96: Estadísticos de contraste para la materia orgánica y los factores físicos según el test Kruskal-Wallis	283
Tabla 97: Clasificación taxonómica de los suelos (<i>Soil Taxonomy</i>)	286
Tabla 98: Valores extraídos de la validación cruzada en el agua freática en diciembre de 2011.	290

RELACIÓN DE FIGURAS

	Págs.
Figura 1: Algas verdes filamentosas en acequia (alta eutrofización)	36
Figura 2: Ejemplares de cangrejo americano (especie invasora)	36
Figura 3: Red de intrusión marina C.H.J.	39
Figura 4: Red nivel piezométrico C.H.J.	39
Figura 5: Logo Convención RAMSAR	53
Figura 6: Logo COP8 realizado en Valencia en 2002	53
Figura 7: Ciclo hidrológico	58
Figura 8: Balance hídrico de un humedal	59
Figura 9: Molécula de agua	60
Figura 10: Ficha tipo del indicador de campo	70
Figura 11: a) Masa de hierro oxidada y b) matriz reducida.	77
Figura 12: Espacio poroso del suelo	82
Figura 13: a) Altura capilar y b) ángulos de contacto entre superficies y el agua	84
Figura 14: Zona no saturada (ZNS) y zona saturada del suelo (ZSS)	84
Figura 15: Causas de salinización	88
Figura 16: Diagrama par la clasificación de las aguas para riego (Riverside)	94
Figura 17: Vista aérea y límites municipales del Parque Natural.	98
Figura 18: Albufera de Valencia en el siglo XVII	100
Figura 19: Detalles de la cartografía del lago en 1709; 1852 y 1883	101
Figura 20: Evolución de la superficie del lago de la Albufera de Valencia	102
Figura 21: Gola de Pujol y situación de las 3 golas	102
Figura 22: Detalle de les "Salines" de la Albufera de Valencia	103
Figura 23: Detalle de les "Salines" dibujadas por Van den Wingaerde	103
Figura 24: Mapa materiales geológicos	105
Figura 25: a) Red de acequias y drenaje b) Sectores de riego	108
Figura 26: Efectos de la descomposición de la paja del arroz	109
Figura 27: Red de estaciones termo-pluviométricas oficiales	110
Figura 28: Climodiagramas de las estaciones de Silla y Sueca	111
Figura 29: Rosa de viento de Benifaió y Algemesí	112
Figura 30: Sucesión vegetal en el Parque Natural	113
Figura 31: Bosque de la Devesa	115
Figura 32: Mallada del Quarter	116
Figura 33: Vegetación de la mata en Torre en Marzo de 2010	117
Figura 34: Detalle de ejemplares de plantas invasoras en el Parque Natural	119
Figura 35: Evolución de la producción de arroz en la U.E.	121
Figura 36: Planta de arroz	122
Figura 37: Ciclo fenológico del arroz	123
Figura 38: Zonificación de un suelo de arrozal.	125
Figura 39: Ciclo del arroz el L'Albufera de Valencia.	126
Figura 40: a) Clasificación 1968 (Soil Survey Staff) b) Clasificación 1973 (FAO)	128
Figura 41: PGOU Valencia- Unidades edafogénicas	132
Figura 42: Esquema de un Tancat	133

Figura 43: Distribución de los tancats en el Parque Natural	134
Figura 44: Situación área de estudio (suelos/piezómetros – acequias)	139
Figura 45: Plan de trabajo	140
Figura 46: Cronograma resumido del estudio	141
Figura 47: Red de puntos de muestreo	142
Figura 48: Esquema del piezómetro	143
Figura 49: Piezómetros instalados	143
Figura 50: a) Piezómetro sobre talud de acequia b) piezómetro en campo de arroz	144
Figura 51: red de muestreo de acequias	146
Figura 52: Etiquetas muestreo y botes de polietileno	146
Figura 53: Toma de muestras de aguas en lámina libre	147
Figura 54: Referencias de toma de alturas en piezómetros	148
Figura 55: Toma de muestras en campo	149
Figura 56: Etiqueta de identificación de la muestra de suelo	149
Figura 57: Localización de las calicatas	150
Figura 58: Sistema de Georeferenciación Leica GPS 1200	151
Figura 59: Viraje en la titulación del calcio por EDTA	153
Figura 60: Viraje en la titulación de la dureza por EDTA	154
Figura 61: Fotómetro de llama	155
Figura 62: Espectrofotómetro para determinación de sulfatos	155
Figura 63: Viraje en la titulación de cloruros	156
Figura 64: Clorurímetro	156
Figura 65: a) Conductímetro y b) pH-metro	156
Figura 66: Muestras tratadas con materia orgánica (a) frente a las no tratadas (b)	159
Figura 67: Proceso analítico de la determinación de la textura	160
Figura 68: Determinación de fibras por pirofosfato	161
Figura 69: Determinación carbonatos (Calcímetro Bernard)	161
Figura 70: Determinación del color Munsell en seco y húmedo	162
Figura 71: Torre de tamices y fracciones de arena separadas granulométricamente	162
Figura 72: Divisiones en un semivariograma	169
Figura 73: Distribución de muestras de agua analizadas	175
Figura 74: Gráficos Q-Q de los parámetros analizados en acequias a) pH b) CE c) calcio d) magnesio e) sodio f) potasio g) bicarbonato h) sulfato i) cloruro	179
Figura 75: Histograma de la variable pH en las acequias	180
Figura 76: Variación mensual del pH medio en el conjunto de acequias	181
Figura 77: Histograma del catión potasio (meq/l) en acequias	182
Figura 78: Histograma de la CE de las acequias	184
Figura 79: Variación espacio-temporal de la CE en acequias a) junio 2010 y b) enero 2012	184
Figura 80: Variación mensual de la CE (dS/m) en tres acequias diferentes (A.5, A.10 y A.27)	185
Figura 81: Datos analíticos de la acequia Overa en diferentes años.	186
Figura 82: Variación espacio-temporal de la CE en acequias en los meses de junio de a) 2010, b) 2011 y c) 2012	187
Figura 83: Porcentajes de cada una de las facies encontradas en el conjunto de acequias	188
Figura 84: Facies de las aguas de acequias en función de su ubicación	188

Figura 85: Diagramas radiales en a) A.11 y b) A.20	189
Figura 86: Diagramas de Stiff en a) A.19 y b) A.10.1	189
Figura 87: Clasificación del conjunto total de las aguas en acequias según Riverside	190
Figura 88: Clasificación de las aguas de acequias según Riverside y su posición respecto a los límites del Parque Natural	190
Figura 89: Gráfico de comparación de medianas para el factor cota y la CE	193
Figura 90: Gráfico de comparación de medianas para el factor precipitación y la CE	193
Figura 91: Gráfico de comparación de medianas para el factor evapotranspiración y la CE en acequias	194
Figura 92: Gráfico de comparación de medianas para el factor ciclo y la CE en acequias	195
Figura 93: Gráfico de comparación de medianas para el factor sectores de riego y la CE	197
Figura 94: Gráficos Q-Q de las muestras de lámina libre a) pH b) CE c) calcio d) magnesio e) sodio f) potasio g) bicarbonato h) sulfato i) cloruro (respectivamente)	198
Figura 95: Histograma de la variable pH en lámina libre	199
Figura 96: Diagrama Box and Whisker del pH en lámina libre	199
Figura 97: Variación del pH durante el periodo de estudio	200
Figura 98: Variación espacio-temporal del pH en los meses de junio a) 2010 y b) 2012	200
Figura 99: Variación espacio-temporal del pH en los meses de: a) mayo 2010, b) septiembre 2011 y c) julio 2012	200
Figura 100: Histograma de los valores de Potasio en lámina libre	201
Figura 101: Histograma de los valores de Bicarbonato en lámina libre	202
Figura 102: Gráficos Box and Whisker del cloruro en lámina libre	202
Figura 103: Porcentaje de muestras de lámina libre que cumplen con los valores límite de ratios	203
Figura 104: Representación espacio-temporal del ratio Cl^-/Na^+ en los meses de a) junio 2011, b) julio 2011 y c) noviembre 2011	204
Figura 105: Diagrama Box and Whisker del RAS en lámina libre	206
Figura 106: Variación mensual de la CE (dS/m) en el conjunto de lámina libre	207
Figura 107: Histograma de la Conductividad eléctrica de la lámina libre	207
Figura 108: Gráfico de dispersión de la CE de la lámina libre	208
Figura 109: a) Ubicación del canal perimetral con suelo salinizado en el tancat de la Pipa b) Ubicación de los filtros verdes Tancat de Pipa (amarillo) y T. de Milia (rojo)	209
Figura 110: Evolución anual de la CE de la lámina libre en los sondeos a) S.127 y b) S.121	210
Figura 111: Porcentajes de cada una de las facies encontradas en aguas de lámina libre	211
Figura 112: Diagramas radiales de muestras de lámina libre en a) S.84 y b) S.102	212
Figura 113: Diagramas de Stiff en muestras de lámina libre a) S.60 y b) S.79	212
Figura 114: Clasificación de las aguas de lámina libre según Riverside	213
Figura 115: Gráfica de regresión lineal entre CE y el sodio en lámina libre	215
Figura 116: Gráfico de regresión lineal entre CE y cloruro	215
Figura 117: Gráfico de comparación de medianas para el factor distancia al lago y la CE	217
Figura 118: Gráfico de comparación de medianas para el factor cota y la CE	218
Figura 119: Gráfico de comparación de medianas para el factor distancia a la costa y la CE	218
Figura 120: Gráfico de comparación de medianas para el factor ciclo y la CE	219
Figura 121: Gráfico de comparación de medianas para el factor evapotranspiración y la CE	220

Figura 122: Gráficos Q-Q de las muestras de agua freática a) pH b) CE c) calcio d) magnesio e) sodio f) potasio g) bicarbonato h) sulfato i) cloruro	221
Figura 123: Histograma de la variable pH en las aguas subterráneas	222
Figura 124: Diagrama Box and Whisker del pH en aguas freáticas	223
Figura 125: Variación del pH durante el periodo de estudio	223
Figura 126: Variación espacio-temporal del pH en los meses de junio a) 2010, b) 2011, c) 2012	224
Figura 127: Variación espacio-temporal del pH en los meses de julio a) 2010, b) 2011, c) 2012	224
Figura 128: Variación espacial del pH en el periodo de inundación: Otoño 2011	224
Figura 129: Histogramas de a)calcio y b)sulfato	225
Figura 130: Gráficos Box and Whisker del catión sodio y del anión cloruro	227
Figura 131: Porcentaje de muestras de capa freática que cumplen con los valores límite de ratios	228
Figura 132: Gráfico de dispersión de la relación iónica Cl^-/Na^+ para aguas freáticas.	229
Figura 133: Histograma de la variable RAS en las aguas subterráneas	230
Figura 134: Diagrama Box and Whisker del RAS en aguas freáticas	231
Figura 135: Variación mensual de la CE (dS/m) en el conjunto de sondeos	232
Figura 136: Histograma de la CE de la capa freática	232
Figura 137: Evolución anual de la CE de los sondeos a) S.123, b) S.96 y c) S.14	234
Figura 138: Porcentajes de cada una de las facies encontradas	235
Figura 139: Diagramas radiales en a) S.14, b) S.23 y c) S.74	236
Figura 140: Diagramas de Stiff en a) S.19, b) S.31 y c) S.101	237
Figura 141: Clasificación de las aguas freáticas según Riverside	238
Figura 142: Gráfica de regresión lineal entre CE y el sodio	240
Figura 143: Gráfico de regresión lineal entre CE y cloruro	241
Figura 144: Gráfico de comparación de medianas para el factor distancia al lago y la CE	243
Figura 145: Gráfico de comparación de medianas para el factor cota y la CE	244
Figura 146: Gráfico de comparación de medianas para el factor distancia a la costa y la CE	245
Figura 147: Gráfico de comparación de medianas para el factor presencia de lámina y la CE	246
Figura 148: Gráfico de comparación de medianas para el factor <i>eixugó</i> y la CE	247
Figura 149: Gráfico de comparación de medianas para el factor ciclo y la CE	247
Figura 150: Representación en perfil de la superficie real y las fluctuaciones en longitud del nivel de la lámina libre y de la capa freática para dos instantes en el transecto 1	249
Figura 151: Representación en perfil de la superficie real y las fluctuaciones en longitud del nivel de la lámina libre y de la capa freática en los meses de septiembre de 2010, 2011 y 2012 a lo largo del transecto 6.	250
Figura 152: Tancats más profundos (rojo) con cotas en torno a -2 a -2,5 metros	251
Figura 153: Representación de niveles de capa freática durante a) periodo inundación y b) ciclo de cultivo.	251
Figura 154: Representación de la dinámica de las aguas subterráneas en el Parque Natural de la Albufera de Valencia.	252
Figura 155: Representación cartográfica del riesgo potencial de salinización por ascenso de la capa freática en los meses de Agosto de a) 2010, b) 2011 y c) 2012	253
Figura 156: Índice de estado para el conjunto de datos muestreados por año	254

Figura 157: Gráfico de comparación de medianas para el factor evapotranspiración y el nivel freático	255
Figura 158: Gráfico de comparación de medianas para el factor ciclo y el nivel freático.	256
Figura 159: Gráfico de comparación de medianas para el factor mes y el nivel freático	256
Figura 160: Gráficos Q-Q de los parámetros analizados en sondeos y calicatas a) carbonatos, b) $CE_{1.5}$, c) $pH_{1.25}$, d) Materia orgánica, e) Arcilla, f) Limo, g) Arena, h) CE_e y i) pH_e	258
Figura 161: Detalle de caracolillos y conchas en la matriz del suelo en muestras de suelo	260
Figura 162: Perfil en profundidad del contenido en carbonato de a) S.96 y b) S.136	260
Figura 163: Histogramas de $pH_{1.25}$ y pH_e para el conjunto de muestras de suelo	262
Figura 164: Diagrama de frecuencias para las clases texturales.	263
Figura 165: a) Suelos con tendencia en profundidad a muestras arenosas y b) Suelos con texturas francas en todo el perfil	263
Figura 166: Distribución granulométrica media de la fracción arena.	264
Figura 167: División de la fracción arena (USDA)	265
Figura 168: Bolsa de materia orgánica en la superficie del suelo	265
Figura 169: Variación de la materia orgánica en profundidad en diferentes sondeos	267
Figura 170: Variación de la materia orgánica en profundidad en diferentes perfiles	268
Figura 171: Evolución de la salinidad en profundidad en a) C.4 y b) S.42	270
Figura 172: Salinidad en los S.111 y S.112	271
Figura 173: Inicios de transformación del tancat de Milia (volteo de horizonte superficial)	272
Figura 174: a) Matriz reducida con restos vegetales y b) agregado de suelo con procesos de óxido-reducción.	273
Figura 175: Partículas de suelo imantadas	275
Figura 176: Variación del contenido en hierro libre (%) en S.52, S.54 y S.120	276
Figura 177: Variación del contenido en hierro libre (%) en calicata 3 y S.83	277
Figura 178: Ajuste de regresión por modelo doble cuadrado	280
Figura 179: Gráfico de comparación de medianas para el factor distancia al lago y la CE_e a la profundidad de 0-20 cm	281
Figura 180: Gráfico de comparación de medianas para el factor distancia a la costa y la CE_e a la profundidad de 40-60 cm.	282
Figura 181: Gráfico de comparación de medianas para el factor cota y la CE_e a la profundidad de 40-60 cm.	283
Figura 182: Gráfico de comparación de medianas para el factor cota y la materia orgánica a la profundidad de 60-80 cm.	284
Figura 183: Clasificación de muestras en base a su origen mineral u orgánico	285
Figura 184: Perfiles de calicatas y horizontes genéticos en el Parque Natural	287
Figura 185: Capa freática cercana a la superficie en la C. 7 y C.6	289

Capítulo 1

Introducción

1.1- ASPECTOS GENERALES

El conocimiento de los factores, agentes y procesos asociados a un ecosistema tanto en su vertiente espacial como temporal son necesarios para llevar a cabo una buena gestión de los recursos. El empleo de herramientas con las que poder planificar, evaluar y manejar su potencial ecológico en base a unas directrices de eficiencia combinadas con los diferentes actores interrelacionados en el ecosistema es hoy en día más fácil gracias al empleo de software informático. El *uso racional* definido como la utilización de forma compatible y sostenible de los ecosistemas, manteniendo sus propiedades naturales para el beneficio de la humanidad, es un concepto de plena vigencia en el ámbito de las zonas húmedas (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010a).

Los humedales están principalmente definidos por dos aspectos: los suelos y la hidrología, aunque hay muchos otros como la fauna, la vegetación o la acción del hombre que también influyen sobre su desarrollo. No obstante, en función de las características del suelo y del régimen hidrológico variará la fauna, la vegetación y los usos y aprovechamientos que el hombre realiza de ellos. De este modo, si conocemos los parámetros edáficos e hidrológicos con exactitud y los monitorizamos podremos comprender las variaciones de éstos y sus consecuencias sobre vegetación, fauna y usos evitando la posible degradación de las zonas húmedas que son especialmente sensibles.

La agricultura ha sido una de las principales causas de degradación de los humedales. Por una parte la sociedad no ha sabido apreciar el valor de estos ecosistemas y ha intentado darle un aprovechamiento agrícola, y por otro lado y de modo indirecto, ha contribuido a la contaminación y pérdida de la calidad ambiental de éstos debido al manejo inadecuado de los inputs agrícolas. Por suerte para la humanidad esta percepción sobre las zonas húmedas ha variado desde principios de los años 70. Las medidas de conservación y recuperación aplicadas han conseguido, en algunos casos, restaurar y mejorar de forma significativa el estado de estos ecosistemas, pero aún quedan muchos más esfuerzos por realizar para revertir los impactos realizados sobre los humedales y para conocer mejor su funcionamiento interno. El estudio de estas zonas debería de realizarse desde un amplio rango de campos de investigación (ciencias sociales, hidrología, edafología, botánica, biología, zoología, agronomía, ecología, etc.) de una manera conjunta, puesto que las zonas húmedas son espacios complejos donde las interrelaciones entre factores no pueden estudiarse por separado al depender unos de otros. En este sentido la creación de grupos de trabajo multidisciplinar debería de ser una prioridad para los políticos y gestores de los humedales, controlando mediante sistemas de información geográfica (SIG) la evolución de estas zonas.

El Parque Natural de la Albufera de Valencia no es ajeno a todas estas situaciones y proviene de un periodo de degradación ambiental por la acción humana que tardaremos años en restaurar. No obstante, la gestión con un asesoramiento multidisciplinar y la concienciación ciudadana del valor de este ecosistema debe ser un objetivo primordial a establecer en los planes de gestión del parque.

1.2.- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El Parque Natural de la Albufera de Valencia ha sido objeto de muchos estudios científicos dirigidos en dos direcciones diferentes: el conocimiento del humedal y la subsanación y estudio de los problemas de éste. Citaremos diversos trabajos sobre la geomorfología o tasa de sedimentación y erosión (Carmona, 1995; Mintegui, 1986; Sanjaume, 1974; Sanjaume *et al.*, 1992; Valles, 1979), sobre vegetación y fauna (Boira *et al.*, 1997; Carretero y Boira, 1989; Costa y Mansanet, 1981; Dies *et al.*, 1999; Dolç y Gómez, 1988; Rodrigo *et al.*, 2009; Soria y Ros, 1991), sobre el arroz y la calidad del agua (Ariosa *et al.*, 2005; Ballesteros, 2001a; Ballesteros *et al.*, 1988; Berefúll y De la Guardia, 1984; Del Barrio *et al.*, 2012; Garay, 1982; García, 1979; García y Miguelsanz, 2009; Margalef i Mir, 1973; Peris *et al.*, 2005; Quesada *et al.*, 1995; Quesada *et al.*, 1997; Serra *et al.*, 1988; Soria *et al.*, 2005; Usaquén *et al.*, 2012; Vazquez-Roig *et al.*, 2011a; Vazquez-Roig *et al.*, 2011b), sobre restauración (Canet *et al.*, 2003; Ferrer *et al.*, 2006; Martín *et al.*, 2013) y sobre suelos y sedimentos (Requena, 2001; Rubio *et al.*, 1998 y Trabajos Finales de Carrera o alguna Tesis Doctoral realizada en las universidades valencianas).

Los agentes principales del parque: agua, geomorfología, suelo, vegetación y fauna combinados con el cultivo del arroz han sido estudiados desde los años 70 hasta la actualidad. La producción arrocería constituye el principal aprovechamiento económico del parque y ocupa aproximadamente el 70% de su superficie, unas 14.500 ha, (Jiménez, 2007), siendo el factor que mayor influencia ejerce sobre el resto. El cultivo supone el mantenimiento de las condiciones medioambientales suficientes para que la zona se considere un humedal en todos los sentidos pues provee de agua el marjal en el periodo de verano donde la evapotranspiración supera la precipitación y los aportes naturales son escasos (GVA, 2002; Oltra, 2007).

La gestión adecuada del humedal es compleja puesto que no se pueden establecer modelos homogéneos de comportamiento en toda su superficie, siendo además preciso contemplar el mayor número de factores determinantes de la calidad ambiental de la zona. Un humedal costero puede presentar de forma general los siguientes problemas (tabla 1), los cuales se acrecientan en el caso de la Albufera de Valencia por su gran cercanía a la costa y a las zonas urbanas.

Tabla 1: Problemática de un humedal

Contaminación industrial
Contaminación agrícola
Escasez de recursos hídricos
Eutrofización
Salinización de aguas y suelos
Intrusión marina
Pérdida de biodiversidad
Abandono de la tierra por los agricultores
Pesca y caza descontroladas
Colmatación por sedimentos

1.2.1.- Problemática en la Albufera de Valencia

Desde los años 80 hasta la actualidad muchas han sido las voces de alarma que han alertado sobre el alto grado de contaminación de las aguas del ecosistema y la pérdida de algunas especies vegetales (García y Cabrejas, 1996; Gil, 1982; Goberna, 2002; Sanchis, 2011; Soria, 2006; Valero, 2010). El carácter hipertrófico del lago (Vicente y Miracle, 1992), con excesivas entradas de materia orgánica alóctona ha motivado la realización de un plan urgente de rehabilitación que revertiera la acelerada degradación actual del ecosistema y los esfuerzos se han dirigido hacia esa dirección. No obstante y aunque el principal inconveniente del lago sea la calidad del agua, los problemas a los que se enfrentan los gestores del parque son diversos:

- **Aterramientos.** Aunque el vaso del lago se encuentra estabilizado por la reducción de los aportes de la cuenca vertiente en la actualidad, es de destacar el gran aterramiento que ha sufrido de modo antrópico. Está claro que actualmente debido a la existencia de presas y azudes en las zonas altas de la cuenca y a los escasos aportes continuos de los barrancos es un tema de menor importancia, pero que debe controlarse en las grandes avenidas de agua.
- **Eutrofización del lago.** El alta carga de nutrientes que poseen los sedimentos del fondo del lago y los que llegan por las diferentes acequias y barrancos han dado lugar a un crecimiento desmesurado de algas verdes filamentosas que evitan la claridad del agua del lago, produciendo una pérdida de la biodiversidad del ecosistema.
- **Sedimentos del lago contaminados.** Debido a la escasa preocupación ambiental de los años 60 y 80 del pasado siglo, las industrias vertieron de forma incontrolada metales pesados, que se encuentran precipitados en el fondo del lago debido al carácter básico de las aguas.

- Reducción de aportes fluviales. Las oscilaciones en el total de reservas hidráulicas que se dan en las dos cuencas (Júcar y Turia) producidas por el clima han dado lugar a una reducción de los aportes al marjal y al lago. Si adjuntamos a este efecto la mala calidad de las aguas, el problema es bastante grave de cara a mantener un estatus ecológico bueno.
- Calidad físico-química y biológica de las aguas del lago. La calidad del agua se encuentra fuertemente dañada debido a los efectos contaminantes de los residuos urbanos, industriales y agrícolas que afectaron al parque en otras épocas. Actualmente continúan produciéndose vertidos directos sin depurar de origen urbano o industrial y efluentes procedentes de la red de saneamiento, la cual presenta deficiencias estructurales en las zonas noroeste y oeste del Parque.
- En épocas de sequía como en 1995 la influencia del mar y por tanto la salinidad fue un problema severo para el rendimiento del cultivo y la calidad ambiental del parque.
- El cultivo presenta puntualmente algunos problemas de manejo que empeoran la calidad ambiental del parque durante cortos periodos, además de requerir un volumen determinado de agua de buena calidad. La eliminación del rastrojo tras la cosecha es un buen ejemplo puesto que en la actualidad su abandono en el campo causa una disminución del O₂ en las aguas y la consiguiente muerte de peces.
- Los usos intensivos urbano, turístico y recreacional ejercen una presión sobre el parque que debe ser controlada y gestionada para que no generen problemas severos. La pesca incontrolada es un claro ejemplo de dicha perturbación.
- La aparición de especies de fauna invasora que ejercen una presión sobre la autóctona.



Figura 1: Algas verdes filamentosas en acequia (alta eutrofización).

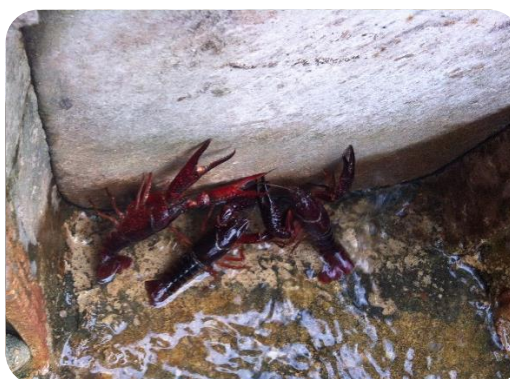


Figura 2: Ejemplares de cangrejo americano *Procambarus clarkii* (especie invasora).

Frente a esta amalgama de problemas a los cuales podríamos añadir la destrucción de las malladas (zonas interdunares) o la urbanización de la Devesa del Saler durante los años 70-80 entre otros, la sociedad y los diferentes gobiernos autonómicos han llevado a cabo acciones de restauración y conservación desde que la Albufera fue declarada Parque Natural en 1986.

Proyectos LIFE financiados por la Unión Europea: Eurobionet, Life Duna, Biocompost, Ecolight, Life Enebro, Eco-Rice y Seducción Ambiental, o proyectos como el de limpieza y restauración de las orillas y matas de la Albufera o el proyecto de lucha contra incendios, así como las campañas de sensibilización ambiental y los programas de voluntariado, han mejorado las condiciones del entorno de forma puntual y han generado un cambio sustancial de la percepción del ecosistema a nivel ecológico y paisajístico.

La entrada en vigor de la Directiva Marco del Agua, que establece en sus directrices de calidad la necesidad de alcanzar un estado ecológico bueno de las masas de agua antes de 2015 (Directiva Europea 2000/60/CE), promovió por petición del Ministerio de Medio Ambiente en 2002 la realización del Estudio Sostenible de la Albufera de Valencia. Las conclusiones obtenidas se recogieron en el programa A.G.U.A para el desarrollo sostenible de la Albufera de Valencia (CHJ, 2012, Cifres *et al.*, 2006) dando lugar a una serie de acciones consistentes en:

- Reutilización de aguas residuales de la EDAR de Sueca y ampliación de la capacidad de depuración de agua en Sueca.
- Reutilización de aguas residuales depuradas de la Albufera Sur en campos de cultivo y *tancat* de Milia.
- Reordenación de la infraestructura hidráulica de la huerta y red de saneamiento del área metropolitana de Valencia.
- Ordenación de la reutilización de aguas residuales de la planta de Pinedo.
- Red de monitorización, control y adecuación de los indicadores ambientales.
- Restauración de hábitats y adecuación para uso público de la desembocadura del barranco del Poyo (Tancat de Pipa).
- Control del proceso de aterramiento.
- Dotación de recursos fluviales del lago.
- Construcción del filtro verde Tancat de Milia, Estany de la Plana (Sueca) y Cauce nuevo del Turia.

Además de estas actuaciones institucionales varios investigadores han desarrollado proyectos pilotos en sus áreas científicas de cara a subsanar alguna de las problemáticas presentes. Canet *et al.* (2003) realizaron un estudio sobre el uso agrícola de los sedimentos del lago; Martínez (2003) estudió el uso de aguas residuales en el marjal y Martín *et al.* (2013) evaluaron el uso de filtros verdes para evitar la eutrofización entre otros parámetros monitorizados. La restauración del Racó de l'Olla o de las reservas de Samaruc (Ferrer *et al.*, 2006),

así como las actuaciones sobre restauración de hábitats llevadas a cabo por la oficina técnica del parque y recogidas en las Memorias de Gestión del Parque Natural de la Albufera de Valencia (CMAAUV, 2008; 2009; 2010a y 2011) son algunos ejemplos. Los proyectos de regeneración del Tancat de la Ratlla para favorecer la presencia de aves acuáticas, el seguimiento del Tancat de Pipa y Milia, el seguimiento a la problemática del tratamiento y gestión de rastrojos resultantes del cultivo del arroz y el seguimiento de las características piezométricas y de salinidad de las aguas en la mata de l'Alteró, son algunos de proyectos pioneros en la conservación y restauración de los valores ecológicos del humedal.

Con todas estas actuaciones se ha pretendido corregir y controlar la calidad ambiental del humedal, estando la mayoría de los proyectos encaminados a mejorar la calidad del agua, ya que para mantener la salud ecológica del parque las administraciones deben *“garantizar aportes hídricos suficientes y de buena calidad, no sólo para controlar la eutrofización sino también la salinización”* (Ministerio de Medio Ambiente, 2007).

La salinización es un aspecto que surge en estos dos últimos párrafos y que se presenta como un parámetro a controlar en cualquier humedal costero. Usaquén *et al.* (2012) en su modelización para evaluar el manejo sostenible de las aguas concluye que los procesos a controlar en la Albufera de Valencia son en un primer grado, la eutrofización, el déficit de recursos y la salinización aunque en menor rango comparándolo con los otros dos. Estas conclusiones justifican los últimos estudios desarrollados que giran en torno a la eutrofización y en menor medida al estudio de los recursos hídricos. En este sentido la salinización parece un aspecto sin importancia en el parque, aunque si observamos los datos climatológicos medios (tabla 2) de forma natural se produce una acumulación de sales en las aguas debido a la alta evaporación y la escasez de lluvias en la época estival.

Tabla 2: Datos climatológicos de la zona.

	Fuente de datos	
	Marco (2007a)	AEMET (2013)
Evaporación Media (mm)	1003	885
Precipitación media (mm)	470	349
Evaporación Neta (mm)	533	536

1.2.2.- Justificación e importancia del trabajo

La salinización del suelo y del agua es uno de los aspectos a controlar en cualquier humedal costero por su cercanía al mar y por la posible inferencia del agua salada de los acuíferos sobre el agua dulce. La Confederación Hidrográfica del Júcar (C.H.J.) dispone de una red de control de la intrusión marina en toda su cuenca de 415 puntos, 8 en la extensión del Parque Natural de los cuales únicamente 4 están operativos (figura 3). Del mismo modo posee una red de piezómetros para el monitoreo del nivel piezométrico en la cuenca con 1425 piezómetros, 18 en el Parque de los cuales 6 están solo operativos (figura 4).



Figura 3: Red de intrusión marina C.H.J.

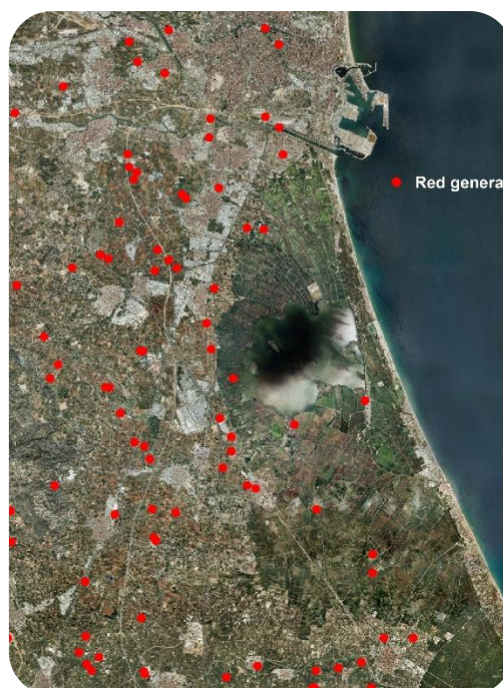


Figura 4: Red nivel piezométrico C.H.J.

La instalación y mantenimiento de la red es costosa y destaca la poca densidad de piezómetros que se encuentran en plena marjal, posiblemente por los problemas de estabilidad del terreno e inundación o bien por el coste económico que conlleva su instalación y mantenimiento. Con ello el estudio de la piezometría en el Parque Natural es muy somero.

En mayo de 2007, Gisbert y Marco (2008) realizaron un estudio de los niveles del lago de la Albufera y sus relaciones con los *tancats* así como de la salinidad observada en suelos y aguas de los mismos donde controlaron de junio a septiembre de 2007 cinco *tancats* a lo largo del parque: El *tancat* de Ratlla, el *tancat* de Sardina, el *tancat* de Pipa, el *tancat* de l'Amarguet y el *tancat* de Pasiego. En ellos observaron que la capa freática a pocos centímetros de la superficie registraba un valor máximo de 41,70 dS/m y en la lámina libre se registraba un valor máximo de 7,39 dS/m en el *tancat* de Pipa. De sus conclusiones que reproduzco literalmente se extrajo que:

En el proceso de instalación de piezómetros para la observación de las aguas subterráneas de los "tancats", se han tomado una serie de muestras que arrojan unos contenidos de sal muy importantes, que alertan de la gravedad de este problema, que hasta la fecha desconocíamos. En algunas reuniones, los arroceros ya habían manifestado la presencia de sal en los campos más hondos próximos a la Albufera. Pensábamos que se trataba de un proceso local, poco importante, de algo periódico, ocasionado por el ciclo ordinario de cultivo.

El problema es muy grave porque demuestra que con las dosis de agua que en estos dos últimos años ha llegado al sistema, no se puede garantizar la sostenibilidad. El sistema Albufera – arrozal, necesita por tanto más agua para mantener su potencial ecológico. Situaciones como la de este año, sólo se pueden admitir puntualmente, pero no en forma indefinida.

Resulta por tanto imprescindible conocer la evolución de la salinidad en el sistema hídrico, desde la toma de aguas del Júcar en Antella o Sueca, hasta el lago. Esto exige una planificación de una campaña amplia de muestreo. Este problema ha de ser conocido antes de aventurarse a dar una cifra de demanda ambiental del parque.

Tras las conclusiones de este estudio, el grupo de investigación de suelos y aguas del Centro Valenciano de Estudios del Riego (CVER) realizó una petición de proyecto de investigación a la Universidad Politécnica de Valencia, dentro de su programa de apoyo a la investigación, aprobándose el proyecto de estudio de los niveles del lago de la Albufera y su relación con los *tancats* y la salinidad de las aguas (Gisbert *et al.*, 2008). En él se muestrearon de nuevo los *tancats* problemáticos y se hizo un estudio de aguas superficiales de todo el parque, siendo las conclusiones finales recogidas las siguientes:

- 1. Existe una relación directa entre la altura de la lámina de agua libre y la salinidad de la capa freática.*
- 2. Es necesario ampliar los puntos de muestreo a los sectores Noroeste (zona comprendida entre el tancat de la Ratlla y el Tancat de la Pipa) y Suroeste (zona comprendida entre el tancat del Amarguet y el Tancat del Pasiego). Aumentando los puntos de muestreo en la zona del escalón para determinar las repercusiones de los aterramientos antrópicos realizados durante el siglo pasado.*
- 3. Para poder determinar la incidencia real de la intrusión marina sería necesario aumentar la densidad de piezómetros en cada uno de los tancats.*
- 4. Realizar otra campaña de muestreo en toda la zona durante un ciclo completo del arroz, incluyendo el periodo invernal y las labores preparatorias del terreno, pues ayudaría a determinar la influencia del manejo de la lámina de agua en el proceso de intrusión marina.*
- 5. Prolongar la campaña de muestreo en toda la zona al menos durante un año hidrológico completo. La comparación de los datos recogidos esta campaña con los correspondientes a un año de precipitación menor (y más cercana por tanto a la media de la zona) es de máximo interés para determinar la influencia real de la calidad de las aguas terciarias y la efectividad del cultivo como “filtro verde”.*
- 6. A la vista de los datos de CE de la lámina de agua libre de los tancats en el momento de máxima inundación se propone analizar el papel del suelo como agente regulador en el equilibrio agua dulce/agua salada; los datos nos sugieran una gran variabilidad espacial de las características de los suelos de los tancats.*

7. *A la vista de las diferencias de CE (del orden de 2 dS/m) apreciadas entre puntos próximos de muestreo de los 3 tipos de agua de los tancats (la entrante de las acequias, la superficial en lámina de agua libre y la freática de los piezómetros) sería conveniente analizar la influencia de la calidad del suelo y la posible incidencia del abonado del cultivo del arroz sobre la salinidad.*

Bajo estas premisas nace la presente Tesis doctoral que pretende completar aquellos aspectos no recogidos en los dos estudios señalados, así como comprender a fondo la relación entre las aguas freáticas y de lámina libre alrededor del lago de la Albufera de Valencia, además de caracterizar edafológicamente la zona.

1.3.- HIPOTESIS DE TRABAJO

Si aumentamos el número de piezómetros instalados en todo el parque de forma radial al lago y controlamos la lámina libre y la capa freática de varios *tancats* desde la zona de entrada de aguas hasta la de cota más baja, podremos comprobar la evolución temporal y espacial de la variable salinidad en las aguas del parque, siendo este el principal agente precursor de la pérdida ambiental en las áreas costeras con clima árido y semiárido donde la evapotranspiración supera la precipitación (Neue *et al.*, 1998). Junto a esta monitorización si hacemos lo mismo con el agua procedente de las acequias desde la toma inicial, sabremos la evolución de la calidad desde la toma del recurso pudiendo entrelazar los resultados con los valores de capa freática y lámina libre. Además controlaremos las cotas de lámina libre y capa freática mejorando los puntos de muestreo de red piezométrica en el parque. Por último, si adjuntamos a todo esto un estudio edafológico con una amplia red de puntos muestreados, nunca antes realizado en el parque, estaremos mejorando el conocimiento de los factores y agentes que influyen en el manejo del humedal y que cuyo conocimiento es necesario para su gestión sostenible, no habiendo sido cuantificados ni estudiados con anterioridad en los términos que en esta investigación se plantean.

1.3.1.- Objetivo General

El objetivo general planteado en este estudio es caracterizar espacialmente las propiedades de los suelos y las aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia en base a la variable la salinidad, así como determinar la evolución temporal de sus aguas.

1.3.2.- Objetivos específicos

Los diferentes objetivos específicos son:

1. Analizar la calidad físico-química de las aguas presentes en el Parque Natural y que inciden en el funcionamiento de éste y de los *tancats* (capa freática, lámina libre y acequias).
2. Realizar una caracterización temporal y espacial de la salinidad en las aguas del parque durante 3 ciclos de cultivo.
3. Definir las propiedades de los suelos de la zona colindante al lago.
4. Clasificar taxonómicamente los suelos.
5. Evaluar las diferencias significativas entre los diferentes tipos de aguas y las correlaciones entre parámetros analizados.
6. Establecer la influencia del manejo, uso y variables físicas sobre la salinidad de las aguas.
7. Definir y monitorizar espacial y temporalmente la variación del nivel piezométrico y la lámina libre.
8. Determinar la relación del nivel freático con la salinidad.
9. Definir espacial y temporalmente las zonas de mayor riesgo de salinización en el parque.
10. Cartografiar todas las variables analizadas.

1.4.- ESTRUCTURA DEL TRABAJO

El presente documento se encuentra dividido en 6 capítulos más anejos en los cuales se describe el trabajo realizado en la zona colindante al lago sobre aguas y suelos.

En el primer capítulo hemos justificado y definido los objetivos del estudio mientras que en el capítulo 2 veremos una revisión conceptual y bibliográfica de los conceptos desarrollados durante el trabajo. A continuación se expondrán las pautas y metodologías empleadas en el desarrollo del estudio en las diferentes fases, para en el capítulo 4 exponer los resultados y realizar una discusión sobre éstos y los obtenidos en trabajos anteriores. Por último se establecen en el capítulo 6 las conclusiones y recomendaciones para la mejora de la calidad ambiental en el parque, encontrándose en el capítulo 7 toda la bibliografía utilizada.

Capítulo 2

Antecedentes

2.1.- LAS ZONAS HÚMEDAS

2.1.1.- Introducción

El uso de los humedales por parte de la humanidad está documentado desde hace más de 8.000 años cuando las primeras civilizaciones migraban a las zonas inundables entre el Tigris y el Éufrates para obtener buenas cosechas agrícolas (McInnes, 2011). El descubrimiento arqueológico de restos de huesos de animales e instrumentos de piedra usados para cazar además de la gran variedad de restos vegetales, nos indican que los hombres acudían a las zonas húmedas a cazar y que utilizaban la vegetación para extraer alimentos y materias primas. Los humedales actuales surgieron hace unos 12.000 años en zonas templadas y subárticas tras derretirse los glaciares de la última edad Glacial y aumentar el nivel del mar, o bien por la acción e influencia humana de forma completamente “artificial”, como el caso de los humedales de Norfolk, cuyo origen se debe a la extracción de turba (RAMSAR, 2001). Fuera cual fuera su origen la realidad es que los humedales se han conformado como un ecosistema de alto valor ecológico, con diferencias biológicas y físico-químicas que llevan conviviendo de forma simbiótica con la raza humana desde hace mucho tiempo.

2.1.2.- Definición de Humedal

Las zonas húmedas o humedales tal y como los conocemos hoy en día, son áreas donde el agua es el principal factor del medio y la vida vegetal y animal está asociada a ella. Se calcula que la superficie ocupada por las zonas húmedas en el mundo es de entre 8 y 10 millones de Km² (Lenher y Döll, 2004), lo que supone un 5-7% de la superficie terrestre (Mitsch y Gosselink, 2007) concentrada principalmente en las regiones frías boreales (latitud 50-70 grados Norte) y en las regiones tropicales y subtropicales (Jones, 2009).

Pantano, manglar, ciénaga fueron los sinónimos iniciales utilizados para definir las zonas húmedas, aunque la palabra “*wet land*” fue utilizada en la publicación de Wright (1907) sobre pantanos y zonas inundadas de EEUU (Lewis, 1995). El término “*wetlands*” (tierras húmedas en inglés) no se comenzó a utilizar científicamente hasta mediados del siglo XX, siendo la primera referencia recogida en el estudio que hacen Shaw y Fredine (1956) de las zonas húmedas de Estados Unidos (EEUU) de cara a la importancia de éstas para las aves y fauna silvestre.

Su definición como tal llegaría años más tarde, aunque Mitsch y Gosselink (2007) estipulan que la definición de un humedal así como sus límites son muy difíciles de especificar ya que:

- Aunque el agua debe de estar presente, la inundación completa o parcial en función de las precipitaciones o las mareas (en zonas costeras) no permite el desarrollo de rangos de clasificación fijos.

- La posición de los humedales en zonas de margen de riberas podría ser otro aspecto clasificatorio, pero tampoco sirve inequívocamente para definir un humedal.
- Las plantas, animales y microbios suelen estar adaptados a las zonas húmedas, pero también hay plantas adaptadas a zonas secas.
- Los humedales varían en tamaño, pues pueden ser de gran extensión (nacional/internacional) o de tamaño local (poca superficie).
- La localización de humedales puede darse tanto en zona rural, como urbana, y tanto en zonas altas como en la costa.
- La influencia humana sobre ellos también amplía el rango de humedales y complica su definición.

En este sentido Mitsch y Gosselink (2007), basándose en las premisas de Cowardin *et al.* (1979) definen los humedales como zonas naturales que contienen 3 componentes principales:

1. El agua sobre la superficie o en la zona radicular cercana a la superficie del suelo
2. Suelos hídricos que difieren de los suelos de zonas circundantes.
3. Vegetación adaptada a las condiciones de humedad.

Bajo estas ideas, científicos y organismos han presentado diferentes definiciones de un humedal (National Wetlands Working Group, 1988; Shaw y Fredine, 1956) recogidas en la publicación de Mitsch y Gosselink (2007) en donde aseveran en aclarar que la definición de humedal depende de los objetivos y del campo de interés del usuario. En este sentido, podemos establecer la definición del humedal tal y como lo recoge el tratado RAMSAR, que los especifica como "*las extensiones de marismas, pantanos, turberas o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros*". (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2013).

Su importancia se debe a la gran diversidad vegetal y animal, siendo esta la principal razón por la que los humedales han comenzado a ser protegidos en todo el mundo. Antaño estos ecosistemas sufrieron una gran regresión debido a su mal uso. Desecamientos para el aprovechamiento agrícola o la eliminación de turba para su uso en otros lugares hasta incluso la construcción de edificios de segunda residencia han sido las principales causas que han provocado la degradación en estos ecosistemas. Se estima que a nivel mundial más del 50% de los humedales han sido perdidos por su conversión en tierras agrícolas y urbanas en el siglo XX (Galbraith *et al.*, 2005; Rijsberman y De Silva, 2006) y en las zonas densamente pobladas como Europa, Norte América o Asia más del 80% de las tierras clasificadas como humedal han sido severamente degradadas o perdidas (Verhoeven *et al.*, 2006a). En este sentido Rijsberman y De Silva (2006) concluyen en su estudio que para una parte de los agrónomos aún persiste la idea de que los humedales son áreas de desecho, *badlands* que deben ser drenados y reconvertidos para un uso más eficaz para la sociedad.

2.1.3.- Funciones

Las interacciones de las componentes físicas, biológicas y químicas de un humedal en los suelos, aguas, plantas y animales, hacen posible el desarrollo de funciones para la sociedad que se apoyan en procesos naturales propios de estas zonas. Mitsch y Gosselink (2007) sugieren que todos los humedales presentan funciones, pero que éstas dependen de la edad, tamaño y estructura de la zona húmeda. A modo de resumen las principales funciones son:

- Prevención de inundaciones: Los humedales asociados a los ríos y llanuras aluviales protegen de las inundaciones al amortiguar en una primera instancia los excesos de agua que han sido transportados por los cauces y que éstos no son capaces de asumir. Es de destacar que la capacidad de retención de los humedales también presenta un límite.
- Mitigación de tormentas: La protección contra las tormentas y la erosión producida por las mareas u olas es otra función que presentan los humedales costeros y los adyacentes a los grandes lagos y ríos.
- Retención de nutrientes y control de sedimentos: Los humedales actúan como filtro de sedimentos transportados por las aguas, así como de la materia orgánica y los nutrientes que pueda transportar. El exceso de estos elementos puede llegar a saturar el ecosistema dando lugar a procesos de eutrofización o de colmatación. Las nuevas tendencias sobre usos de los humedales como filtros verdes para reducir los nutrientes de las zonas agrícolas (Martín y C.H.J, 2008; Martín *et al.*, 2013; Vymazal, 2010) se basaría en la presente función del humedal, aunque hay autores que destacan los potenciales riesgos de su utilización por la posible pérdida de biodiversidad (Verhoeven *et al.*, 2006b).
- Hábitat natural para la fauna (peces y aves principalmente): Muchos humedales son un espacio de cobijo para los peces en el momento del desove, así como criaderos y zonas de paso en las migraciones invernales de muchas aves, como es el caso de los humedales mediterráneos (Hassan *et al.*, 2005; Jiménez, 2007; Montes *et al.*, 2007).
- Hábitat natural para especies vegetales: Los humedales son espacios de conservación de especies vegetales que sólo se desarrollan en las zonas húmedas, dando lugar a endemismos debido a su escasa ocupación del territorio (Maynard *et al.*, 2010).
- Recreativa y turística: Los humedales son lugares para la pesca, la caza y el aprovechamiento, desarrollándose el ecoturismo en su área (McInnes, 2011).
- Fuente de suministro de agua: Los humedales son importantes en la transmisión y la calidad de las aguas subterráneas y de superficie, siendo una reserva importante de dicho recurso.
- Sumideros de carbono: La acumulación de carbono en estas zonas los posiciona como el mayor almacén de carbono en el suelo.
- Producción de madera: Debido a la alta tasa de renovación, los humedales arbolados son una fuente importante de madera, si se realiza una gestión adecuada de éstos.

- Preservación de los valores históricos, tradicionales y arqueológicos: El matiz histórico-tradicional, así como el valor arqueológico de algunos humedales por sus asentamientos son aspectos a valorar desde el punto de vista funcional.
- Educación e investigación: Los humedales proveen oportunidades educativas significativas para la observación de la naturaleza y el estudio científico de los procesos que se dan en ella. El transmitir los valores y riquezas de los humedales desde el punto de vista científico a la sociedad y que ésta vea reflejada un valor económico, social o ecológico en su bienestar es primordial para la comprensión de las zonas húmedas (LePage, 2011; Nyman, 2011; Pendelton, 2009).
- Paisajístico: La posibilidad de recreación y disfrute visual por su gran belleza paisajística es un aspecto muy valorado en las zonas húmedas.
- Suministrador de alimentos: La agricultura es uno de los usos con los que convive el humedal, dando lugar a la producción de alimentos (RAMSAR, 2001); si esto se realiza de modo sostenible como define Verhoeven y Setter (2010) los problemas en el humedal se reducen, pero si no es así se pueden producir desajustes medioambientales que trastocan toda su estructura interna. La unión de agrónomos, ecologistas, agricultores y políticos pueden optimizar los sistemas de producción agrícola tradicionales que se implantan en los humedales, evitando entonces que las interacciones agricultura-humedal empeoren la calidad de éstos. La complejidad de esta interacción requiere de un estudio profundo y riguroso (FAO, 2008).

2.1.4.- Valores

Según Mitsch y Gosselink (2000) los humedales tienen una función de paisaje con o sin la presencia humana, aunque concluyen que las zonas húmedas tienen valor porque sus funciones han sido probadas como provechosas para la sociedad. En este sentido sus características ecológicas, que son la combinación de los componentes, procesos y beneficios/servicios del ecosistema que lo caracterizan en un determinado momento, son los ítems básicos para definir el valor de los humedales (Secretaría de la convención Ramsar, 2010b). El reconocimiento mundial por su importancia ecológica, social y económica está más que contrastado (Conner *et al.*, 2005; Kusler *et al.*, 1994).

Los humedales reportan a menudo beneficios económicos bastante destacables; desde el abastecimiento de agua (cantidad y calidad), hasta la agricultura con el desarrollo de cultivos adaptados a las zonas húmedas (arroz), pesca, aprovechamientos forestales, recursos energéticos (turba y materia vegetal), caza, y por último, el turismo.

En este sentido el valor ambiental combinado con el turístico es el que más auge está teniendo desde el cambio de percepción ambiental de la sociedad a mediados de los 70. La combinación de naturaleza y turismo ha ganado adeptos desde entonces y el desarrollo de actividades económicas alrededor de los humedales es una realidad: empresas de viajes,

restaurantes, guías ambientales, etc. Por ello, el valor ecológico de las zonas húmedas es hoy en día un aspecto que los gobiernos locales, autonómicos y nacionales tienen que mantener, a la vez que controlar, conservar y restaurar con recursos económicos propios. La creación de figuras de protección como Parques Naturales, Reservas Fluviales, Monumentos Naturales, Parques Nacionales, Zonas de Lugar de Importancia Comunitaria (LIC), Zonas Especial de Protección de Aves (ZEPA) o Zonas RAMSAR, entre muchas otras, le añaden un valor añadido a los humedales e incrementan el ecoturismo (Gardner y Davidson, 2011).

2.1.5.- Clasificación

Los humedales han sido clasificados históricamente desde el punto de vista botánico puesto que sus especies vegetales solo podían encontrarse en dichas zonas. También es cierto que el miedo a las enfermedades y a las pésimas condiciones de trabajo en dichas zonas, provocaron que la descripción botánica en algunas épocas fuera bastante somera. A principios del siglo XX comienzan a establecerse las primeras clasificaciones de los humedales, siendo Estados Unidos el país pionero en su clasificación e investigación. Una de las primeras clasificaciones es la realizada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) en 1906 sobre su potencialidad agrícola (Stegman, 1976), seguido por la realizada por Davis (1907) sobre los pantanos en Michigan, definiéndolos en base a la forma, la vegetación y el estado de formación. Warming (1909) realiza una tercera en base a la vegetación salina y de agua dulce en los pantanos. Desde entonces hasta la actualidad muchos organismos han lanzado sus clasificaciones (tabla 3) en base a tres grandes categorías: utilidad, estructura (origen) y función (Brison, 2011).

Tabla 3: Clasificaciones internacionalmente reconocidas y sus criterios.

Tipo de Clasificación- Organismo	Categorías	Referencia
Clasificación del Servicio de Pesca y Fauna Americano	4 Categorías en base a la profundidad del agua y frecuencia de inundación.	Shaw y Fredine, 1956
Sistema de clasificación RAMSAR	3 Sistemas y 32 clases en base a características morfológicas e hidrológicas.	Tratado RAMSAR, 1971
Clasificación de Humedales costeros	5 categorías en base a la funcionalidad.	Odum <i>et al.</i> , 1974
Clasificación de Humedales y hábitats de aguas profundas en EEUU	5 Sistemas, 10 subsistemas y 56 clases en base a factores químicos, biológicos, hidrológicos y geomorfológicos.	Cowardin <i>et al.</i> , 1979
Sistema de clasificación de Humedales Canadiense	5 Clases, 49 formas y 72 subformas en base a características geomorfológicas, químicas e hidrológicas.	Warner y Rubec, 1997
Clasificación potencial para la agricultura	5 Clases en base a su potencialidad agrícola.	McCartney <i>et al.</i> , 2005

De todos las clasificaciones anteriormente señaladas, las más utilizadas son las realizadas por Cowardin *et al.* (1979) y la clasificación del Tratado RAMSAR que recoge tras las diferentes modificaciones desde 1971, el mayor amplio rango de zonas húmedas. Su clasificación se divide en los siguientes sistemas y clases:

1. Humedales marinos y costeros

- 1.1. Aguas marinas someras permanentes: Bahías y estrechos (profundidad menor a 6 metros en marea baja).
- 1.2. Lechos marinos submareales: Praderas de algas, praderas de pastos marinos y praderas marinas mixtas tropicales.
- 1.3. Arrecifes de coral.
- 1.4. Costas marinas rocosas: Islotes rocosos y acantilados.
- 1.5. Playas de arena o de guijarros: Barreras, bancos, cordones, puntas e islotes de arena y sistemas y hondonales dunares.
- 1.6. Estuarios: aguas permanentes de estuarios y deltas.
- 1.7. Bajos intermareales de lodo, arena o con suelos salinos.
- 1.8. Pantanos y esteros intermareales: marismas y zonas inundadas con agua salada, praderas halófilas, saladares, zonas elevadas inundadas con agua salada, zonas de agua dulce y salobre inundadas por la marea.
- 1.9. Humedales intermareales arbolados: manglares, bosques inundados o inundables de agua dulce en función de las mareas.
- 1.10. Lagunas costeras salobres/saladas: lagunas de agua entre salobre y salada conectadas al mar.
- 1.11. Lagunas costeras de agua dulce.
- 1.12. Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos, marinos y costeros.

2. Humedales continentales

- 2.1. Deltas interiores.
- 2.2. Ríos o arroyos permanentes: cascadas y cataratas.
- 2.3. Ríos o arroyos estacionales, intermitentes o irregulares.
- 2.4. Lagos permanentes de agua dulce (Superficie > 8 ha)
- 2.5. Lagos estacionales o intermitentes de agua dulce (Superficie > 8 ha): Lagos en llanuras de inundación.
- 2.6. Lagos permanentes salinos, salobres o alcalinos.
- 2.7. Lagos y zonas inundadas estacionales o intermitentes y salinos, salobres o alcalinos.
- 2.8. Pantanos, esteros o charcas permanentemente salinas, salobres o alcalinas.
- 2.9. Pantanos, esteros o charcas estacionales o intermitentes y salinas, salobres y alcalinas.
- 2.10. Pantanos, esteros y charcas permanentes de agua dulce: charcas (Superficie < 8 ha), pantanos y esteros sobre suelos inorgánicos, con vegetación emergente en agua por lo menos durante la mayor parte del período de crecimiento.

- 2.11. Pantanos, esteros y charcas estacionales e intermitentes de agua dulce sobre suelos inorgánicos: depresiones inundadas, praderas inundadas estacionalmente, y pantanos de ciperáceas.
- 2.12. Turberas no arboladas: turberas arbustivas o abiertas, turberas de gramíneas o carrizo y turberas bajas.
- 2.13. Humedales alpinos o de montaña: praderas alpinas y de montaña, aguas estacionales originadas por el deshielo.
- 2.14. Humedales de la tundra: charcas y aguas estacionales originadas por el deshielo.
- 2.15. Pantanos con vegetación arbustiva: pantanos y esteros de agua dulce dominados por vegetación arbustiva y turberas arbustivas, todos sobre suelos inorgánicos.
- 2.16. Humedales boscosos de agua dulce: bosques pantanosos de agua dulce, bosques inundados estacionalmente y pantanos arbolados, todos sobre suelos inorgánicos.
- 2.17. Turberas arboladas: bosques inundados turbosos.
- 2.18. Manantiales de agua dulce y oasis.
- 2.19. Humedales geotérmicos.
- 2.20. Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos, continentales.

3. Humedales artificiales

- 3.1. Estanques de acuicultura.
- 3.2. Estanques artificiales: estanques de granjas, estanques pequeños (Superficie < 8 ha).
- 3.3. Tierras de regadío: incluye canales de regadío y arrozales.
- 3.4. Tierras agrícolas inundadas estacionalmente: praderas y pasturas inundadas utilizadas de manera intensiva.
- 3.5. Zonas de explotación de sal: salinas artificiales, salineras, etc.
- 3.6. Áreas de almacenamiento de agua: reservas, diques, presas hidroeléctricas, estanques artificiales (Superficie > 8 ha).
- 3.7. Excavaciones: canteras de arena y grava, piletas de residuos mineros.
- 3.8. Áreas de tratamiento de aguas servidas: piletas de sedimentación, piletas de oxidación.
- 3.9. Canales de transporte y de drenaje, zanjas.
- 3.10. Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos, artificiales

Como se puede observar dentro de los grandes sistemas (humedales marinos y costeros, continentales y artificiales), la clasificación a nivel de clases es bastante descriptiva y amplia, recogiendo una gran cantidad de ecosistemas. No obstante aunque los humedales a nivel general aparecen en todas estas situaciones, las clasificaciones más generalistas centradas en los humedales más representativos (580 millones de hectáreas) son las más utilizadas habitualmente. Este es el caso de la clasificación en humedales costeros (marismas, humedales mareales de agua dulce y manglares), marjales y pantanos de agua dulce y turberas (Mitsch *et al.*, 2009; Wolanski *et al.*, 2009).

A nivel español, la clasificación e investigación de zonas húmedas comenzó a desarrollarse a principio de los años 80. En 1990 se realiza el primer inventario Nacional de Humedales (INITEC, 1990) y es el momento a partir del cual comienzan a aparecer estudios concretos en los diferentes humedales españoles con el objetivo de caracterizarlos y clasificarlos. En 1995 se volvió a realizar el estudio de inventariado y clasificación de lagos y humedales españoles, tipificándolos y clasificándolos para proporcionar a las Comunidades Autónomas una herramienta capaz de gestionar y conservar los humedales (Montes, 1995). Bajo estas premisas nacieron posteriormente los inventarios o catálogos de zonas húmedas como el de Galicia (Xunta Galicia, 2002), el catálogo de zonas húmedas de la Comunidad Valenciana aprobado en septiembre de 2002 por el gobierno valenciano, plan andaluz (Junta de Andalucía 2002) o el de las Islas Baleares (Baron, 2007). Andalucía es la comunidad autónoma donde más estudios se han realizado (Junta de Andalucía, 2012), principalmente en Doñana, (Borja *et al.*, 1997; Borja, 2000; Borja y Borja, 2002; Manzano, 2001; Manzano *et al.*, 2002) cuyo amplio estudio dio lugar al “Manual de restauración de humedales Mediterráneos” (Montes *et al.*, 2007).

2.1.6.- Convención RAMSAR

El estado general de las zonas húmedas a finales de los años 60 del siglo XX había sufrido un gran retroceso en cuanto a superficie y a calidad ambiental en todo el mundo. Procesos de transformación de humedales en zonas agrícolas o residenciales junto a la presión antropogénica, traducida en la mala calidad de las aguas, contaminación agrícola, desaparición de endemismos y especies animales en peligro de extinción, etc., alertaron a parte de la sociedad mundial a replantear las políticas sobre estos entornos para su conservación y uso racional a nivel local, nacional e internacional. De esta inquietud nace la Convención RAMSAR en 1971 (figura 5), donde 18 países refrendaron un tratado que comenzó a gestarse en 1962 durante la conferencia del proyecto MAR (“MARshes”, “MARécages”, “MARismas”) celebrada en Francia (Secretaría de la Convención Ramsar, 2013).

Tras posteriores modificaciones del texto inicial, surgido de la conferencia MAR y modificado en otras conferencias internacionales (tabla 5), el 2 de febrero de 1971 en la ciudad de Ramsar (Irán) se aprobó el tratado “Convención relativa a los Humedales de Importancia internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas” más conocido como tratado sobre Humedales o tratado RAMSAR. Su entrada en vigor a nivel internacional fue en 1975, aunque fue posteriormente modificado por el Protocolo de París en 1982 y las Enmiendas de Regina en 1987.

El tratado pretende conservar y aplicar un uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales, apoyadas mediante cooperación internacional, para lograr un desarrollo sostenible en todo el mundo. Y para ello se abasteca de la colaboración e implicación de las partes contratantes o Estados miembros que se comprometen a:

1. Designar humedales que cumplan los criterios RAMSAR y tengan una gestión eficaz, dando lugar a la Lista de Humedales de Importancia Internacional.
2. Realizar un uso racional de todos los humedales mediante la planificación del uso del suelo, creación y aplicación de legislación y normativas adecuadas, así como la aplicación de medidas de gestión sostenible y divulgación educacional a la población.
3. Cooperar internacionalmente tanto con el resto de estados miembros, así como con aquellos países fronterizos con humedales compartidos.

Estos tres pilares básicos se fundamentan en la colaboración continua entre los estados miembros que se reúnen cada 3 años en las Conferencias de las partes contratantes (COP), (tabla 5 y figura 6) habiéndose realizado 11 reuniones en la actualidad (RAMSAR, 2013); el comité permanente que se reúne 1 vez al año y corrobora el cumplimiento de los acuerdos; el Grupo de Examen Científico y Técnico (GECT) que se encarga de dar orientaciones científico-técnicas a la COP, al Comité Permanente y a la secretaría de RAMSAR que se encarga de la parte administrativa y la coordinación de las actividades.

Los humedales incluidos en la lista RAMSAR pasan a formar parte de una nueva categoría en el plano nacional e internacional al reconocerse su valor ecológico, botánico, zoológico, limnológico o hidrológico como bien para toda la humanidad. Actualmente la convención está formada por 165 partes contratantes con un total de 2.118 humedales que suponen una extensión de 2.053.598,66 Km² a lo largo del mundo.



Figura 5: Logo Convención RAMSAR.



Figura 6: Logo COP8 realizado en Valencia en 2002.

El primer país en abrir esta lista fue Australia en 1974 y el último será Omán en agosto de 2013 (RAMSAR, 2013) dando lugar a un total de 167 estados miembros. España se adhirió al tratado en 1982, siendo el trigésimo primer país en hacerlo. Actualmente en nuestro país tenemos reconocidos 74 sitios RAMSAR con una superficie total de 3.030,71 Km², siendo Bolivia el país que mayor superficie aporta con 148.424,05 Km².

Tabla 4: Reuniones PRE-RAMSAR y principales logros.

Nombre	Año	Principales logros
MAR	1962	Acuerdo sobre la necesidad de una convención internacional para conservar los humedales.
St. Andrews	1963	Primera colaboración a nivel Europeo.
IWRB	1965	Propuesta y borrador de un convenio internacional.
Noordwijk	1966	II encuentro Europeo (Repasa el estado de los humedales).
Morges	1697	Primer borrador con conclusiones futuras.
Leningrado	1968	Ningún avance porque solo participan 12 países debido a la invasión de Checoslovaquia.
Morges	1968	Acciones de efectos administrativos.
Vienna	1969	Se producen unas recomendaciones al borrador anterior.
Moscow	1970	Se restablece la cooperación con Rusia, después de la situación dada tras la invasión de Checoslovaquia.
Espoo	1970	Se modifica el borrador oficial.
Knokke	1970	Se prepara el borrador final antes de la convención en Irán.

Tabla 5: Reuniones POST-RAMSAR y principales logros.

Nombre	Año	Principales logros
Heiligenhafen	1974	Se discuten los criterios que se utilizarán en la identificación de humedales de importancia internacional.
Cagliari	1980	COP1: Adopta criterios para incluir los humedales en la lista y aprueban la elaboración de un protocolo.
Paris	1982	Modificación de del texto original.
Groninga	1984	COP2: Establece el marco de aplicación de la convención.
Regina	1987	COP3: Se establecen los poderes de la Conferencia de las Partes Contratantes, el establecimiento de un Comité Permanente, un presupuesto y una oficina permanente o secretaria.
Montreaux	1990	COP4: Aprueba el marco de aplicación de la convención y el español como 3ª lengua.
Kushiro	1993	COP5: Adopta el concepto de Uso racional.
Brisbane	1996	COP6: Adopta el plan estratégico 1997-2002, y una resolución sobre agua y Ramsar.
San José	1999	COP7: Entrega de los primeros Premios a la Conservación de Humedales.
Valencia	2002	COP8: Se introduce el valor cultural y agronómico.
Kampala	2005	COP9: Establece nuevas orientaciones sobre la gestión de las aguas subterráneas, gestión de las cuencas hidrográficas y la evaluación rápida de la biodiversidad de los humedales.
Changwon	2008	COP10: Se introduce el valor salud humana y se realiza una declaración.
Bucarest	2012	COP11: Se adoptan ideas sobre turismo, recreación y humedales, así como de desarrollo sostenible.

Fuentes: (Matthews, 1993; RAMSAR; 2013).

2.1.7.- Los humedales en España

La Ley 4/1989 sobre la conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestres estableció la necesidad de elaborar un Inventario Nacional de Zonas Húmedas (IEZH) regulado por el Real Decreto 435/2004. En él se recogen estas zonas con el fin de proporcionar la información sobre el número, extensión y estado de conservación de aquellos que estén situados en territorio nacional, así como su evolución y las medidas de protección que deben recoger los planes hidrológicos de cuenca en el caso de que fueran necesarias. Según Casado y Montes (1995), un 60% de la superficie de los humedales españoles ha desaparecido desde el siglo XVIII, es por ello que la necesidad de protección e inventariado de las zonas húmedas da lugar a este Inventario Nacional y a otras propuestas de protección que comienzan a desarrollarse a partir de los años 80.

El inventario fue estrenado en 2006 con los 23 humedales de la Comunidad de Madrid y actualmente cuenta con una extensión de 1.673,58 Km² repartida en un total de 267 humedales. Andalucía con 117, seguida de la Rioja con 49 son las autonomías que mayor número presentan, aunque la Comunidad Valenciana con un total de 48 humedales es la autonomía que ocupa un segundo lugar en superficie con 448,40 Km² detrás de los 1.179,70 Km² de Andalucía (tabla 6).

Tabla 6: Distribución de los Humedales españoles en el IEZH según número.

CC.A.A	Humedales (nº)	Superficie (Km ²)
Andalucía	117	1.179,70
La Rioja	49	7,58
C. Valenciana	48	448,40
País Vasco	30	28,65
C. Madrid	23	929
TOTAL	267	1673,58

Fuente: (MAAMA, 2013a).

Es paradójico encontrar en 2013 como 1.357,13 Km² aún no están registrados en el IEZH, pero sí en el listado de las zonas RAMSAR españolas, donde con un total de 74, los humedales españoles abarcan una superficie de 3.030,71 Km² frente a los 267 humedales y 1.673, 58 Km² del IEZH.

En la Comunidad Valenciana, los marjales litorales (77%) y saladares (18%) ocupan el 95% aproximadamente de superficie total de zonas húmedas. El resto (5%) es ocupado por embalses y desembocaduras de río. La Albufera de Valencia es el principal humedal con un 46% de superficie total de zonas húmedas, mientras que el 31% restante es ocupado por (orden de superficie) la *Marjal i Estany de la Ribera Sur del Xúquer*, *Parque Natural del Fondo d'Elx*, *Marjal i Estany d'Almenara*, *els Carrisars d'Elx*, *Parque Natural de la Marjal de Pego-Oliva*, *Marjal de la Safor*, *Parque Natural del Prat de Cabanes-Torreblanca*, *Marjal dels Moros*, *Marjal de Nules-Burriana*, *Hondo de Amorós*, *Els Bassars- Clot d'Alemanys*, *Marjal de Rafalell* y *Vistabella*, *Marjal de Peñíscola* y *Ullal de l'Estany del Duc*.

2.1.8.- Percepción social de los humedales

Desde tiempos inmemoriales aquellas civilizaciones que no han convivido con los humedales los han tratado con aprensión. Zonas de enfermedades y de olores fétidos, como las describe Cavanilles en la que *“los agricultores, cercados de agua, envueltos en una atmósfera de vapores corrompidos, agobiados con el calor del sol y del trabajo, precisados de beber aguas impuras, contraen enfermedades, que o les quitan la vida, o los consumen, puesto que en estas zonas vive una porción considerable de hombres, digámoslo mejor, muere allí lentamente nuestra especie”* (Cavanilles, 1795), o lugares espirituales donde es posible acercarse a los dioses y a los espíritus, como el campo santo de Windover en Florida (RAMSAR,2001), han reflejado una visión negativa sobre estas zonas.

No obstante la importancia de los humedales como desarrollo y sustento de muchas culturas es un hecho constatable y no discutible. Sólo las civilizaciones que se adaptaron a la vida en los humedales han tenido una apreciación muy distinta de éstos, con posibilidad de obtener variadas y exuberantes cosechas además de pesca abundante que producía buenos beneficios económicos (Mitsch y Gosselink, 2007; Nicholas, 1998). Este es el caso de británicos y franceses, que vieron como una buena fuente de ingresos las pieles de los animales de las zonas húmedas americanas y para mantener su cuota de mercado ahuyentaban a los estadounidenses que querían asentarse en el humedal y aprovecharse de tal negocio diciéndoles que la malaria y otras enfermedades infecciosas no compensaban el beneficio económico (Prince, 1997).

El desconocimiento médico sobre muchas enfermedades como la malaria o el paludismo y la fuerte creencia religiosa promovieron teorías sobre los humedales completamente falsas. El caso del paludismo que quedaba descrito como el conjunto de fiebres infecciosas se producía por un ambiente corrupto generado por aguas encharcadas. El aire era el transmisor de la enfermedad cuya teoría médica fue desarrollada por Giovanni Maria Lancisi al desecar las lagunas de Roma (Mateu, 1987). Esta teoría rápidamente se estableció en las zonas arroceras, entre ellas la valenciana, donde durante el siglo XVIII detractores por ser perjudicial para la salud pública y defensores que propiciaban su cultivo por razones de carácter económico y productivo se enfrentaron quedando reflejados estos conflictos en los escritos de la época: prohibiciones de cultivar arroz a una legua de la ciudad, o la desecación de campos de cultivo son algunos ejemplos que recoge Riera (1983) en su publicación. Dichas creencias se observan en todos los informes sanitarios de la época asociando la enfermedad a la pobreza, mala alimentación e higiene pública (Pérez, 1991). Autores como Blasco Ibáñez en su obra *Cañas y Barro* recogen dichas situaciones: *“Era un enfermo, un trabajador, que segando el arroz había atrapado las fiebres, las malditas terciarias de la albufera, y marchaba a Ruzafa a casa de unos parientes a curarse”* (Blasco Ibáñez, 1902). *“Más importa la salud y la vida de los hombres, que la utilidad que puede resultar el arroz”* (Cavanilles, 1795), bajo esta premisa varios gobernantes prohibieron el cultivo en zonas húmedas promoviendo su desecación. El drenaje de las marismas *Pontinas* en Italia fue objetivo de los dictadores como Mussolini, que pretendían con ello aumentar la superficie cultivable. La

agricultura y los humedales no siempre han tenido una relación armoniosa, y la necesidad de aumentar la superficie agrícola para producir alimentos ha sido el principal hecho conversor de humedales en tierras agrícolas. La percepción de estos parajes considerados malsanos y escasamente productivos cambió cuando se adquirió el conocimiento tecnológico para desecar y desalinizar los suelos con finalidad de uso agrícola (Cruz, 1994).

En España, el caso más claro en cuanto a la legislación erradicadora de los humedales fue la Ley de 27 de julio de 1918 de desecación y saneamiento de lagunas, marismas y terrenos pantanosos conocida como “Ley Cambó”. Esta Ley propició una intervención directa del Estado en la economía nacional con una potenciación de las políticas regeneracionistas en el sector primario, constituyendo la transformación de los terrenos improductivos en productivos (Ceballos, 2001). Aunque no se podían desecar superficies menores de 100 ha, promovió beneficios económicos, de tal manera que los particulares que desecaban terrenos públicos tenían la opción de adquirir el terreno, pasando así a ser privado. Esta ley produjo durante sus años de vigencia una pérdida considerable de los humedales españoles reduciéndose la superficie un 40% en los años 80 respecto al inicio del siglo XX. El punto de inflexión en cuanto al incipiente conocimiento científico en los humedales españoles lo marca la creación del Laboratorio de Hidrobiología Española fundado por Celso Arévalo en Valencia en 1912. Es en esta ciudad donde tuvo lugar la primera actuación para la protección del humedal, cuando en 1928 la sección local valenciana de la Sociedad Española de Historia Natural solicitó al ayuntamiento que no destruyera en sus labores de limpieza de l’Albufera el carrizal de la *mata del fang* (Casado y Montes, 1995).

El despertar ecológico de la sociedad que comenzó a finales de los años 50 y el mejor conocimiento de las zonas húmedas con su alto valor ecológico, económico, social y cultural provocó un cambio total en las políticas sobre las zonas húmedas a nivel Internacional. Convenios como el firmado en Ramsar en 1971 y la presión social sobre los políticos potenciaron figuras de protección y actuaciones de conservación y restauración de los desajustes medioambientales provocados. En este sentido, en áreas donde los humedales fueron artificialmente drenados el deseo de conservar los pocos humedales que quedaron fue muy fuerte (Mitsch y Gosselink, 2000). No obstante y aunque hoy en día los humedales viven un status de proteccionismo destacado, mucho es aún el trabajo que queda por realizar puesto que son esenciales para nuestra calidad de vida, destacando que es inimaginable que la humanidad los preservará simplemente por su belleza (Wolanski *et al.*, 2009), ya que como reconoce Verhoeven y Setter (2010) muchos están aún en riesgo de ser drenados y eliminados si nos basamos en el aumento poblacional que se espera en los próximos 25 años, pues se estima que aproximadamente la producción de alimentos debería de aumentar un 50% para poder abastecer toda la población (Hassan *et al.*, 2005) y es aquí donde las zonas húmedas pueden sufrir una gran presión para reconvertirlas en campos de cultivo debido a su alto potencial agrícola.

2.1.9.- Hidrología en los humedales

La característica determinante de un humedal es el agua, puesto que sin su presencia no existirían las zonas húmedas y de manera análoga la vegetación o suelos hídricos (Cole y Kentula, 2011; Hunt *et al.*, 1999; López-Geta, 2009; Zeff, 2011). La presencia permanente de agua en los humedales, o al menos por períodos apreciables, es lo que define los suelos, microorganismos y comunidades de flora y fauna que hacen que el suelo funcione de forma distinta al de otros hábitats terrestres. Por tanto, la hidrología es el factor más influyente en el desarrollo del humedal y de su gestión y control dependerá el estado ecológico del ecosistema así como su estructura y funciones (Fiedler y Sommer, 2004; Hunter *et al.*, 2008; Mitsch y Gosselink, 2007). Su estudio envuelve la distribución temporal y espacial, la circulación y las características fisicoquímicas de las aguas en superficie y subterráneas en el humedal y su cuenca de drenaje a lo largo del tiempo y espacio (Richardson *et al.*, 2001), siendo el parámetro más difícil de caracterizar puesto que a veces no se dispone de suficientes datos sobre la capa freática o el agua superficial (Vepraskas y Caldwell, 2008). En este sentido, el ciclo hidrológico (figura 7) nos marca el carácter hídrico de la zona, pues las precipitaciones y aportes superficiales por escorrentía además de los aportes de aguas subterráneas infiltradas conforman los inputs en el balance hídrico, los cuales son compensados por los outputs, evapotranspiración y las salidas de agua superficial en base al ciclo de flujos de energía (Kadlec, 2006; Lucena-Moya *et al.*, 2012).

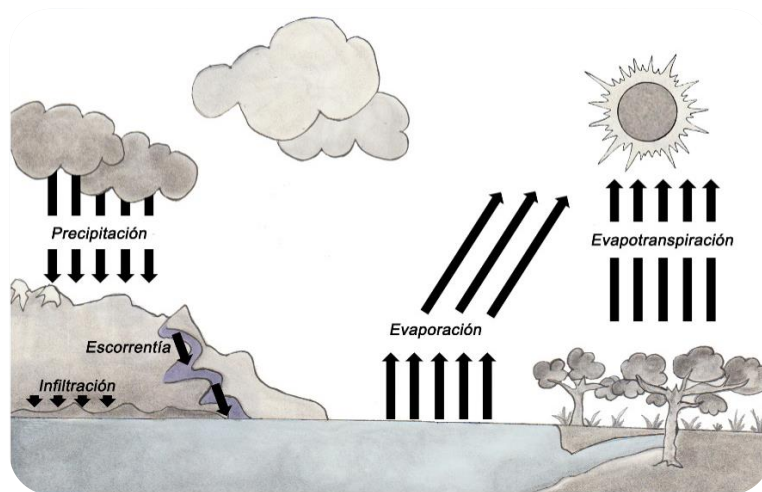


Figura 7: Ciclo hidrológico.

De este modo el Balance de agua en un Humedal (B_w) y su volumen (V_w) dependerán de:

$$B_w = (P_n + S_i + G_i) - (EVT + S_o + G_o) \quad (1)$$

$$V_w = E - S + A \quad (2)$$

Donde P_n = Precipitación neta; S_i = Entradas por agua superficial; G_i = entradas por agua subterránea; EVT = Evapotranspiración; S_o = Salidas de agua superficial; G_o = Salidas de agua subterránea; E = Total de entradas; S = Total de Salidas y A = Volumen almacenado (figura 8).

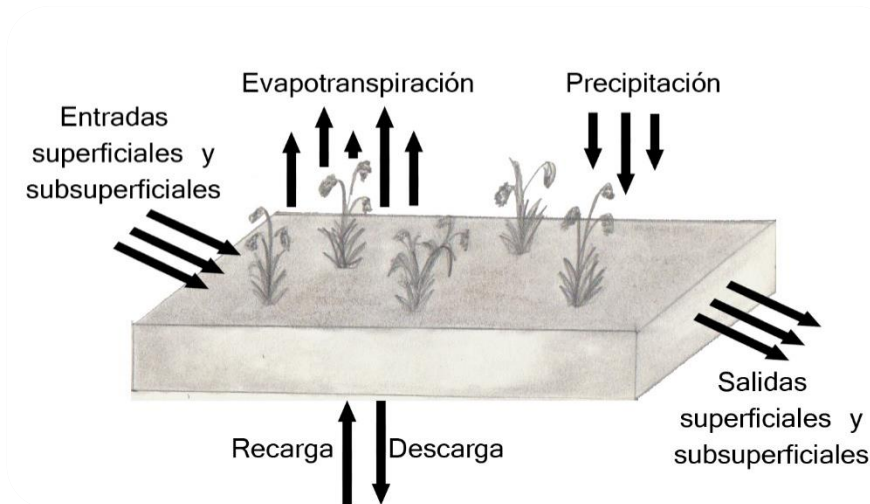


Figura 8: Balance hídrico de un humedal (1) y (2).

El balance hídrico natural de un humedal es la clave para su buen manejo, pero aunque se dispone de modelos matemáticos y software informático para el cálculo de la Evapotranspiración (Thornthwaite, Penman-Monteith, etc.), del flujo de agua subterránea e interacciones entre agua superficial y agua subterránea (MODFLOW, WETSAND, DRAINMOD, etc.), así como del flujo superficial y de episodios de precipitaciones, nunca se llega a establecer un valor definido debido a la complejidad de su interpretación. Si a este desajuste le sumamos la actuación antrópica, el afinar sobre el valor real del balance es mucho más complejo y variable. El hombre mediante la incorporación de aguas para riego o mediante la regulación de cauces (presas y azudes) puede disminuir las entradas de agua en el ecosistema. El equilibrio entre las entradas y salidas al humedal en base a la climatología y la topografía de la cuenca de drenaje debe estar definido con la mayor exactitud posible y controlado para evitar aportar menos del caudal mínimo exigido. Conocer su hidropereodo que es función de las hidrodinámicas de la zona (precipitación y evapotranspiración) y se define como las fluctuaciones temporales del nivel del agua en el humedal (Mitsch y Gosselink, 2007; Richardson *et al.*, 2001), será clave en la comprensión del funcionamiento general.

2.1.9.1.- El agua

El agua, un líquido incoloro y casi inodoro e insípido es el componente natural más abundante en la materia viva y en la superficie de la tierra (Brezonick y Arnold, 2011; Robinson *et al.*, 1996; Snoeyink y Jenkins, 1999). Ya la definió Leonardo Da Vinci como *una fuerza motriz* y se comporta como tal al ser el medio en el que se dan las principales reacciones químicas y biológicas naturales.

Su estructura molecular (H_2O) viene definida por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno que debido a la disposición tetraédrica de los orbitales sp^3 del oxígeno da lugar a un ángulo entre los enlaces H-O-H de $104,5^\circ$ (figura 9). Esta disposición le configura una distribución asimétrica convirtiéndola en una molécula polar. Mediante puentes de hidrógeno, la molécula de

agua con carácter dipolar (H^+ y O^{-2}), establece uniones débiles dipolo-dipolo dando lugar a una estructura reticular que le confiere un elevado peso molecular, lo cual le permite comportarse como un líquido.

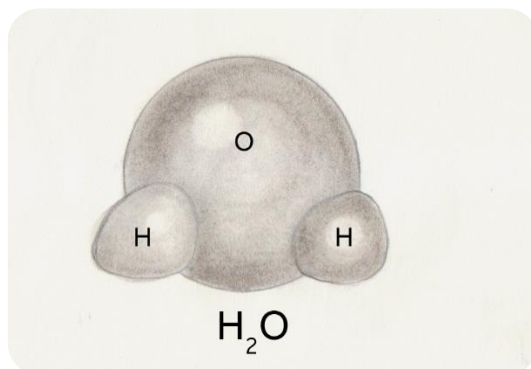


Figura 9: Molécula de agua.

El agua es considerada el disolvente universal y su presencia en disolución con diferentes sustancias orgánicas e inorgánicas provoca que adquiera unas características especiales en función de los solutos que adquiere. Su polaridad es el primordial factor para determinar sus propiedades como disolvente, puesto que al estar cargada positiva y negativamente atrae a los minerales de la corteza terrestre (sílice, calcita, dolomita, anhidrita, yeso, caolinita, hallosyta, montmorillonita, etc.) conformados por cationes y aniones en una red cristalina electrostáticamente unida. Dichos iones hidratados pueden dejar la red cristalina que los mantiene y desplazarse hacia la solución del agua transformándose en un ion disuelto. De este modo encontramos diferentes tipos de aguas, entendiéndose por tanto que las aguas de lluvia, las superficiales y las subterráneas poseerán iones disueltos en diferente gradación (Catalán, 1990; Catalán y Catalán, 1987; Porras *et al.*, 1985; Snoeyink y Jenkins, 1999)

Que el 96,5% del agua sobre la tierra esté en los océanos y que el 2,5% sea únicamente agua dulce nos expone claramente cuál es la composición química del agua en el mundo (Shiklomanov, 1993). Del total de agua dulce, el 68,6% se encuentra en glaciares y capas heladas, el 30,1% en aguas subterráneas y un 1,3% en aguas superficiales. Aunque las aguas dulces superficiales ocupan el menor espacio sobre la corteza terrestre son éstas las que presentan mayor variabilidad en cuanto a su composición química, mientras que por el contrario las aguas subterráneas se consideran invariables en un mismo acuífero. La interacción con el suelo en la zona no saturada y en la saturada así como en el acuífero aportará al agua su contenido iónico. La mayor o menor concentración de componentes iónicos dependerá de: la naturaleza y disposición espacial de los materiales, la superficie y duración del contacto, la temperatura, la presión, la existencia de gases y el grado de saturación del agua.

A pesar de la consideración general de que la composición del agua subterránea es invariable sí que hay que destacar que en los acuíferos costeros la composición se altera desde su zona de infiltración y percolación en las zonas altas hasta la zona costera (por medio de un flujo

subterráneo). En este proceso el agua pasa de tener facies carbonatadas a ser un agua clorada (Secuencia de Cheboratev (1955)).

Aguas bicarbonatadas → Aguas bicarbonato-cloradas → Aguas cloruro-bicarbonatadas → Aguas cloruro-sulfatadas o sulfato-cloradas → Aguas sulfatadas → Aguas cloradas

Por lo que respecta a las aguas superficiales, éstas sufren cambios en su composición debido a la disolución de los materiales en superficie y a los cambios producidos por la contaminación antrópica, por lo que su variabilidad espacial puede ser significativa.

Las principales sales que podremos encontrar en un agua derivan del equilibrio existente entre los cationes y aniones principales (tabla 7). Cloruro de sodio, de magnesio, de calcio, de potasio, así como sulfato de sodio, de magnesio, de potasio, y bicarbonatos de sodio, calcio y magnesio estarán presentes en cualquier tipo de aguas, teniendo las aguas de océanos y mares mayor concentración de cloruro sódico que las aguas superficiales y subterráneas, y que en función del material disuelto presentarán unas características u otras (tabla 8). Junto a los componentes inorgánicos es de destacar la presencia de gases disueltos (O₂, N₂, CO₂) y otros compuestos orgánicos en las aguas.

Tabla 7: Cationes y aniones principales en aguas.

Cationes	Aniones
Calcio (Ca ⁺²)	Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)
Magnesio (Mg ⁺²)	Carbonato (CO ₃ ⁻²)
Sodio (Na ⁺)	Sulfato (SO ₄ ⁻²)
Potasio (K ⁺)	Cloro (Cl ⁻)

Tabla 8: Composición de diferentes aguas.

Iones		Agua de mar (mg/l)	Agua dulce (mg/l)
Cationes	Sodio (Na ⁺)	10.810	6,3
	Potasio (K ⁺)	390	2,3
	Calcio (Ca ⁺²)	410	15
	Magnesio (Mg ⁺²)	1.300	4,1
Aniones	Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	140	58,4
	Sulfato (SO ₄ ⁻²)	271	12,2
	Cloruro (Cl ⁻)	19.440	77,4

Fuente: (Webber y Thurman, 1991).

De la combinación de los iones principales y de los secundarios (amonio, nitratos, nitritos), fosfatos, aluminio, sílice, etc.), así como los gases y los compuestos orgánicos, se determinará la calidad de un agua. El hombre además se suma con su actuación sobre las aguas mediante vertidos.

La determinación de la calidad de un agua se realiza comparando las características físicas y químicas con un patrón establecido por convenio. Los principales parámetros que determinan la calidad del agua son:

- Características organolépticas: olor, sabor, color.
- Características físicas: temperatura, turbidez, conductividad eléctrica (CE).
- Características químicas: dureza, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), carbono orgánico total (COT), oxígeno disuelto (OD), pH, carga iónica: calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruro, sulfato, carbonato, bicarbonato, nitratos, nitritos, fosfatos, sulfatos, etc.
- Características biológicas: organismos bioindicadores, bacterias, algas, virus, hongos y protozoos.

La caracterización de las aguas se realiza a partir de la combinación de los parámetros mencionados y en función de los fines de uso del recurso agua. Desde el punto de vista de la sociedad, las tipificaciones de aguas más desarrolladas han sido aquellas que afectan directamente a la salud pública y al riego de cultivos. Estos dos han sido los ámbitos más estudiados, en los que la identificación de parámetros de calidad y los valores umbral están claramente definidos. No obstante, no hay una clasificación única e internacionalmente aceptada a seguir por la comunidad científica, si no que cada organismo/país ha desarrollado la suya. En España el Real Decreto 1120/2012, de 20 de julio regula el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público, mientras que a nivel Europeo es la DIRECTIVA 98/83/CE del 3 de noviembre de 1998.

Las aguas naturales a nivel ministerial se clasifican mediante el índice de Calidad General (IGC) desarrollado por Lamontagne y Provencher (1977) y que utiliza 23 parámetros para la obtención de un indicador numérico cuyos valores varían desde 0 a 100 (mala a alta calidad respectivamente) (Beamonte *et al.*, 2010; Bouza-Deaño *et al.*, 2008).

Otra clasificación más simple es la realizada en base al origen de las aguas: agua superficial, agua de río, agua de pozo, agua de lago y laguna, agua de mar, agua de lluvia, agua destilada y agua purificada. No obstante es el agua de riego, por su utilidad y por ser el mayor insumo en la agricultura, la que más clasificaciones sustenta. Rhoades (1972) ya emplazó a consensuar una clasificación de las aguas de riego unificada a la cual atenerse de las múltiples existentes: Normas Wilcox (Wilcox, 1948), las normas Greene (Greene, 1948) o Normas Riverside (Richards, 1954) entre otras.

Desde el punto de vista de los humedales la calidad del agua es uno de los parámetros más controlados y vigilados (Craft *et al.*, 2007; Knowles *et al.*, 2012; Maasena *et al.*, 2012; Nouri *et al.*, 2010), y su relación con la eutrofización uno de los principales ítems a controlar por los gestores medioambientales del humedal. Si se descuida el control de la calidad de las aguas de aporte, el ecosistema se degradará puesto que el empeoramiento del principal agente producirá una reacción en cadena que puede reducir la biodiversidad de las zonas húmedas.

2.1.10.- Los suelos en los humedales

2.1.10.1.- El suelo

Con el inicio de la Agricultura (año 9.000 AC.) el hombre dejó atrás las migraciones y se asentó en las zonas donde la vegetación se había desarrollado intensamente tras la última glaciación (según la teoría del núcleo, de los Ríos y de los Oasis (Maroto, 1998)). En ese momento el hombre comenzó a descubrir que la delgada capa que cubría la superficie del planeta servía de soporte y de medio de crecimiento de las plantas. El conocimiento generado con el método de ensayo-error al cultivar las especies vegetales fue comunicado vía oral entre civilizaciones hasta la época griega en la que Tales de Mileto escribió sobre la importancia del suelo como medio para el cultivo de las plantas y se interesó en descubrir cómo se formaba. En este sentido Tales consideró que el agua era el elemento primigenio de la vida, la cual al evaporarse generaba el aire que se transformaba en forma de lluvia, y si ésta caía sobre la superficie se endurecía y se convertía en rocas y suelos sobre los que se desarrollaba la vegetación. También en la época romana, Marco Poncio Catón el Viejo en su *“Tratado de Agricultura”* reconoció el suelo como medio para el cultivo y lo clasificó en función de su potencialidad agrícola (Gisbert, 2002). Con el desarrollo de la ciencia, el suelo ha sido estudiado, definido y clasificado en base a sus usos. Naturalistas, botánicos, etc., lo han tratado como el medio sobre el que se desarrolla la vida; los arquitectos como el medio que soporta las viviendas; los geólogos como el producto de la meteorización de las rocas y los físicos como un cuerpo capaz de irradiar y absorber flujos de calor. No obstante, el suelo desde el punto de vista pedológico fue definido por Dokuchaev en 1870 como *“Un cuerpo natural independiente que se ha formado por la alteración de la roca debida a la acción del clima y los seres vivos en una geomorfología dada y en un espacio de tiempo dado”*. Bockheim et al., (2005) concluyen que la definición del concepto suelo no ha sido tarea fácil y se ha ido completando en base a la aparición de nuevos conceptos edafológicos (tabla 9).

Tabla 9: Principales puntos de inflexión en la percepción de la definición del suelo.

Periodo	Mejoras
Pre - 1880	Medio de crecimiento de las plantas y resultado de la meteorización de las rocas.
1880-1900	Cuerpo natural con horizontes y factores formadores en el perfil.
1900-1940	Aceptación del suelo como cuerpo natural y de los factores formadores. Desarrollo de la clasificación de suelos. Se identifican algunos procesos de formación y se inician los estudios de suelos.
1940-1960	Desarrollo de una taxonomía global.
1960-1990	Refinado de la taxonomía. Inclusión del concepto de pedón. Desarrollo de modelos del suelo y reconocimiento de la coevolución de los suelos y la geomorfología.
1990 - actualidad	Mejora del entendimiento de los procesos formadores. Refinado de los modelos de suelo así como del sistema taxonómico de clasificación. Desarrollo de programas informáticos y estadísticos para el conocimiento y explicación del comportamiento del suelo.

Una de las definiciones del suelo más ampliamente utilizada es la ofrecida por el Departamento de Agricultura de los EEUU (USDA), que lo define como:

“Cuerpo natural compuesto de sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que se encuentra sobre la superficie terrestre ocupando su espacio y que está caracterizada por uno o ambos de los siguientes conceptos: horizontes o capas que se diferencian del material inicial o paretal como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas en un medio natural.” (Soil Survey Staff, 1999).

El límite superior del suelo se localiza entre éste y el aire; el agua superficial; las plantas vivas o los materiales de plantas que no han comenzado a descomponerse. Las zonas que poseen una capa de agua superior a 2,5 m no se consideran que tengan suelo. La diferencia entre esta definición y las definiciones de la 7ª Aproximación (Soil Survey Staff, 1960) y de la *Soil Taxonomy* de 1975 (Soil Survey Staff, 1975) es la exigencia de plantas emergentes para considerar la superficie de la tierra como suelo. Esto no ocurre en zonas de climas adversos donde las condiciones climáticas limitan el crecimiento vegetal, al igual que en las zonas inundadas en las que existe una vegetación sumergida (Ditzler *et al.*, 2011). Estos tipos de áreas serían incorporadas en la definición de 1999 al establecer el cumplimiento de uno o ambos conceptos: 1) La existencia de capas u horizontes afectados por los procesos formadores y 2) el soporte de plantas.

Bajo estas condiciones se recogen todos los suelos del planeta, los cuales tienen peculiaridades intrínsecas asociadas a los factores y procesos que lo forman. Jenny (1941) a partir de los estudios realizados por Dokuchaev definió que un suelo es función de 5 factores formadores:

$$\text{Suelo } (S) = f(cl, o, g, p, t)$$

Dónde se tiene en cuenta el clima (cl) en su vertiente actual como pasada, la geomorfología del entorno y de la zona de estudio (g), el material paretal sobre el que se desarrolla (p), el tiempo de formación (t) y los factores bióticos (fauna y vegetación) que influyen en el desarrollo de las capas u horizontes del perfil (o). Es de señalar que algunos autores incluyen un sexto factor más a la ecuación de Jenny: el hombre (Gisbert e Ibañez, 2002; Porta *et al.*, 2003)

$$\text{Suelo } (S) = f[(cl, o, g, p, t) + (m)]$$

Donde m = manejo e impacto humano.

Simonson (1959) completaría la visión expuesta por Jenny al identificar que los suelos estaban afectados, aparte de por los factores ambientales, por un conjunto de procesos que daban lugar a la diferenciación de los horizontes. La génesis por tanto quedaba definida como la acumulación o existencia del material paretal y por la diferenciación de horizontes en base a los procesos formadores divididos en 4 categorías:

1. Procesos de adición:
 - a. agua (precipitación, escorrentía, capa freática).
 - b. materia orgánica procedente de la vegetación.
 - c. materiales transportados y sedimentados de diferente origen (eólico, aluvial, coluvial, etc.).
 - d. materiales depositados por el hombre.
 - e. nitrógeno y fósforo por agua de lluvia.
 - f. sales transportadas en zonas de litoral.
 - g. energía solar.
2. Procesos de eliminación o pérdida:
 - a. material mineral y orgánico por erosión.
 - b. sales solubles por disolución y precipitación.
 - c. agua por evaporación, absorción por la planta y por pérdida por percolación fuera del perfil.
 - d. nutrientes por absorción y lixiviación.
 - e. nitrógeno por procesos de desnitrificación.
 - f. pérdida por gases (Carbono a CO_2).
 - g. energía por radiación.
3. Procesos de translocación:
 - a. humus, arcillas, sesquióxidos y sales solubles.
4. Procesos de transformaciones.
 - a. descomposición de la materia orgánica.
 - b. alteración de los constituyentes en la matriz del suelo.
 - c. meteorización química de los minerales.

En el caso de los suelos de humedal los procesos formadores están íntimamente interrelacionados con la presencia semipermanente de agua, que es el agente que interviene en su génesis. Su régimen permanente o semipermanente da lugar a suelos que funcionan de una forma distinta al resto de los existentes en los diferentes hábitats terrestres, estableciendo diferencias entre los suelos hídricos y los suelos sumergidos.

2.1.10.2.- Suelos hídricos

Se considera un suelo hídrico a aquél que se ha formado bajo condiciones de saturación, inundación y encharcamiento, y que ha mantenido el agua el tiempo suficiente durante la estación de crecimiento de las plantas para desarrollar condiciones anaeróbicas en su parte superior, presentando características morfológicas que son resultado de períodos de inundación que duran bastantes días (USDA-NRCS, 2010). Su definición ha sido objeto de múltiples variaciones y es un concepto que está en constante revisión al permitir la ciencia mejorar su conocimiento con nuevas técnicas.

2.1.10.2.1.- Historia de la definición de criterios y concepto del suelo hídrico.

A principios de 1970 el Departamento de Pesca y Fauna Americano (USFWS) propuso la realización de un Inventario Nacional de Humedales en EEUU mediante el uso de fotografías aéreas, imágenes de satélite y otros datos entre los que se incluía la base de datos de suelos inventariados estadounidense (Mausbach y Blake, 2001). Estos suelos inventariados, que cubrían el 75% de las tierras de cultivo americanas, fueron la base del inventario, pero antes de comenzar a identificar las zonas húmedas era preciso establecer cuáles eran las características de los suelos asociados a los humedales. Para ello se requirió la colaboración del Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS) perteneciente al Departamento de Agricultura Americano (USDA), al cual se le encargó el desarrollo de criterios y protocolos para identificar dichos suelos.

Cowardin *et al.* (1979) introdujeron el término de suelo hídrico pero no llegaron a definirlo al especificar que eran parte de los humedales y se caracterizaban por ser zonas que soportan periódicamente el crecimiento de vegetación hidrofítica, que no estaban drenados y que estaban saturados o cubiertos por agua durante el período de crecimiento de las plantas. Aunque esta definición era muy ambigua fue adoptada por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS-NRCS) quien pasó a liderar el desarrollo y definición de unas clases de suelos asociadas a la vegetación hidrofítica.

El grupo conformado por científicos de la ciencia del suelo y biólogos pronto estableció una estrategia de actuación: definir el concepto y los criterios de identificación de los suelos hídricos con visitas de campo, específicamente en zonas consideradas como buen ejemplo de humedal, con el fin de determinar sus propiedades y clasificar los suelos asociados a estas áreas. La primera hipótesis edafológica fue asignar todos los suelos de humedal al suborden *Aquic* de la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 1975). Tras las primeras experiencias en campo, este grupo definió los suelos hídricos como aquellos que poseían agua cerca o sobre la superficie durante la estación de crecimiento o que estaban saturados largos periodos y eran capaces de soportar plantas desarrolladas en ambientes húmedos. Según este grupo de expertos todos estos suelos cumplían la condición *Aquic* que implicaba un régimen reductor donde no existe oxígeno libre.

No obstante al continuar visitando suelos clasificados como *Aquic* se dieron cuenta de que no todos cumplían el requisito de saturación exigido a nivel de suborden (tabla 10) y de que en la *Soil Taxonomy* tampoco estaba definido el período mínimo de saturación.

Tabla 10: Cumplimiento de la condición *Aquic* según *Soil Taxonomy* 1975.

Suborden	Subgrupo	Régimen saturación	Cumple condición
<i>Aquic</i>	<i>Typic</i>	Completamente saturado	Si
Cualquier otro suborden	<i>Aquic</i>	Parcial o temporalmente saturado	No siempre

Con todos los datos recogidos inicialmente se dieron cuenta de los siguientes aspectos geomorfológicos en la mayoría de suelos húmedos:

1. Colores dominantes caracterizados por un croma menor o igual a 2 si hay moteado (concreciones redox), y menor o igual de 1 si no se observa.
2. Cumplen con las condiciones de humedad de un *Typic* o *Aeric*.
3. Los Histosoles, excepto los Folist, se consideran suelos hídricos.

Con todo ello se elaboró en 1980 el primer listado y la primera definición preliminar de suelo hídrico: *“Un suelo hídrico es aquél que durante un periodo significativo de la etapa de crecimiento de las plantas posee condiciones reductoras (sin oxígeno) en la mayor parte de la zona radicular y además está saturado en los 25 cm desde la superficie. Poseen colores dominantes en la matriz como sigue: si hay moteado un croma menor o igual a 2 (con concreciones redox) y menor o igual de 1 si no se observa moteado”*.

Dicha definición fue evaluada por un amplio rango de especialistas que remitieron sus informes y concluyeron que el principal problema que observaban era la clave de clasificación *“Aquic”* en la *Soil Taxonomy*, puesto que decía: *“Tienen un régimen de humedad ácuico o están artificialmente drenados y tienen características asociadas a la humedad”*. La frase artificialmente drenados en algún caso no cumplía las condiciones de saturación que se les exigía a los suelos hídricos y obligó a la comisión de expertos a revisar esta definición.

En 1981 este grupo se convirtió oficialmente en el Comité Nacional Técnico para los Suelos Hídricos (NTCHS) cuya misión era concretar la definición y preparar y aprobar la lista de suelos, para ello desde la configuración del grupo los estados comenzaron a mandar los listados de los suelos hídricos inventariados (Tiner, 1999). Dos años después se unieron a este grupo de expertos miembros del Cuerpo de Ingenieros Militares de EEUU (COE) y miembros de la Agencia de Protección Medio Ambiental (EPA), organismos que trabajaban en los humedales aplicando medidas de control de la calidad del agua, y prepararon con la información recibida un borrador de la lista de suelos hídricos para el inventario que contenía 1206 tipos de series de suelos hídricos, representando el 10,5 % del conjunto de series de suelos nacionales (Parker, 1992; citado por Tiner, 1999). Entre 1983 y 1985 continuaron recopilando datos de los diferentes estados y al cruzarlos comenzaron a detectar problemas fronterizos, pues lo que un estado había determinado como suelo hídrico, el otro no lo había hecho, siendo que eran los dos la misma unidad homogénea de suelo. Para subsanar estas deficiencias el NTCHS dedicó sus esfuerzos a establecer un procedimiento estándar para la creación de la lista de suelos hídricos. El NCSS poseía una base de datos de suelo: el registro de interpretaciones de suelo (SIR) que contenía clases taxonómicas en base a la *Soil Taxonomy*, clases de drenaje, cotas de capa freática, frecuencia de inundación y encharcamiento y la clasificación por capacidad de tierras (tabla 11), entre otras.

Tabla 11: Clases y subclases de la Clasificación por Capacidad de tierras (LCC).

Gradación	Clase		Subclase
Clases de I a IV	Clase I → Sin limitaciones de cultivo.	e	Limitaciones por erosión.
	Clase IV → Severas limitaciones. La elección del cultivo requiere un manejo cuidadoso.	w	Limitaciones por exceso de agua.
Clases de IV a VIII	Clase V → Limitaciones por riesgo de erosión leve.	s	Limitaciones en la zona radicular.
	Clase VIII → Limitaciones extremas.	c	Limitaciones climáticas.

Con toda esta información integrada en soporte informático el NTCHS estableció 3 criterios para la designación de suelos hídricos:

1. Todos los Histosoles (excepto los Folist), **o**
2. Los subórdenes *Aquic* y *Alboll*, o los suelos clasificados como *Salorthid* que tuvieran capas freáticas en los primeros 45 cm durante el periodo de crecimiento, además de:
 - a. Estar mal drenados y clasificados desde el punto de vista de la LCC en las clases II_w y $VIII_w$
 - b. Estar pobremente drenados y estar clasificados en las clases IV_w y $VIII_w$, **o**
3. Aquellos con inundación y encharcamiento de larga duración o frecuente, dándose ésta durante el periodo de crecimiento, y clasificados desde el punto de vista de la LCC en clase IV_w y $VIII_w$.

La primera lista oficial y la mejora de estos criterios fue recogida por el NTCHS y editada en octubre de 1985 por el USDA en la primera publicación de la lista: Los Suelos Hídricos de los Estados Unidos (USDA-SCS, 1985).

Aunque el Gobierno de Estados Unidos había estado actuado sobre los humedales desde el siglo XIX, caso de la concesión a Louisiana en 1849 de ciertos “pantanos” (Lewis, 1995), tras observar a nivel estatal las cifras que Frayer *et al.* (1983) y Tiner (1984) mostraban en sus estudios sobre la situación de los humedales en comparación con 1979, pasó a tomar parte activa en su protección. La definición de humedal con los tres criterios (vegetación hidrofítica, suelos hídricos e hidrología) fue introducida en una ley que frenó la pérdida de terreno de zonas húmedas (Estatuto de seguridad Alimenticia) y que dio lugar al manual para delimitar los humedales por parte del SCS. Desde su aplicación en 1987 hasta 1990 consiguió tan solo restaurar e incorporar al NWI un total de 364.21 Km² (Dahl *et al.*, 1991). Por otro lado el congreso aprobó en 1972 el estatuto de agua limpia por el cual se debía de mantener y restaurar la integridad biológica, física y química de las aguas de los Estados Unidos. En su sección 404 se definían los humedales y dio pie a que el Cuerpo de Ingenieros Militares desarrollara el Manual de delimitación de los humedales en enero de 1987.

Con la redacción de este manual, a nivel nacional en Estados Unidos se estaban manejando 4 manuales de delimitación de humedales:

1. Manual de Clasificación de Humedales y hábitats de aguas profundas en EEUU del USFWS (Cowardin *et al.*, 1979).
2. Manual para la identificación de Humedales de la NRCS (SCS, 1986).
3. Manual de Humedales de la Agencia de protección Medio Ambiental (Sipple, 1988).
4. El Manual de delimitación de humedales del Cuerpo de Ingenieros Militares (Environmental Laboratory, 1987).

Es por ello que en 1989 se decide crear un único manual en el seno del Comité Interagencia Federal para la delimitación de humedales. Este se utilizó desde 1989 hasta 1991 momento en el que se instó a todas las agencias a utilizar el manual de delimitación de manuales del Cuerpo de Ingenieros Militares. Los avances realizados desde entonces han desembocado en la modificación de los criterios para la delimitación de humedales. El manual de delimitación es un documento en constante cambio que anualmente incorpora las sugerencias y mejoras. Del mismo modo y bajo la premisa de identificar los suelos de humedal, nace en el seno del USDA el Manual de Indicadores de campo de suelos hídricos, en el que se recogen por estados las posibles características morfológicas que pueden ser detectables en los suelos de estas zonas. Desde su creación hasta la actualidad se han elaborado varias versiones siendo la más actual la versión 7.0 (USDA-NRCS, 2010).

A nivel Español no existe ningún manual de identificación estándar para todo el país, posiblemente por ser más reciente el interés por las zonas húmedas y sus propiedades. No obstante sí que encontramos estudios de caracterización fisicoquímicos de los suelos hídricos, siendo el caso de las turberas el de mayor desarrollo a causa de su interés económico (Gómez *et al.*, 2004; Martínez *et al.*, 2009; Pontevedra y Martínez, 2004).

2.1.10.2.2.- Criterios de diagnóstico

El manual de indicadores de campo de suelos hídricos de los Estados Unidos es una de las mejores herramientas de reconocimiento de procesos formadores del suelo (Hurt y Carlisle, 2001). Aunque el manual está desarrollado para su uso en los diferentes Estados Americanos, su aplicación a cualquier tipo de suelo hídrico es factible. Basándose en los principales procesos (reducción y oxidación, translocación, y acumulación de hierro y manganeso; reducción de sulfato y acumulación de materia orgánica, etc.) y en la clase textural se pueden destacar grupos de indicadores que facilitan la clasificación. Utiliza un sistema de identificación formado por una letra y un número seguido de una pequeña referencia, así como de la región de EEUU a la que puede ser aplicable, además de una explicación y notas que facilitan al lector su comprensión (figura 10).

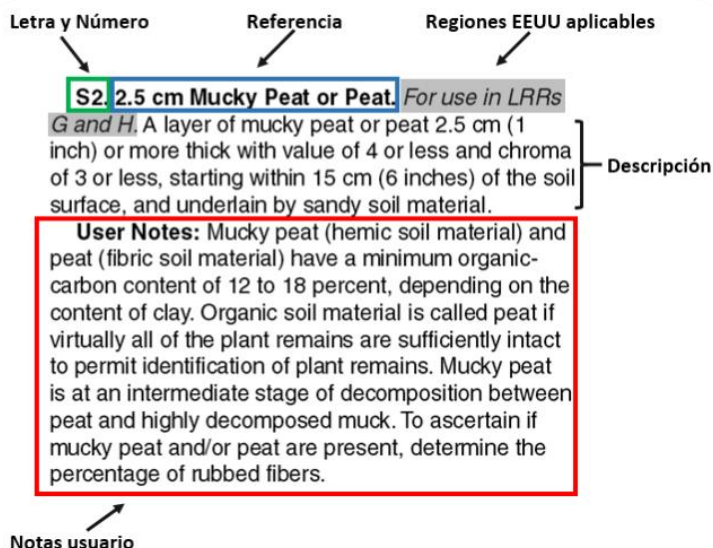


Figura 10: Ficha tipo del indicador de campo (USDA-NRCS, 2010).

La letra marca el tipo de suelo en el que puede aparecer dicho indicador: A) Todos los suelos; S) Suelos arenosos y F) Suelos limosos y arcillosos; (tabla 12). El conjunto de indicadores descritos hasta la fecha es el siguiente:

Tabla 12: Indicadores de campo (actualizados a marzo 2013 (USDA, 2013)).

Nº y letra	Referencia	Descripción
A1	Histosol	Suelos clasificados como Histosoles (excepto Folistic) o como Histels (excepto Folistel).
A2	Epipedión hístico	Suelos donde exista un epipedión hístico (Epipedión orgánico saturado por agua durante un período de tiempo al año que se encuentra en la parte superficial de un suelo orgánico) caracterizado por un suelo mineral con cromas ≤ 2.
A3	Hístico negro	Suelos con una capa de turba, turba margosa o marga e ≥ 20 cm, Tono 10YR o más amarillo, valor ≤ 3 y cromas ≤ 1 y caracterizada por material mineral del suelos con cromas ≤ 2.
A4	Sulfuro de Hidrógeno	Suelos que desprendan olor a H ₂ S (huevos podridos) en los 30 cm superficiales.
A5	Capas estratificadas	Suelos con varias capas estratificadas dentro de los 15 cm superficiales del suelo. Al menos una de las capas tiene un valor ≤ 3 y cromas ≤ 1, o es una marga, una marga-turbosa, turba o textura margosa modificada. Las capas restantes tienen de cromas ≤ 2. Para cualquier material arenoso debe tener un valor ≤ 3 y un cromas ≤ 1, además de al menos el 70 por ciento de las partículas visibles del suelo deben estar enmascaradas con material orgánico, visto a través de una lupa de 10x - 15x. Observado sin una lupa de mano, las partículas parecen enmascarar el 100% de la capa.
A6	Cuerpos orgánicos	Suelos con presencia mayor al 2% de cuerpos orgánicos en margas, o textura modificada margosa en los 15 cm superficiales de la superficie del suelo.

A7	5 cm de marga mineral	Suelos con una capa de material margoso modificado cuyo espesor sea ≥ 5 cm y comience en los 15 cm superficiales del suelo.
A8	Presencia de marga	Suelos con una capa de marga con un valor ≤ 3 y cromas ≤ 1 empezando dentro de los 15 de la superficie del suelo.
A9	1 cm de marga	Suelos con una capa de material margoso cuyo espesor sea ≥ 1 cm, con un valor ≤ 3 y cromas ≤ 1 y dentro de los 15 cm superficiales del suelo.
A10	2 cm de marga	Suelos con una capa de material margoso cuyo espesor sea ≥ 2 cm, con un valor ≤ 3 y cromas ≤ 1 y dentro de los 15 cm superficiales del suelo.
A11	Agotamiento debajo de la superficie oscura	Suelos que presentan una capa con la matriz agotada o gleyzada con un 60% y con cromas ≤ 2 empezando dentro de los 32 cm superficiales y que tiene un espesor de 15 cm o 5 cm si los 5 cm consisten en fragmentos de suelo mineral. Capas arcillosas o limosas sobre la matriz agotada gleyzada deben tener un valor ≤ 3 y cromas ≤ 2 . Cualquier material arenoso sobre la matriz agotada o gleyzada debe tener valor ≤ 3 y cromas ≤ 1 y verse a través de una lente de mano de 10-15 aumentos, debiendo estar el 70% de las partículas visibles enmascaradas por material orgánico. Si observamos el material sin lente, el 100% de las partículas deben de estar enmascaradas.
A12	Superficie gruesa oscurecida	Suelo con una capa de $e \leq 15$ cm y una matriz agotada o gleyzada que tiene en el 60% de ésta un cromas ≤ 2 de partida por debajo de 30 cm de la superficie. La capa o capas por encima de la matriz agotada o gleyzada, deben tener un valor $\leq 2,5$ y un cromas ≤ 1 a una profundidad de al menos 30 cm; y un valor ≤ 3 y un cromas ≤ 1 en cualquiera de las capas restantes por encima de la capa agotada o gleyzada. En cualquier material arenoso por encima de la matriz agotada o gleyzada, al menos el 70 % de las partículas del suelo visibles debe estar enmascaradas con material orgánico, visto a través de una lupa de mano 10x o 15x. Observado sin una lupa de mano, las partículas parecen estar cerca del 100 % enmascarado.
A13	Gleyzado Alaska	Una capa mineral con tonos dominantes de N, 10Y, 5GY, 10GY, 5G, 10G, 5BG, 10BG, 5B, 10B o 5PB y con valor ≥ 4 en más del 50% de la matriz. La capa comienza dentro de los 30 cm de la superficie mineral y está caracterizada por 1.5 m de material del suelo con un tono 5Y o más rojo en el mismo tipo de material paretal.
A14	Redox Alaska	Un suelo con capa mineral que tiene un tono de 5Y con cromas ≤ 3 o matriz gleyzada, con un 10% o más de concentraciones redox distintivas o predominantes ocurriendo en líneas de poros con valor y cromas iguales o mayores que 4. La capa ocurre dentro de los 30 cm de la superficie del suelo.
A15	Gleyzación de poros Alaska	Suelos con una capa mineral que tiene un 10% o más de tonos N, 10Y, 5GY, 10GY, 5G, 10G, 5BG, 10BG, 5B, 10B o 5PB con valor ≥ 4 a lo largo de los canales de raíces y otros poros y comienza dentro de los 30 cm de la superficie del suelo. La matriz tiene un tono dominante de 5Y o más rojizo.
A16	Redox en praderas costeras	Un suelo con una capa que empieza dentro de los 30 cm superficiales y tiene un espesor de 10 cm y una matriz con cromas ≤ 3 y con 2% o más de concentraciones distintivas o predominantes en masas blandas y en líneas de poros.

S1	Arenoso-margoso mineral	Suelo con una capa arenosa de suelo mineral modificada por margas con un $e \geq 5$ cm empezando dentro de los primeros 15 cm de la superficie del suelo.
S2	2.5 cm de Turba margosa o turba	Un suelo con una capa de turba o turba margosa con $e \geq 2.5$ cm con un $croma \leq 3$ y $valor \leq 4$ empezando dentro de los 15 cm de la superficie de suelo y caracterizado por un material arenoso.
S3	5 cm de Turba margosa o turba	Un suelo con una capa de turba o turba margosa con $e \geq 5$ cm con un $croma \leq 2$ y $valor \leq 3$ empezando dentro de los 15 cm de la superficie de suelo y caracterizado por un material arenoso.
S4	Matriz arenosa gleyzada	Un suelo con una matriz gleyzada que ocupa el 60% o más de la capa empezando dentro de los 15 cm de la superficie del suelo.
S5	Características redox en arena	Un suelo con una capa que comienza dentro de los 15 cm desde la superficie del suelo con un mínimo de 10 cm de espesor y tiene una matriz con más del 60% de $croma \leq 2$ y menos del 2% de concentraciones redox predominantes y distintivas ocurriendo como masas y líneas de poro.
S6	Matriz eliminada	Un suelo con una capa que comienza dentro de los 15 cm desde la superficie del suelo en la que los óxidos de hierro y manganeso y la materia orgánica han sido eliminados de la matriz y el color original del material paretal ha sido revelado. Las áreas de eliminación y translocación de óxidos y/o materia orgánica forman un patrón de contraste débil de dos o más colores con límites difusos. Dichas zonas ocupan más del 10% de la superficie y están redondeadas.
S7	Superficie oscurecida	Un suelo con una capa de 10 cm de grosor, empezando dentro de los 15 cm superficiales del suelo con un $valor \leq 3$ y un $croma \leq 1$ en la matriz. Como mínimo un 70% de las partículas visibles han de estar enmascaradas por material orgánico visto mediante lupa de 10 a 15 aumentos. Si se observa a simple vista las partículas deben de estar enmascaradas en un 100% de material orgánico. El color de la matriz directamente debajo de la capa oscura debe ser del mismo color que las descritas anteriormente o cualquier otro color que tenga un $croma \leq 2$.
S8	Polivalor por debajo de la superficie.	Un suelo con una capa que tenga un $valor \leq 3$ y $croma \leq 1$ que comience en los primeros 15 cm de la superficie del suelo. Posee un 70% de las partículas visibles enmascaradas por material orgánico, visto a través de lupa de 10-15 aumentos. Si es visto a simple vista el 100% de las partículas deben de estar enmascaradas por material orgánico. Directamente debajo de esta capa más del 5% del volumen del suelo debe tener un $valor \leq 3$ y $croma \leq 1$ y el resto de volumen del suelo tiene que tener un $valor \geq 4$ y $croma \leq 1$ a la profundidad de 30 cm o un horizonte espódico.
S9	Superficie delgada oscurecida	Un suelo con una capa de $e \geq 5$ cm dentro de los 15 cm superficiales con $valor \leq 3$ y $croma \leq 1$. Como mínimo el 70% de las partículas deben ser enmascaradas por material orgánico visto a través de 10-15 aumentos con una lente. Observado sin una lente de mano, las partículas deben parecer con el 100% de enmascaramiento. Esta capa está por debajo de una capa/s con $valor \leq 4$ y $croma \leq 1$ o como mínimo una profundidad de 30 cm y un horizonte espódico.
S10	Gleyzado Alaska	Como el indicador A13.
S11	Arenosos con cromas altos	Un suelo de las zonas costeras y los complejos de dunas que posee una capa de $e \geq 5$ cm que comienza dentro de los 10 cm de la

		superficie y tiene un $croma \leq 4$ y un 2% o más de concentraciones redox distintivas o prominentes.
F1	Mineral limoso margoso	Un suelo con una capa de suelo mineral arcilloso o limoso margoso con $e \geq 10$ cm dentro de los 15 cm de la superficie del suelo.
F2	Matriz limosa gleyzada	Un suelo con una capa con matriz gleyzada que ocupa el 60% o más de una capa que comienza dentro de los 30 cm de la superficie del suelo.
F3	Matriz agotada	Un suelo con una capa cuya matriz ha sido agotada en el 60% o más y posee un $croma \leq 2$ y tiene un mínimo grosor de 5 cm si están enteramente dentro de los 15 cm superficiales del suelo o, 15 cm si se encuentra dentro de los 25 cm de la superficie del suelo.
F4	Capa agotada por debajo de una superficie oscurecida	Como el indicador A11.
F5	Superficie gruesa oscurecida	Como el indicador A12.
F6	Superficie redox oscurecida	Un suelo con una capa como mínimo de 10 cm de grosor que está enteramente dentro de los 30 cm superficiales y tiene: a) Un $valor \leq 3$ y $croma \leq 1$ en la matriz y un 2% o más de concentraciones redox predominantes o distintivas dándose como masas o líneas de poro, o b) $Valor \leq 3$ y $croma \leq 2$ en la matriz y un 5% o más de concentraciones redox predominantes o distintivas dándose como masas o líneas de poro.
F7	Superficie agotada oscurecida	Un suelo con una capa de $e \geq 10$ cm que tiene agotamientos redox con $valor \geq 5$ y $croma \leq 2$ y está plenamente dentro de los 30 cm superficiales del suelo mineral y tiene: a) Un $valor \leq 3$ y $croma \leq 1$ en la matriz y un 10% o más de agotamientos redox, o b) $Valor \leq 3$ y $croma \leq 2$ en la matriz y un 20% o más de agotamientos redox.
F8	Depresiones redox	Suelos en zonas de depresión cerradas con encharcamiento, una capa de $e \geq 5$ cm y con un 5% o más de concentraciones redox prominentes o distintivas que pueden darse como masas suaves o revestimientos de poro y están enteramente dentro de los 15 cm superiores del suelo.
F9	Estanque vernal	Suelos en zonas de depresión cerradas sujetas al encharcamiento y tienen una matriz con 60% o más de $croma \leq 2$ en un $e = 5$ cm de grosor dentro enteramente de los 15 cm superficiales del suelo.
F10	Margas	Un suelo con una capa de margas con $valor \geq 5$ y $croma \leq 2$ y que comienza dentro de los 10 cm de la superficie del suelo.
F11	Ócrico agotado	Un suelo con una capa de $e \geq 10$ cm y con el 60% o más de la matriz con un $valor \geq 4$ y $croma \leq 1$. La capa está enteramente dentro de los 25 cm superficiales del suelo.
F12	Masas de Hierro-Manganeso	Suelos en zonas llanas inundables con una capa de $e \geq 10$ cm con el 40% o más de $croma \leq 2$ y un 2% o más de concentraciones distintivas o prominentes dándose como masas de hierro-manganeso con límites difusos. La capa se da enteramente dentro de los 30 cm superficiales de la superficie del suelo. Las masas de hierro-manganeso tienen un valor y $croma \leq 3$ y comúnmente son negras. El requerimiento de grosor se puede omitir si la capa es mineral superficial.

F13	Superficie úmbrica	Suelos en zonas de depresión o cóncavas que poseen una capa de $e \geq 25$ cm que se encuentra dentro de los 15 cm superficiales del suelo, en los cuales los 15 cm superiores tienen un $\text{valor} \leq 3$ y $\text{croma} \leq 1$ y en los que los 10 cm inferiores tienen los mismos colores que los descritos anteriormente o cualquier otro color con un $\text{croma} \leq 2$.
F14	Redox Alaska	Como el indicador A14.
F15	Gleyzación de poros Alaska	Como el indicador A15.
F16	Llanuras con elevadas depresiones	Suelos en depresiones cerradas sujetas a acumulación de agua y poseen una capa de suelo mineral que tiene $\text{croma} \leq 1$ a una profundidad de al menos 35 cm y una capa $e \geq 10$ cm dentro de los 35 cm superiores del suelo mineral, que tiene ya sea: a) 1% o más de concentraciones redox que ocurren en forma de nódulos o concreciones, o b) Concentraciones redox que ocurren en forma de nódulos o concreciones con corona distintiva o prominentes.
F17	Ócrico de deltas	Un suelo con una capa de $e \geq 10$ cm, en el que 60 % o más de la matriz tiene un $\text{valor} \geq 4$ y un $\text{croma} \leq 2$ y no hay concentraciones redox. Esta capa se da entera dentro de los 30 cm del suelo.
F18	Vértico reducido	En un suelo clasificado como Vertisol o una intergraduación Vertic, una capa que presente una reacción positiva a la α - α -dipiridil que: a) La condición dominante (60% o más) de una capa de $e \geq 12$ cm, en los 30 cm de la parte superior del suelo mineral o margoso, b) Se produce por lo menos durante 7 días continuos y 28 días acumulativos, y c) Se produce durante una temporada y mes normal o seco (dentro del 16-84% de la precipitación probable).
F19	Suelos de planicies inundables de piedemonte	Suelos en las llanuras de inundación con una capa mineral $e \geq 15$ cm, que comienza dentro de 25 cm de la superficie del suelo, con una matriz (60 % o más del volumen) de $\text{croma} \leq 4$ y 20 % o más de concentraciones distintivas redox o prominentes que ocurren como masas suaves o revestimientos de poros.
F20	Suelos limosos anómalos brillantes	Suelos dentro de los 200 metros de marismas de estuarios o con el agua entre 0 y 1 metro, presentan una capa mineral con $e \geq 10$, que comienza dentro de 20 cm de la superficie del suelo, con una matriz (60 % o más del volumen) y $\text{croma} \leq 5$ y 10 % o más de concentraciones redox distintivas o prominentes que ocurren como masas suaves o revestimientos de poros y / o disminuciones/agotamientos.
F21	Material parental rojo	Suelos con una capa derivada de materiales parentales rojos con $e \geq 10$ cm, a partir los 25 cm superficiales del suelo con un matiz 7,5 YR o más rojo. La matriz tiene $2 \leq \text{valor}$ y $\text{croma} \leq 4$. Debe contener un 10 % o más de empobrecimientos y/o concentraciones redox distintivas que ocurren como masas blandas o revestimientos porosos. Los empobrecimientos redox deben diferir en el color por: a) $\text{valor} \geq 1$ y $\text{croma} \leq 1$ que la matriz, o b) $\text{valor} \geq 4$ y un $\text{croma} \leq 2$.

A partir del desarrollo de indicadores en EEUU se han redactado otras guías de ayuda para la identificación de suelos hídricos: Nueva Inglaterra (NEHSTC, 2004), la guía para la región Atlántica media (MAHSC, 2004), o el suplemento regional del manual de delimitación de humedales del Cuerpo de Ingenieros para la región central y nordeste (USACE, 2012).

2.1.10.3.- Suelos sumergidos o subacuáticos

Un suelo sumergido es aquél que se forma en los sedimentos de los ambientes permanentemente inundados a poca profundidad (espesor capa de agua menor de 2.5 m), y en el que se dan procesos formadores además de soportar vegetación sumergida. Se diferencian de los subacuáticos porque se formaron en un entorno seco, pero que en la actualidad están bajo el agua, mientras que los suelos subacuáticos se forman bajo una columna de agua continua (como en un estuario).

Su estudio viene determinado por el desarrollo de los trabajos de caracterización de suelos en zonas húmedas. Hasta finales de los años 70 los trabajos en humedales habían sido bastante escasos y el estudio de los suelos únicamente se realizaba sobre terrenos no inundados o inundables (Turenne, 2010). Se tenía una concepción muy conservacionista del suelo, pero algunos científicos comenzaron en los años 60-70 a plantear si el límite de los suelos era únicamente la atmósfera o era admisible considerar también las aguas poco profundas (Demas y Rabenhorst, 1999a). La concepción de que los sustratos acuosos no eran suelo sino sedimentos, era la teoría establecida en aquél entonces. El cambio de idea fue lanzado por Demas (1993) al establecer los suelos sumergidos como una nueva frontera de estudio, desarrollando los conceptos sobre la caracterización, formación y mapeo de los suelos sumergidos y por consiguiente de los subacuáticos (Ming *et al.*, 2012). La existencia de procesos formadores (Demas y Rabenhorst, 2001) y la posibilidad de su cartografiado (Demas y Rabenhorst, 1998) provocaron que en 1999 la Soil Taxonomy incluyera en su definición de suelo los terrenos en que *las aguas no profundas en estuarios eran capaces de soportar vegetación acuática sumergida* (Soil Survey Staff, 1999) lo que significó su inclusión en la taxonomía oficial a iniciativa de Ditzler en 2007.

El estudio de estos suelos provocó la modificación de la ecuación de Jenny (1941) para la formación de suelos sumergidos/subacuáticos (Demas y Rabenhorst, 2001):

$$Suelo_s(S_s) = f[(C, O, B, F, P, T, W, E)]$$

Donde S_s = Suelos sumergido/subacuático; C= régimen de temperatura; O=organismos; B= batimetría; F= régimen de flujo; P= material paretal; T= tiempo; W= atributos de la columna de agua; E= eventos catastróficos.

El desarrollo de protocolos de cartografiado, términos específicos y metodologías de muestreo (Nesoil, 2010; NRCS, 2005) supone un amplio campo de exploración que ofrece potenciales direcciones de investigación (Erich *et al.*, 2010).

2.1.10.4.- Procesos formadores

Los procesos que dan lugar a la génesis de suelos hídricos y subacuáticos o sumergidos presentan como principal agente de actuación el agua. La presencia de este elemento modifica las condiciones del medio: donde los poros están completamente saturados por agua y tienen lugar procesos de reducción de los componentes inorgánicos por parte de los microorganismos anaerobios siempre que la temperatura y la materia orgánica permita su actividad (Bouma, 1983).

Tras la inundación, el oxígeno retenido en el espacio poroso comienza a ser reemplazado por agua provocando que la concentración de oxígeno en el suelo llegue prácticamente a cero. A partir de este momento el intercambio de oxígeno (suelo-atmósfera) se realiza por difusión molecular a través del agua de inundación, acumulándose oxígeno en los primeros centímetros del suelo, donde también abundan los iones Fe^{+3} , Mn^{+4} , NO_3^- y SO_4^{-2} . El suelo en ese instante pasa a ser un medio reductor en vez de oxidado y la aparición de microorganismos anaerobios da lugar a la formación de hidrógeno (H_2), dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4) en última instancia.

El primer elemento en ser reducido es el oxígeno, seguido del nitrato y los compuestos de manganeso (tabla 13). Tras esto se comienzan a reducir el hierro y el manganeso (en sus estados Fe^{+3} y Mn^{+4}). Por último, la reducción de SO_4^{-2} a S^{-2} indica la no existencia de oxígeno y nitrato, puesto que impiden la reducción de SO_4^{-2} (Fiedler y Sommer, 2004; Sendra, 1997).

Tabla 13: Elementos químicos predominantes en condiciones redox.

Condiciones oxidantes		Condiciones reductoras
O_2	Reducción -----> Oxidación <-----	H_2O
NO_3^-		$\text{N}_2, \text{NH}_4^+$
Mn^{+4}		Mn^{+2}
Fe^{+3}		Fe^{+2}
SO_4^{-2}		S^{-2}
CO_2		CH_4
PO_4^{-3}		PH_3
H_2O		H_2

Fuente: (Reddy y DeLaune, 2008).

En el caso de una capa freática fluctuante se producen procesos cíclicos de reducción y oxidación ($\text{Fe}^{+3} \rightarrow \text{Fe}^{+2}$ y $\text{Mn}^{+4} \rightarrow \text{Mn}^{+2}$) en periodos secos y húmedos que dan lugar al proceso de gleyzación. La reducción de los óxidos de hierro y manganeso durante la gleyzación da lugar a formas más solubles que emigran hacia capas más profundas provocando una decoloración gris donde no hay presencia de estas especies químicas. (Bockheim y Gennadiyev, 2000; Buol *et al.*, 1973; Gisbert e Ibañez, 2002; Porta *et al.*, 2003). La acumulación de las formas ferrosas genera colores verdes (Duchaufour, 1987) identificados en el sistema de notación de color Munsell mediante las hojas GLEY (Munsell Color Co., 1994).

Si los horizontes del suelo están no saturados en algún momento del año las condiciones reductoras pasarán a ser oxidantes, dando lugar al proceso redox de pseudogleyización. En este caso cuando los suelos se encuentran saturados se produce la decoloración del suelo, pero cuando estas zonas se vuelven secas en verano y la concentración de oxígeno aumenta se produce la oxidación con precipitación de elementos químicos inorgánicos, dando lugar a coloraciones marrones, rojas y marrones-amarillas (Bikerland, 1974, Gisbert e Ibáñez, 2002). Estas coloraciones constituyen la base de las categorías de características redoximorfológicas (Mid-Atlantic Hydric Soils Commitee, 2004; Mitsch y Gosselink, 2007; Vepraskas *et al.*, 1993; Vepraskas, 1995) utilizadas para definir el régimen ácuico de la *Soil Taxonomy* (Schertmann, 1993; Soil Survey Staff, 1975; 1999). Pueden observarse en las concentraciones redox (forma de nódulos y concreciones, masas de concentración, y líneas de raíces o poros), así como en la matriz del suelo (figura 11).



Figura 11: a) Masa de hierro oxidada y b) matriz reducida.

Generalmente la reducción del hierro produce que las arcillas sean más dispersables provocando su iluviación a horizontes más profundos y perdiéndose las mismas en superficie, por lo que se puede asociar a dichos suelos también un proceso de argiluviación.

Otro de los procesos destacables en los suelos hídricos es la acumulación de materia orgánica. Se sabe que los humedales son zonas de almacenaje de carbono orgánico y su acumulación es debido a que en condiciones reductoras, la eficiencia de la descomposición de materia orgánica por microorganismos es mucho menor que en los medios aerobios (USDA, 1996). De este modo se produce humificación de los compuestos orgánicos, así como desmineralización de la materia orgánica, pero en mucho menor grado por las condiciones de reducción (Collins y Kuehl, 2001). Los estados de descomposición de la materia orgánica se pueden clasificar en: *Fibrist* con la visualización de fibras y un grado de descomposición bajo, *Hemist* con un grado de descomposición medio y *Saprist* con grado de descomposición alto, dando lugar este último caso a suelos de coloración oscura (McKinzie, 1974).

La salinización también es un proceso de formación del suelo que se suele dar en las zonas cercanas al mar, donde la capa freática fluctuante salina puede aportar sales al perfil del suelo. Finalmente es de destacar que la gran mayoría de procesos formadores se pueden producir tanto

en el momento de saturación como en el periodo seco. Adjuntamos una tabla con los procesos que pueden tener lugar en los suelos hídricos (tabla 14).

Tabla 14: Procesos formadores en suelos hídricos.

Adiciones	Melanización
	Enriquecimiento
Pérdida	Lavado
	Eluviación
	Lixiviación
	Erosión superficial
	Evapotranspiración
	Pérdida de gases y energía
	Pérdidas por difusión
	Deshidratación
Translocaciones	Eluviación/iluviación
	Iluviación de arcilla
	Carbonatación/descarbonatación
	Sodificación
	Gypsificación
	Alcalinación
	Silización
	Salinización
Transformaciones	Amonificación
	Meteorización
	Mineralización materia orgánica
	Nitrificación/desnitrificación
	Humificación
	Gleyzación
	Pseudogleización
	Oxidación-reducción

Por último señalar que los suelos subacuáticos o sumergidos también experimentan principalmente procesos de reducción. Los principales procesos que se pueden dar son (Demas y Rabenhorst, 2001):

1. Adiciones de carbonato cálcico biogénico (organismos bentónicos) y de materia orgánica procedente de los restos de vegetación acuática y de las raíces de éstas.
2. Pérdidas en la descomposición de materia orgánica y en los ciclos de nutrientes.
3. Transferencias por bioturbación y difusión de O₂.
4. Transformaciones por procesos de reducción.

2.1.10.5.- Clasificación taxonómica

La clasificación de los suelos hídricos queda recogida en diferentes sistemas taxonómicos de suelos a nivel mundial: *Canadian Soil Classification*, *World Reference Base (WRB)*, clasificación China de suelos (CRGCST, 2001) y *Soil Taxonomy*.

La clasificación China de suelos fue la primera en determinar para el caso de los arrozales horizontes y características de diagnóstico de suelos hídricos (Zitong, 1986). La clasificación canadiense de suelos (NRC- CNRC, 1998) establece que los suelos afectados por agua se encuadran dentro del orden Gleysolic, aunque en zonas húmedas también encontramos desde Vertisolics hasta Organics principalmente.

La Word Reference Base (IUSS-WRB, 2007) clasifica los suelos en base a Grupos de Suelo de Referencia, añadiendo calificadores que completan sus características, así pues:

1. Los suelos influenciados por el agua se clasifican como Vertisoles, Fluvisoles, Solonetz, Solonchacks y Gleysoles.
2. Los suelos con agua estancada son Planosoles y Stagnosoles.
3. Los suelos con grandes capas de materia orgánica son Histosoles.

Los Fluvisoles, Gleysoles, Planosoles, Stagnosoles e Histosoles son los predominantes en zonas húmedas, donde también podemos encontrar Solonchacks, como el caso de saladares, o bien Vertisoles si las arcillas son expandibles. Los Fluvisoles son suelos azonales genéticamente jóvenes que han sido desarrollados sobre depósitos aluviales, y junto a los Gleysoles, que a menos de estar drenados están saturados con agua freática por períodos suficientemente largos para desarrollar un característico patrón de color gleyico, son suelos de humedales donde se desarrolla el cultivo del arroz (Camargo, *et al.*, 1995; Deckers *et al.*, 1993; GVA, 1996; IRRI, 1985; Pascual *et al.*, 2004), aunque también dicho cultivo se desarrolla sobre Antrosoles (Hernández y Moreno, 2010) e Histosoles y Solonchacks (Torres *et al.*, 2010). Del mismo modo, los calificadores utilizados en la WRB y que llevan relación con el agua son: gleyico, oxiaquico, hidráquico y tidalico, siendo el limnico y subaquático los calificadores usados para suelos sumergidos.

Por otro lado la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 1999) y las Claves para la Taxonomía de suelos (Soil Survey Staff, 2010) compuesta por 12 órdenes definen la condición ácuica, que se da en los suelos que presentan una saturación y reducción continua o periódica y que se considera primordial en la delimitación y caracterización de los suelos hídricos. Esta condición se define mediante tres propiedades por separado: 1) la profundidad y duración de la saturación, 2) el grado de reducción y 3) los rasgos redoximórficos (Soil Survey Staff, 2010; Vepraskas *et al.*, 1993).

La saturación se caracteriza por una presión positiva o nula (mayor que la presión atmosférica) en la matriz del suelo, destacándose 3 situaciones:

- a) La endosaturación en la que el suelo está saturado con agua en todas las capas a partir del límite superior de saturación hasta una profundidad de 200 cm o más desde la superficie del suelo mineral.
- b) La episaturación en la que el suelo está saturado con agua en una o más capas dentro de los 200 cm de la superficie del suelo mineral y también tiene una o más capas no saturadas en ese espacio. La zona de saturación está localizado sobre una capa relativamente impermeable.
- c) La saturación ántrica en la que los suelos sufren una episaturación controlada por la acción del hombre (típico de los arrozales).

La reducción especialmente de hierro es una premisa básica en el cumplimiento de las características de la condición ácuica. Aunque no se sabe el tiempo que debe transcurrir para que dicha reducción se produzca, lo que sí que está claro es que se ha de comprobar que hay condiciones de reducción. Una buena herramienta es la utilización del α - α -dipiridil que mediante la reacción rojo púrpura nos indica si hay hierro oxidado. Por último, la tercera condición (existencia de rasgos redoximórficos) debe darse al producirse procesos de humectación-dsecación y por tanto de óxido-reducción (Vepraskas, 1995). Así podemos reconocer en campo concentraciones redox (masas, líneas de poro y nódulos y concreciones), agotamiento redox y matrices reducidas.

La clasificación americana se basa en el uso de categorías taxonómicas siendo clasificados a nivel de orden los suelos hídricos como Entisoles e Histosoles de forma predominante. No obstante también podemos encontrar el resto de órdenes a nivel de suborden (tabla 15), Gran Grupo y Subgrupo (tabla 16).

Tabla 15: Clasificación de régimen de humedad ácuico a nivel de Suborden.

ORDEN	SUBORDEN
Alfisol	Aqualf
Andisol	Aquand
Entisol	Auquent
Inceptisol	Aquept
Mollisol	Aquoll
Oxisol	Aquox
Spodosol	Aquod
Ultisol	Aquult
Vertisol	Aquert

Tabla 16: Prefijos formativos de Gran Grupo y Subgrupo relacionados con el régimen ácuico.

Prefijos	ORDENES DE SUELOS (INICIALES)										
	Ent	Gel	Incept	Ari	Ult	Vert	And	Alf	Moll	Oxi	Spo
Albaquic-								X			
Anthraquic-	X		X		X		X	X	X		
Aquandic-			X		X						
Aquertic-			X								
Aquic-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aquicambic-				X							
Aquodic-	X										
Arigaquic-									X		
Fluvaquandic-			X								
Fragiaquic-			X		X			X			X
Glossaquic-					X			X			
Ombraquic-					X						
Oxiaquic-	X		X		X	X	X	X	X	X	X
Plinthaquic-					X			X		X	

Así como a nivel de Suborden la *Soil Taxonomy* no tiene representación de las condiciones ácuicas en Aridisoles, Gelisoles e Histosoles, los dos primeros sí que se presentan a nivel de Subgrupo como se refleja en la tabla 16. Los Histosoles son principalmente zonas de turberas que se desarrollan con una alta acumulación de materia orgánica y agua; y se clasifican directamente como zonas húmedas. Se dividen en 5 subórdenes: Wassists, Folist, Fibrists, Saprist y Hemists, y excepto los Folist y los Wassist (que se consideran suelos submergidos), el resto se clasifican como suelos hídricos, pues están saturados con agua más de 30 días acumulativos. A nivel de Gran Grupo y Subgrupo la formación taxonómica se puede dividir en las siguientes características (tabla 17):

Tabla 17: Sufijos formadores de grandes grupos y subgrupos.

Prefijo	Significado
Cry-	Régimen de temperatura cryico.
Fibr-	Menor estado de descomposición de las fibras.
Fluvaquent-	Presencia de materiales minerales.
Hal-	Salino.
Haplo-	Mínimo desarrollo.
Hem-	Estado intermedio de descomposición de fibras.
Hydr-	Presencia de agua.
Limn-	Presencia de capa límnic.
Lith-	Contacto lítico.
Luv-	Materiales humilúvicos.
Sapr-	Estado de descomposición mayor de las fibras.
Sphagn-	Presencia de <i>Sphagnum</i> .
Sulf-	Sulfuros y sus productos de oxidación.
Terr-	Materiales minerales.

Otro aspecto de la clasificación de la Soil Taxonomy es la inclusión en la 11ª edición de las claves para la identificación taxonómica de suelos (Soil Survey Staff, 2010) dos subgrupos nuevos a propuesta de Mark Stolt (Payne y Turenne, 2009) para los órdenes Histosol (Wassists) y Entisol (Wassent). Con estos órdenes se recogía los suelos submergidos y subacuáticos cuya principal característica era tener un potencial positivo del agua en la superficie del suelo como mínimo 21 horas cada día. Los prefijos para Gran Grupo de Frasi-, Psammo-, Sulfi-, Hydro-, Fluvi- y Haplo- en Wassent y Frasi-, Sulfi- y Haplo- en Wassist conforman la taxa de esta nueva asignación de suelos submergidos en la última edición de las claves de la *Soil Taxonomy*.

2.1.11.- Agua en el suelo

La relación del agua y el suelo viene definida por la porosidad, que es la propiedad que presentan los materiales de albergar en su matriz agua y aire en los poros. En el suelo depende principalmente de la textura y estructura de los suelos y se expresa en porcentaje:

$$P_{suelo}(\%) = \frac{V_p}{V_T} \times 100 \quad ; \quad P_{suelo}(\%) = \frac{\rho_r - \rho_a}{\rho_r} \times 100$$

Donde, P_{suelo} = porosidad del suelo, V_p = volumen de poros, V_T = volumen total del suelo, ρ_r = densidad real y ρ_a = densidad aparente.

Así pues en el espacio poroso del suelo es donde quedará retenida el agua (figura 12), presentando en función de las condiciones climáticas (precipitación y evaporación) un valor u otro de humedad que se expresa como cantidad de agua por cantidad de suelo (humedad gravimétrica) o volumen de agua sobre volumen total (humedad volumétrica).

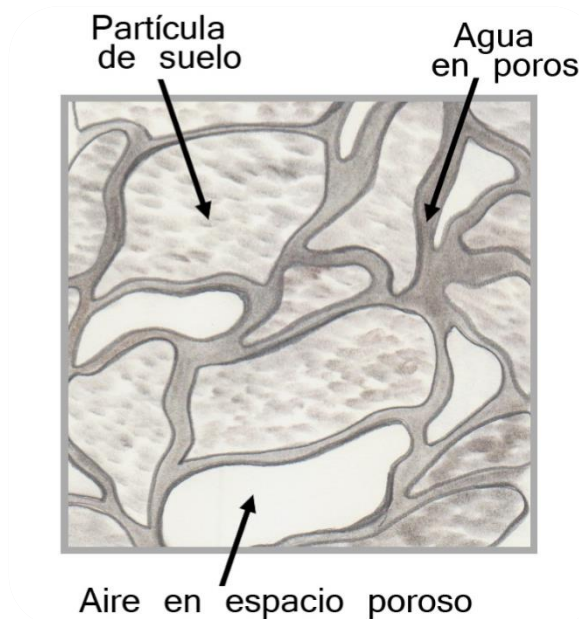


Figura 12: Espacio poroso del suelo.

El agua en el suelo se puede clasificar según Duchaufour (1987) en:

1. Agua gravitacional: Aquélla que se pierde en el perfil del suelo por gravedad en los poros mayores de 50 μm (de flujo rápido) y poros entre 10-50 μm de diámetro (de flujo lento).
2. Agua retenida: Aquélla que es retenida en los poros más pequeños ($\Phi < 10 \mu\text{m}$).
 - a. Higroscópica: Aquélla que ocupa los microporos del suelo y se adhiere a la partícula por adhesión superficial. El poder de succión de las raíces no tiene la fuerza suficiente para extraer el agua por lo que es agua no aprovechable por las plantas.
 - b. Capilar: Aquélla que ocupa los microporos del suelo y se mantiene en el suelo gracias a la tensión superficial. Es la reserva hídrica del suelo, puesto que es agua utilizable por las plantas al poder succionarla las raíces.

Algunas de las propiedades del agua que definen su comportamiento en el suelo son: adhesión, cohesión, tensión superficial y capilaridad, todas ellas relacionadas entre sí. Las moléculas de agua se atraen entre sí gracias a la cohesión dando lugar a masas de agua. Cuando las moléculas de agua entran en contacto con otras superficies se produce una tensión superficial en la superficie de la molécula que junto a las fuerzas de adhesión definen su comportamiento. Una molécula de agua está atraída en todas las direcciones con la misma fuerza, pero cuando la molécula entra en contacto con el aire o con partículas de suelo, el comportamiento varía. Mientras que en la interfase agua-aire las moléculas son atraídas con mayor fuerza por la fase líquida, en la interfase agua-otros materiales, dependerá de las características éstos. De este modo tenemos superficies hidrofílicas e hidrofóbicas (Richardson *et al.*, 2001). Las primeras superficies atraen al agua, que las moja y humedece, mientras que las superficies hidrofóbicas repelen el agua y no son humedecidas por ella.

La interacción entre las fuerzas cohesivas y adhesivas se traduce en la ecuación:

$$H_c = \frac{2\sigma(\cos\gamma)}{r\rho g}$$

Donde, H_c = Altura capilar, σ = Tensión superficial (sólido/líquido, líquido/gas o sólido/gas), γ = ángulo de contacto, r = radio del tubo capilar, g = fuerza de la gravedad, ρ =densidad del agua.

De este modo si $\gamma \geq 90^\circ$ la superficie es hidrofóbica, cuando $0^\circ \leq \gamma < 90^\circ$ está parcialmente mojada y cuando $\gamma < 0^\circ$ la superficie está completamente húmeda (figura 13). Dicho ángulo explica el fenómeno de capilaridad que se da en cualquier tubo capilar y que ocurre en la zona o franja capilar.

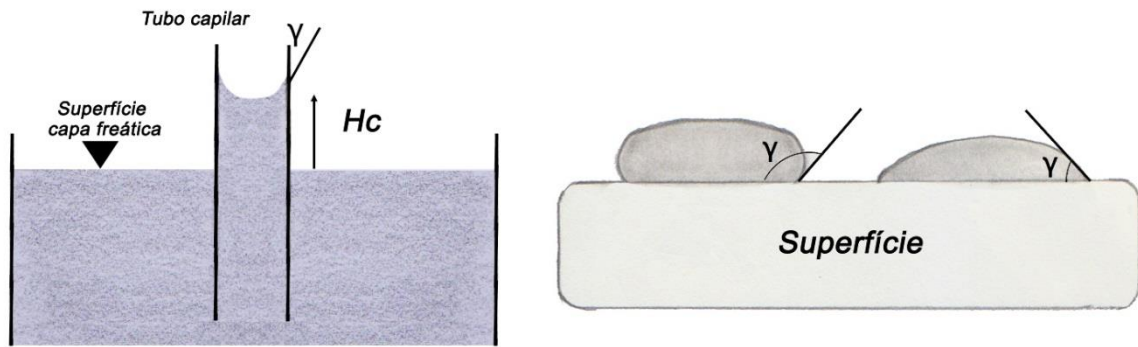


Figura 13: a) Altura capilar y b) ángulos de contacto entre superficies y el agua.

El suelo se divide en dos zonas (figura 14). La zona vadosa o no saturada (ZNS) que es aquella en la que los poros están llenos de agua y aire y la zona saturada (ZSS) que es aquella en la que la totalidad de los poros están llenos de agua y no existe aire. La ZNS se divide en tres subzonas: La de evapotranspiración, en la que encontramos agua retenida pero no gravitacional (a no ser que sea tras una lluvia o riego). Está en contacto directo con la atmósfera y se produce en ella el proceso de evapotranspiración. La siguiente zona es la intermedia, que se caracteriza por ser un área de transición entre la zona superior y la franja capilar que debido a la capilaridad y en función de la granulometría del material posee agua higroscópica y capilar procedente de la ZSS.

La zona saturada del suelo es aquella en la que encontramos la capa freática, que se define como el nivel de puntos del suelo donde la presión hidrostática es igual a la atmosférica y ofrece la línea a partir de la cual todos los poros del suelo están saturados por agua.

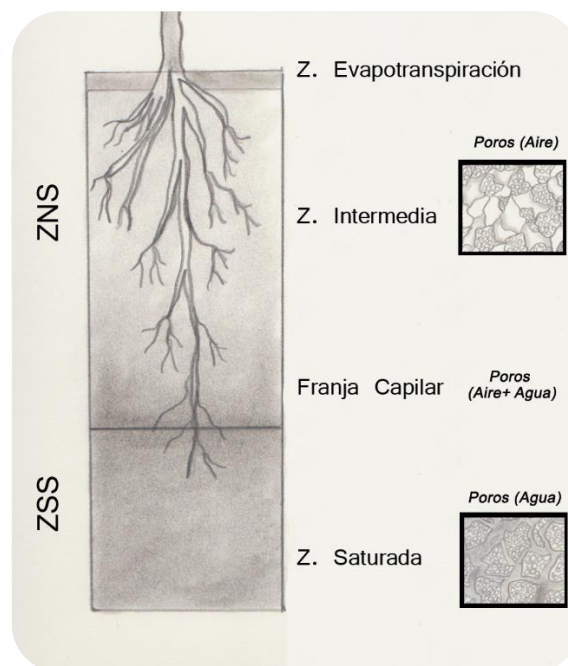


Figura 14: Zona no saturada (ZNS) y zona saturada del suelo (ZSS).

2.1.11.1.- Potencial de agua y flujo en el suelo

Las moléculas de agua están permanentemente en movimiento dependiendo de su energía libre que es expresada como el potencial hídrico del agua y se mide mediante Pascales, atmósferas o bares. Las diferencias de potencial entre diversas zonas producen un flujo de agua desde las zonas de mayor potencial a aquéllas donde es menor (Richardson *et al.*, 2001).

El potencial total (ψ_T) es una función continua que consiste en la cantidad de trabajo por unidad de cantidad de agua pura que debe realizarse por fuerzas externas al sistema para transferir reversible e isotérmicamente una cantidad infinitesimal de agua desde un estado de referencia a un punto considerado (Porta *et al.*, 2003). El potencial total es la suma de varios potenciales:

$$\psi_T = \psi_o + \psi_g + \psi_p$$

Donde, ψ_o = Potencial osmótico, ψ_g = Potencial gravitacional y ψ_p = Potencial de presión.

El potencial osmótico viene influido por la interacción entre las moléculas de agua y los sólidos disueltos, y se define como la cantidad de trabajo que se debe de realizar por unidad de volumen para transferir agua libre desde el estado de referencia a otro estado en el que las condiciones sean homogéneas.

$$\psi_o = - \int_0^{\pi} V_w dP$$

Donde V_w es el volumen de agua en el suelo y π es el estado al que se quiere llegar.

El potencial osmótico es importante para las plantas pero en los suelos puede ser omitido, excepto en los salinos. Su medición se realiza por medio de la Conductividad Eléctrica en base a:

$$\psi_o = -a CE$$

Donde a depende de las sales disueltas ($a=36$ para NaCl y KCl; $a=28$ para $MgSO_4$ y $a=30$ para el resto de sales).

El potencial gravitacional mide la energía al trasladar una molécula de agua de un estado de referencia z_o a otro z_x .

$$\psi_g = \rho_w \cdot g \cdot \Delta Z$$

Donde ρ_w = densidad del agua, g = fuerza gravitacional y ΔZ = Diferencia de cota.

Si $\psi_g > 0$ El punto se encuentra por encima del estado de referencia ($\Delta Z > 0$) y si $\psi_g < 0$ se encuentra por debajo del estado de referencia ($\Delta Z < 0$).

El potencial de presión es la energía potencial que ejerce una columna de agua sobre la molécula de agua y que es la suma de: El potencial matricial (ψ_m), que refleja la fuerza de adhesión entre las moléculas de agua y las partículas sólidas de suelo, y el potencial neumático (ψ_n) que refleja la excesiva presión realizada sobre una muestra de suelo con un determinado estado de humedad. Mientras el potencial de presión es $\psi_p > 0$ el suelo está saturado, y si es $\psi_p < 0$ el suelo está seco.

$$\psi_p = \psi_m + \psi_n$$

El potencial hidráulico ψ_H del suelo es otro concepto utilizado para comprender el comportamiento del agua en el suelo y sirve para evaluar la dirección y magnitud de las fuerzas que provocan el movimiento del agua.

$$\psi_H = \psi_g + \psi_p$$

El agua se mueve en la matriz del suelo en función de sus condiciones de saturación. El flujo en un suelo no saturado se rige por la ley de Buckingham-Darcy, mientras que el flujo en una zona saturada se basa en la ley de Darcy, que define el flujo de agua como una variable proporcional al gradiente de potencial hidráulico (Bouma, 1983).

$$q = -K \cdot \frac{dh}{dl}$$

Donde, q = caudal de agua que circula a través de una superficie unidad por unidad de tiempo ($\text{cm}^3/\text{día}$), K = conductividad hidráulica ($\text{cm}/\text{día}$) que depende de las propiedades, tanto del medio poroso como del fluido y (dh/dl) = gradiente hidráulico.

Cuando el suelo está saturado el gradiente hidráulico es función del tiempo y de la situación en el espacio. En el caso de los suelos saturados $\psi_H \neq 0$, y el potencial matricial es igual a cero (cosa que no ocurre con el suelo no saturado cuyo potencial matricial es menor que cero pero mayor que el índice de saturación).

El flujo en las aguas subterráneas es un concepto de estudio importante para la caracterización de las aguas subsuperficiales, y especialmente para la definición de los regímenes hídricos en las zonas húmedas. El estudio de los flujos de aguas subterráneas se realiza mediante el uso de piezómetros o pozos de capa freática (Porta *et al.*, 2003; Richardson *et al.*, 2001; Warrick, 2001) en los que se mide el potencial de presión. La diferencia entre piezómetro y pozo es que el primero es un tubo sin ranuras que únicamente permite la intrusión de agua por su zona inferior, mientras que los pozos tienen la entrada de agua a lo largo de toda su sección debido a que se encuentran fisurados o con perforaciones laterales a lo largo de toda su longitud.

En ambos casos se toma la medida de la altura de agua, que en su interior al ser transformadas a cota sobre el nivel del mar nos definen las carga hidráulica en cada punto. Para determinar el flujo del agua es imprescindible utilizar dos piezómetros o pozos, y si tenemos más de un piezómetro, será posible trazar un mapa de cotas de la capa freática mediante isopiezas (líneas con la misma cota piezométrica).

No obstante la determinación del nivel de la capa freática a veces puede provocar confusión si no se conoce bien la disposición de los materiales constituyentes del acuífero. Esto es debido a la determinación mediante piezómetros del nivel freático (el que tiene la capa freática en el lugar) y el nivel piezométrico (nivel irreal de la capa freática). Cuando un acuífero libre no confinado está en equilibrio, es decir, no sufre procesos de carga y descarga, las medidas en los piezómetros coinciden con la capa freática (Presión atmosférica = Presión en la capa freática), pero cuando el acuífero está confinado la presión de la capa freática es superior a la atmosférica y en este caso cuando realicemos un pozo o sondeo, el agua tiende a ascender más que el nivel freático real, pasando el nivel freático a denominarse entonces nivel piezométrico.

2.1.12.- La salinidad

La salinidad es la propiedad que define el contenido de sales minerales disueltas en aguas libres y en la solución del suelo. Desde el punto de vista agronómico es el parámetro más estudiado puesto que de la combinación de sales en agua y suelo depende el rendimiento de los cultivos. Si aumenta el potencial osmótico debido a las sales, disminuirá la disponibilidad de agua en las plantas y se producirán efectos negativos sobre el metabolismo vegetal (Douaik *et al.*, 2004).

El origen de las sales en aguas y suelos es prácticamente el mismo y están ampliamente relacionados. Si bien las aguas toman sus sales debido a la disolución de los minerales constituyentes de las rocas, el suelo en un origen primario también las recibe de la meteorización de las rocas (Abrol, *et al.*, 1988; Chhabra, 1996; Richards, 1954). Así pues el proceso de adquisición de sales solubles se llama salinización y se produce por (figura 15) (USDA ,1998a):

- Origen primario o natural como resultado de los procesos de meteorización del material parental. Este es el caso de rocas evaporíticas pues al disolver el agua los minerales evaporíticos provocan la salinización de los suelos y aguas. La salinización en esta situación es severa, puesto que aunque la alteración de los minerales primarios es la fuente indirecta de todas las sales solubles presentes en los suelos, es raro encontrar suelos con materiales parentales que hayan acumulado tal cantidad de sales que den lugar a clasificarlos como salinos.

- Sales fósiles. Procedentes de depósitos de sedimentos marinos asentados en épocas geológicas antiguas y emergidos posteriormente. Estas sales contaminan los acuíferos profundos y afloran en la superficie debido a las captaciones de aguas que posteriormente son utilizadas como riego, abasteciendo de sales al suelo.
- Aporte directo de aguas salobres por invasión de agua del mar, marismas, rías o manglares. Tras su retirada se produce la evaporación de sales que se acumulan en los suelos.
- Intrusión marina en zonas litorales, debido a la sobreexplotación de los acuíferos costeros que produce un avance de la cuña de agua salada sobre el agua dulce dando lugar a una mezcla de aguas de diferente calidad en una zona con límites difusos que denominamos interfase (Morell, 1989).
- Sales cíclicas en zonas costeras transportadas por las brisas marinas.
- Influencia de la capa freática:
 - Aguas freáticas situadas sobre capas impermeables y que al evaporarse en la estación seca acumulan sales en el perfil y en la superficie del suelo.
 - Fluctuaciones de la capa freática en zonas áridas y semiáridas cuyo ascenso capilar produce precipitación de sales en las partes superficiales del perfil (Ibrakhimov *et al.*, 2011)
- Influencia antrópica derivada de actividades agrarias en zonas con aguas de riego de mala calidad y sin suficientes fracciones de lavado o mal drenaje (lo que produce una acumulación de sales) así como el uso excesivo de fertilizantes o bien el movimiento de tierras que aporta material salino o deja al descubierto horizontes salinos.



Figura 15: Causas de salinización.

Corwin y Lesch (2003) señalan a la evapotranspiración como el principal mecanismo causante de la acumulación de sales, pues éstas se depositan en el suelo cuando el agua pasa a la atmósfera por evaporación o evapotranspiración, produciéndose una acumulación que depende de la concentración y la cantidad de las sales aportadas (Varallyay y Szabolcs, 1974).

La principal problemática asociada a aguas y suelos salinizados desde el punto de vista agronómico es la pérdida de rendimiento del cultivo, puesto que el aumento de salinidad disminuye la disponibilidad del agua para las plantas (Ayers y Westcot, 1987). Las pérdidas en la producción de los cultivos varían en función de la tolerancia a las sales de las plantas (Chhabra, 1996). Así pues encontramos plantas tolerantes a la salinidad como el algodón (*Gossypium hirsutum*), la cebada (*Hordeum vulgare*), el espárrago (*Asparagus officinalis*) o la palmera (*Phoenix dactylifera*) entre otras, a la vez que encontramos plantas muy sensibles como la zanahoria (*Daucus carota*) la fresa (*Fragaria sp.*) o el almendro (*Prunus dulcis*). El arroz (*Oryza sativa*) es considerado como un cultivo moderadamente sensible (tabla 18) aunque gracias al mantenimiento de una lámina de agua libre sobre la superficie puede cultivarse en suelos con conductividades altas (20-25 dS/m); la lámina libre disuelve las sales y las desplaza hacia las zonas profundas del perfil, evitando valores de conductividad eléctrica altos en la zona radicular (Abrol *et al.*, 1988; Chhabra, 1996).

Tabla 18: Tolerancia del cultivo a la salinidad y disminución del rendimiento.

Cultivo	Valor umbral reducción producción (dS/m)	Disminución % por cada unidad de CE
Palmera	2,7	5,4
Arroz	2,0	18
Naranja	1,1	24

Otro de los problemas que también puede darse debido al aumento de sales es la destrucción de la estructura del suelo con la consecuente pérdida de permeabilidad. Esto se produce por el aumento de cationes de sodio en el suelo y que posteriormente comentaremos.

Para evaluar la salinidad se utilizan los siguientes parámetros:

1. Contenido total de sólidos disueltos (TDS) expresado en g/l
2. Concentración de aniones y cationes (C) expresado en meq/l
3. Conductividad eléctrica (CE) expresado en dS/m

Sólidos disueltos Totales (TDS)

El cálculo de sólidos disueltos totales es el procedimiento más antiguo y menos preciso para evaluar la salinidad, puesto que sólo consiste en la determinación gravimétrica de los sólidos que quedan en un cuenco tras la evaporación de un volumen de agua, obteniendo por tanto el residuo seco.

El problema de la determinación gravimétrica del TDS es que presenta interferencias con la materia orgánica y los materiales en suspensión, por lo que sin un filtrado preciso o con elevados valores de materia orgánica se producen errores en su determinación. Lo mismo ocurre con muestras con un elevado contenido de bicarbonatos, pues en el proceso de evaporación parte de los iones bicarbonato pasan a ácido carbónico (Aragüés *et al.*, 1986).

No obstante la determinación de TDS se puede realizar tras estimar analíticamente la carga iónica de las aguas y de las soluciones del suelo o a partir de la CE aplicando las siguientes expresiones:

$$\text{Si } CE \leq 5 \text{ dS/m} \rightarrow 0,64 \times CE = \text{TDS (g/l)}$$

$$\text{Si } CE > 5 \text{ dS/m} \rightarrow 0,80 \times CE = \text{TDS (g/l)}$$

Concentración de aniones y cationes (C)

La concentración de cationes y aniones se puede determinar en miliequivalentes por litro (meq/l) mediante las técnicas analíticas. Con la suma de dichos valores transformados a mg/l podremos hallar el valor del TDS. No obstante la relación catiónica y aniónica de las soluciones salinas viene determinada por las siguientes ecuaciones:

$$CE \text{ (dS/m)} \approx [\sum \text{cationes (meq/l)}] \cdot R$$

$$CE \text{ (dS/m)} \approx [\sum \text{aniones (meq/l)}] \cdot R$$

Siendo el factor $R=8$ si abundan compuestos de sulfato, carbonato y bicarbonato, calcio y magnesio; $R=12$ si abundan los compuestos de cloro y sodio; y $R=10$ si no predomina ninguna especie.

Conductividad Eléctrica (CE)

La CE es la medida de la presencia de solutos disueltos inorgánicos en el agua y en la solución del suelo, incluyendo las especies catiónicas y aniónicas (Corwin y Lesch, 2003). La medición de la resistencia eléctrica a la que están sometidos dos electrodos inmersos en una solución acuosa define el valor de la CE y fue utilizado por Whitney y Means (1897). Antiguamente se expresaba con unidades de resistencia, pero en la actualidad se expresa en Siemens por unidad de longitud (dS/m) a 25°C como temperatura de referencia.

La determinación de la conductividad eléctrica se basa en la ley de Ohm que dice que cuando en un medio conductor existe una diferencia de potencial entre dos puntos; circula entre ellos la corriente eléctrica que es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del conductor (Alarcón, 1998).

$$I = \frac{V}{R}$$

Donde I= Intensidad de la corriente, V= la diferencia de potencial y R= resistencia del conductor. De esta relación se obtiene la conductividad o conductancia específica cuya medida refleja la capacidad del agua para transmitir la electricidad. De este modo midiendo la conductividad con un puente Wheastone podremos determinar la CE de la solución que indicará que a mayor CE, mayor será la concentración de sales y por tanto la capacidad de transmisión de la electricidad.

2.1.12.1.- Medición y clasificación de la salinidad en suelos

Desde el punto de vista agrícola, se dice que un suelo es salino cuando las sales disueltas se acumulan en la zona radicular de los cultivos y producen efectos negativos sobre su producción y desarrollo. A lo largo de la historia de la Agronomía varios han sido los métodos empleados para el reconocimiento de la salinidad. La observación visual de los efectos producidos por la salinidad o por iones derivados de un aumento de sales en el suelo fue la primera metodología empleada, pues era rápida y económica pero a su vez ineficaz puesto que determina la salinidad después de que el cultivo haya sufrido el daño. Posteriormente Richards (1954) estableció la medida de la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (CE_e). Como la determinación de la CE_e del extracto es costosa en tiempo y en dinero rápidamente se desarrollaron otros métodos de determinación de la conductividad del suelo combinando diferentes ratios suelo-agua ($CE_{x:x}$) [(1:1) (1:2) (1:5)]. Muchos estudios han intentado obtener la ecuación para correlacionarlos de forma directa mediante regresiones lineales y múltiples (He *et al.*, 2012; Hogg y Henry, 1984; Kobayashi *et al.*, 2006; Rhoades *et al.*, 1989; Rhoades *et al.*, 1999; Slavich y Peterson, 1990; Slavich y Petterson, 1993; Sonmez *et al.*, 2008; USDA, 2000; Visconti *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2005).

El avance tecnológico ha permitido el desarrollo de sensores para medir indirectamente la salinidad en campo. La medición mediante resistividad eléctrica y conductancia eléctrica (Franzen, 2007; Herrero *et al.*, 2003), mediante Reflectometría de Dominio de Tiempo (TDR) o mediante la Reflectometría de Dominio de Frecuencia (FDR) (Dalton *et al.*, 1984; Wang *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2006), y por último el uso de imágenes de satélite (Fernández-Buces *et al.*, 2006) ha facilitado la rápida recolección de datos sobre la salinidad del suelo. La expresión de los resultados de la salinidad del suelo ha sido representada espacialmente mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) cuya representación cartográfica se realiza mediante la aplicación técnicas geoestadísticas principalmente.

No obstante y aunque todas estas tecnologías y métodos analíticos son rápidos, presentan el inconveniente que todos ellos correlacionan medidas indirectas de salinidad con la CE_e y por lo tanto asumen cierto grado de error. Es por ello que la conductividad del extracto de saturación sigue considerándose el método más fiable y preciso para la determinación de la salinidad el suelo.

De este modo la salinidad del suelo viene definida y clasificada por la conductividad eléctrica del extracto de saturación. Según el USDA (Richards, 1954) el valor umbral que define los suelos salinos de los no salinos es 4 dS/m. En esta misma publicación se establece otro riesgo asociado a la salinidad, el de sodicidad. Los cationes de sodio pueden acumularse en el suelo y provocar problemas de permeabilidad al dispersar las arcillas y éstas saturar los poros impermeabilizando la matriz del suelo. Así pues la clasificación de suelos según USDA en base a la salinidad (tabla 19) establece 4 clases de suelos:

- Suelos normales, que son aquéllos que no están afectados por sales o por la acumulación de sodio.
- Suelos salinos, que contienen suficientes sales solubles para afectar a su productividad.
- Suelos sódicos, que son aquellos cuya productividad se ve afectada por el contenido de sodio intercambiable en el complejo de cambio.
- Suelos salino-sódicos, que son los suelos que presentan peores características al contener un exceso de sales solubles y de sodio intercambiable.

Tabla 19: Clasificación de los suelos según su salinidad y sodicidad.

		Conductividad del extracto de saturación (dS/m)					
		Valor	0	4	Valor		
Porcentaje de sodio intercambiable (%)	0		Suelos normales	Suelos salinos	0		
	15		Suelos sódicos	Suelos salino-sódicos	13		
						Relación de adsorción de sodio	

Tanto el Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) como la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) son parámetros que evalúan la sodicidad, y su diferencia radica en que el PSI se mide en el complejo de cambio, mientras que el RAS se mide en la solución del suelo.

El porcentaje de Na^+ comparado con la cantidad de otros cationes adsorbidos por las partículas de suelo se denomina porcentaje de sodio intercambiable (PSI), y es determinante para la permeabilidad del suelo. Se define como:

$$PSI(\%) = \left[\frac{Na_{intercambiable}}{CIC} \right] \cdot 100$$

Donde $Na_{intercambiable}$ = Sodio en el complejo de cambio expresado como (meq/100g de suelo), CIC = Capacidad de Intercambio catiónico expresada como (meq/100g de suelo) que estará influenciada por el tipo de arcillas y la materia orgánica.

En cuanto al RAS medido en la solución del suelo, su cálculo viene definido a partir de las concentraciones de sodio, magnesio y calcio:

$$RAS = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{+2}] + [Mg^{+2}]}{2}}}$$

Donde $[Na^+]$, $[Ca^{+2}]$ y $[Mg^{+2}]$ son las concentraciones de dichos cationes en la solución del suelo en meq/l.

2.1.12.2.- Medición y clasificación de la salinidad en aguas

La salinidad varía en función de las masas de agua y es el factor fundamental de su química y biodiversidad (Smith *et al.*, 2007). Su representación habitual se realiza mediante técnicas geoestadísticas en SIG (Arslan, 2012; Gundogdu y Aslan, 2008; Milnes, 2011; Rozemejeier y Broers, 2007). Se mide mediante el valor de conductividad eléctrica del agua (CE_w) referido a 25°C y que es obtenido mediante un conductímetro. Su clasificación ha ido variando con el tiempo y hoy en día se presentan clasificaciones internacionalmente reconocidas que combinan la CE y otros parámetros (RAS, PSI, etc) o únicamente se basan en la medida de la CE.

Richards (1954) publicó la clasificación de aguas Riverside que utiliza el USDA para aguas de riego y que es ampliamente utilizada en España (Olías *et al.*, 2005); aunque este autor cree que debe de ser reemplazada por la clasificación de la FAO por la rigidez de los rangos de CE. Se basa en la combinación de la conductividad eléctrica y el RAS y para ello utiliza un gráfico cruzado con dos entradas en las que define una serie de clases de agua para riego en función del peligro de salinización o sodificación (figura 16 y tabla 20).

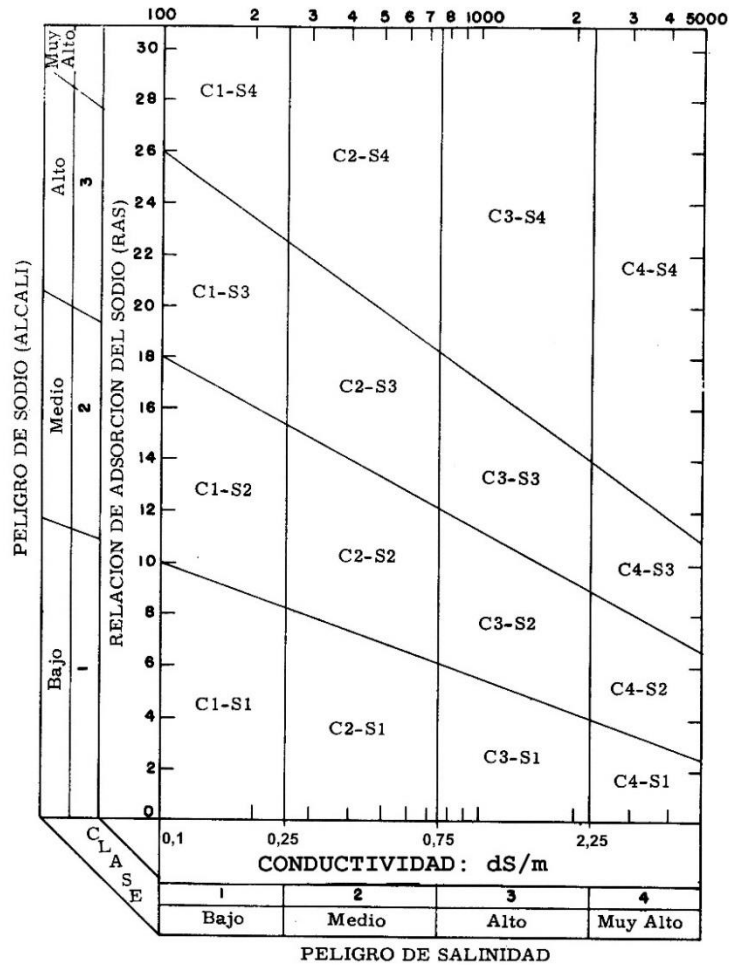


Figura 16: Diagrama par la clasificación de las aguas para riego (RIVERSIDE).

Tabla 20: Clases de agua según RIVERSIDE.

TIPO	CALIDAD
C₁ 0 – 0,25 dS/m	AGUA DE BAJA SALINIDAD: Puede usarse para riego de la mayor parte de los cultivos. No produce salinidad en los suelos excepto aquellos de muy baja permeabilidad en los que se precisa algún lavado.
C₂ 0,25 – 0,75 dS/m	AGUA DE SALINIDAD MODERADA: Son de calidad buena para regar aquellas cosechas que se adapten o toleren moderadamente la sal. Puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad.
C₃ 0,75 – 2,25 dS/m	AGUA DE SALINIDAD MEDIA - ALTA: No puede usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente. Aun con drenaje adecuado se pueden necesitar

	prácticas especiales de control de la salinidad. El cultivo seleccionado debe ser tolerante a la sal.
C₄ 2,25 – 4 dS/m	AGUA DE SALINIDAD ALTA: No es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede usarse ocasionalmente en circunstancias muy especiales. Los suelos deben ser permeables, el drenaje adecuado, debiendo aplicarse un exceso de agua para lograr un buen lavado; en este caso, se deben seleccionar cultivos altamente tolerantes a sales.
C₅ 4 – 6 dS/m	AGUA DE SALINIDAD MUY ALTA: Generalmente, no son apropiadas para riego. Deben usarse solamente en suelos de muy alta permeabilidad, con riego frecuente y cosechas de alta tolerancia para sales.
C₆ > 6 dS/m	AGUA DE SALINIDAD EXCESIVA: No se deben usar para riego.
S₁	AGUA BAJA EN SODIO: Puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No afectan las condiciones físicas de los suelos. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.
S₂	AGUA MEDIA EN SODIO: En suelos de textura fina el sodio representa un peligro considerable, alterando las condiciones físicas, más aún si dichos suelos poseen una alta capacidad de intercambio de cationes, especialmente bajo condiciones de lavado deficiente, a menos que el suelo contenga yeso. Estas aguas sólo pueden usarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad.
S₃	AGUA ALTA EN SODIO: Puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos, por lo que éstos necesitarán prácticas especiales de manejo, buen drenaje, fácil lavado y adiciones de materia orgánica. Los suelos yesíferos pueden no desarrollar niveles perjudiciales de sodio intercambiable cuando se riegan con este tipo de aguas. Puede requerirse el uso de mejoradores químicos como yeso o azufre para substituir al sodio intercambiable; sin embargo, tales mejoradores no serán económicos si se usan aguas de muy alta salinidad (C ₄).
S₄	AGUA MUY ALTA EN SODIO: Es inadecuada para riego, excepto cuando su salinidad es baja (C ₁) o media (C ₂) y cuando la disolución del calcio del suelo y la aplicación de yeso u otros mejoradores no hace antieconómico el empleo de esta clase de aguas.

Por otro lado la FAO, desarrolló su propia clasificación de aguas (Ayers y Wescot, 1987) en la que con la CE_w , el TDS y el RAS o bien mediante, la toxicidad de algunos iones se puede definir el grado de restricción de las aguas para el riego.

Tabla 21: Clasificación de aguas de riego (FAO).

Problema potencial	Parámetro	Unidad	Grado de restricción de uso		
			Ninguno	Leve a moderado	Severo
Salinidad	CE_w	dS/m	<0,7	0,7–3,0	>3,0
	TDS	mg/l	<450	450–2000	>2000
Infiltración	Valores de RAS		Valores de CE_w		
	0-3		>0,7	0,7–0,2	<0,2
	3-6		>1,2	1,2–0,3	<0,3
	6-12		>1,9	1,9–0,5	<0,5
	12-20		>2,9	2,9–1,3	<1,3
	20-40		>5,0	5,0–2,9	<2,9
Toxicidad específica	Sodio				
	Riego por inundación	RAS	<3,0	3,0–9,0	>9,0
	Riego por aspersión	meq/l	<3,0	>3,0	
	Cloro				
	Riego por inundación	meq/l	<4,0	4,0–10,0	>10,0
	Riego por aspersión	meq/l	<3,0	>3,0	
Efecto variado	Boro	mg/l	<0,7	0,7–3,0	>3,0
	Nitrógeno	mg/l	<5,0	5,0–30,0	>30,0
	Bicarbonato	meq/l	<1,5	1,5–8,5	>8,5
	pH		Rango normal 6,5-8,4		

Finalmente y también la FAO (Rhoades *et al.*, 1992) definieron las aguas basándose únicamente en la CE_w (tabla 22):

Tabla 22: Clasificación de aguas salinas (FAO).

Clase	CE_w (dS/m)	Tipo de agua
No salina	< 0, 7	Agua potable y de riego
Ligeramente salina	0,7 -2	Agua de riego
Moderadamente salina	2 - 10	Agua de drenaje y subterránea
Salina	10 - 25	Agua de drenaje y subterránea
Muy salina	25 - 45	Agua subterránea muy salina
Salmuera	> 45	Agua de mar

Otros parámetros o índices menos utilizados han sido desarrollados para clasificar las aguas Carbonato sódico residual (CSR), RAS_{adj} e índice de Scott entre otros.

2.2.- LA ALBUFERA DE VALENCIA

2.2.1.- Introducción

La Albufera de Valencia es un ecosistema único en el Levante Español por su riqueza en fauna, vegetación y paisaje, siendo uno de los entornos más antropizados debido al uso que el ser humano realiza sobre ella. Su nombre *Al buhera*, que en árabe significa el lago (Monblanch, 1960) o *Buhâira* según Roselló (1993) que significa “mar pequeña”, definen el principal espacio del parque; el estanque. Desde la época romana se tienen referencias de dicho entorno al encontrar ánforas romanas en el camino al Perelló, o cerámica Etrusca en la montanyeta dels Sants. Festo Rufo Avieno basándose en datos de autores griegos también hace referencia a la Albufera en uno de sus poemas de *Ora marítima* (siglo IV): “una laguna anacarada cerca de la ciudad Sicana (Sueca) con una isla intermedia donde crecen olivos y está dedicada a la diosa Minerva” (Hinojosa, 2011; Monblanch, 1960; Pérez, 2000). Por otro lado Plinio el Viejo (siglo I) en el tercer volumen de *Naturalis Historia* habla de “la existencia en la región de Edetania de un lago que se extiende ante ella y llega hasta Celtiberia”. No obstante es *Al-Sagundí* durante la ocupación musulmana quien introduce por primera vez el término Albufera en su *Risala o elogio del Islam Español* donde cita que “en esta región hay una célebre albufera llena de luz y brillantez cuyo reflejo del sol es tan resplandeciente que ofrece tanta luz a Valencia hasta el punto de caracterizarla por ella”, de ahí el “*lluent de l’Albufera*” que Sanchis (2001) cita en su texto.

Otros autores como el ilustre Botánico Cavanilles en su obra “Observaciones sobre la Historia Natural, geografía, agricultura, población y frutos del Reyno de Valencia” o los escritores Blasco Ibáñez y Joan Fuster en sus obras “Cañas y Barro” y “la Albufera” respectivamente también describieron dicho entorno desde ópticas muy variadas: sociología, vegetación, cultura, fisiografía, etc. El interés no podemos centrarlo sólo a nivel local si no que franceses como Barthélemy Joly entre 1903-1904 y Dess Essarts en 1659, o autores británicos también han dejado un legado escrito sobre las virtudes de la Albufera (Sala, 1999).

En este sentido la importancia de este paraje no pasó desapercibida para la realeza. Desde que Jaime I entrara a Valencia y la conquistara reservándose para sí la Albufera y su Devesa (caza, rentas por la extracción de pesca y sal, etc.) el resto de monarcas, tanto Austrias como Borbones, han disfrutado de su tenencia. Especial mención es la que podemos realizar sobre Carlos III que dictó unas reales ordenanzas para el buen régimen y uso de la Albufera de Valencia, donde se regulaba la explotación y disfrute del lago e incluían la caza general sin restricciones para aquél que quisiera dos días al año: El de San Martín Obispo y el de Santa Catalina Mártir. En 1911 la ciudad de Valencia por medio de la ley de cesión a la ciudad de la propiedad del lago y la Devesa, compra este paraje que sería entregado oficialmente por el rey Alfonso XII en 1927 a las autoridades de la época.

Declarada Parque natural por el Decreto 89/1986 de 8 de julio de 1986 de la Generalitat Valenciana (derogado y sustituido por el Decreto 71/1993 y modificado por D. 259/2004) se sitúa a 15 kilómetros aproximadamente al sur de la ciudad de Valencia ocupando una superficie total de 21.120 ha y localizándose entre los paralelos 39° 19' y 39° 22' de latitud norte y los meridianos 3° 18' y 3° 22' de longitud (figura 17).

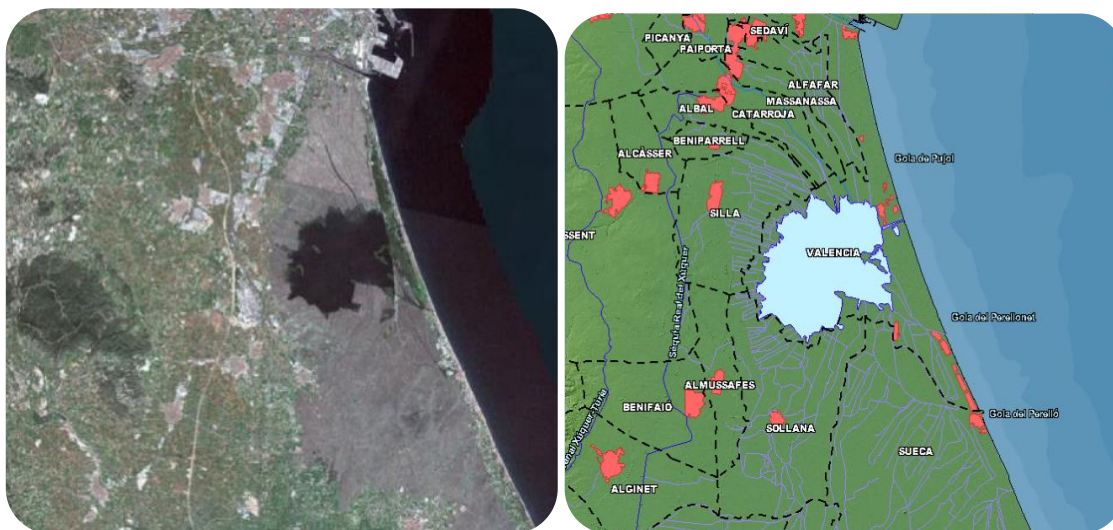


Figura 17: Vista aérea y límites municipales del Parque Natural.

Presenta varias figuras de protección que reconocen e intentan preservar la calidad ambiental de la zona. En 1989 fue reconocida como “Humedal de importancia Internacional” según la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional (RAMSAR) por su relevancia como hábitat de aves acuáticas. Además forma parte de la Red Natura 2000 al ser declarada como “Zona de especial protección de las Aves” (ZEPA) en 1990 y seleccionada como “Lugar de Importancia Comunitaria” (LIC) en 2001. Áreas específicas también han sido declaradas como “Microrreservas de Flora” y como “Reservas de Fauna” por su importancia.

Los términos municipales que abarca son por orden de superficie de ocupación: Sueca (34,4%), Valencia (27,8%), Sollana (12,8%), Cullera (6,5%), Silla (5,98%), Alfafar (3,3%), Catarroja (3,03%), Albalat de la Ribera (3,02%), Massanasa (1,81%) y Algemesí, Albal, Beniparrel y Sedaví en menos del (1%). El lago y un pequeño perímetro pertenecen íntegramente a la ciudad de Valencia, al igual que el bosque de la Devesa.

En el parque podemos destacar 4 ambientes (fotografías en anejo XIV):

1. La restinga arenosa con unas 3.300 ha aproximadamente y que se corresponde con el cordón litoral que recorre el Parque Natural de norte a sur y que se divide en cuatro sub-ambientes:
 - a. La playa.
 - b. El cordón de dunas sin prácticamente vegetación en primera línea de playa.

- c. Las malladas, que son depresiones del terreno interdunares en las que se produce encharcamiento estacional y que unido a la alta evaporación provocan una concentración de sales elevadísima.
 - d. El sistema dunar interno cubierto por un denso bosque de matorrales y pinos mediterráneos.
2. El marjal que es el ambiente con mayor extensión en el parque (15.000 ha aproximadamente) y que se corresponde con los terrenos circundantes al lago donde se cultiva el arroz. En él podemos encontrar 3 grandes sub-ambientes:
- a. El arrozal.
 - b. La huerta que circunda el arrozal.
 - c. Las acequias y *ullals*. Una extensa red de acequias, canales, regueros y escurridores por donde circula el agua hasta llegar al lago y los *ullals* que son surgencias naturales de agua dulce de buena calidad, que antaño la vegetación no podía colonizar porque la fuerza de la surgencia arrastraba el material suelto del fondo y quedaba reducido a gravas, donde manaban aguas dulces (Soria, 1993), y que hoy en día se encuentran colmatados en su mayoría.
3. El lago con una superficie de 2.800 ha es el principal ambiente en el que se estructura el ecosistema. En él encontramos dos sub-sistemas:
- a. La lámina de agua.
 - b. Las matas, que son pequeñas extensiones de terreno con vegetación que quedan descubiertas en función del nivel del lago.
4. El monte con unas 6,27 ha, es el ambiente de menor extensión en todo el parque y únicamente incluye la *montanyeta dels Sants*.

2.2.2.- Formación de la Albufera

En origen lo que actualmente conocemos como la Albufera era un golfo marino de gran extensión (Benet, 1983; Rosselló, 1995) que se fue cerrando durante todo el Holoceno por la deposición de sedimentos provenientes del río Turia (Sanjaume, 1974), aunque Marco (2010) concluye en su tesis doctoral que el cierre se produjo a principios del Holoceno y no durante todo él. Los sedimentos fueron depositándose como "*barrier island*" (Carmona y Ruiz, 1999) dando lugar a una estructura en forma de flecha, paralela a la costa por la acción de la corriente litoral oblicua a ésta. Mira (1906) concluye que la formación de la restinga se debe a una corriente litoral que nace desde el estrecho de Gibraltar hacia el mediterráneo, pero la realidad es que las tesis actuales defienden un crecimiento de la flecha en dirección norte-sur. La acumulación de los sedimentos arrastrados por la corriente marina en la zona sur del golfo generó la creación de otra flecha de crecimiento inverso (sur-norte), dando lugar así a la unión de ambas y al cierre de la restinga.

Hace 6.000 años aproximadamente (6.250 ± 40 años, según Santisteban *et al.*, (2009)), se calcula comenzó a formarse dicha restinga que se cerró hace 3.000 años, dando lugar a un lago salado separado del mar según un estudio del CEDEX de 1971 (Tysa, 2005). No obstante la unión de las flechas litorales no fue exacta y el lago siempre ha tenido una salida al mar que le permitía mantener su carácter salino. Esta salida se situaría como se observa en los mapas realizados por ilustradores flamencos entre el Perelló y el Mareny de Barraquetes (figura 18) con una amplitud de unos 200 metros (Sanchis, 2001).



Figura 18: Albufera de Valencia en el siglo XVII (Mercator y Hondius, 1632).

En tiempos romanos se describía la laguna con una superficie de 30.000 ha., pero tras un progresivo proceso de colmatación debido al aporte de materiales procedentes de los ríos Turia y Júcar en sus crecidas, su reducción ha sido constante. En este sentido y para calcular las tasas de sedimentación y colmatación natural del vaso se realizaron varios estudios que auguraban una colmatación total del lago para los años 2020-2025, y que hoy en día parece prácticamente imposible (Sanjaume y Pardo, 1999). Desde las 20.000 ha a finales del siglo XI se pasó a 10.500 ha en 1632 (Roselló, 1995) y a las 8.100 a mediados del siglo XIX en el que se utilizaba el lago como canal de comunicación para transportar en barcos a Valencia, arroz y otros frutos de Cullera, Sueca, Sollana y demás pueblos de alrededor (Mesonero, 1838). En 1903 la superficie ocupada era de 3.391 ha (figura 19 y tabla 23) y el valor real en la actualidad, frente a los 2.800-3.000 ha oficiales (CITMA, 2012; CMA, 2006), varias investigaciones lo cifran en 2.320 ha (Caselles *et al.*, 1986) o 2.350 ha (CEDEX, 2007).

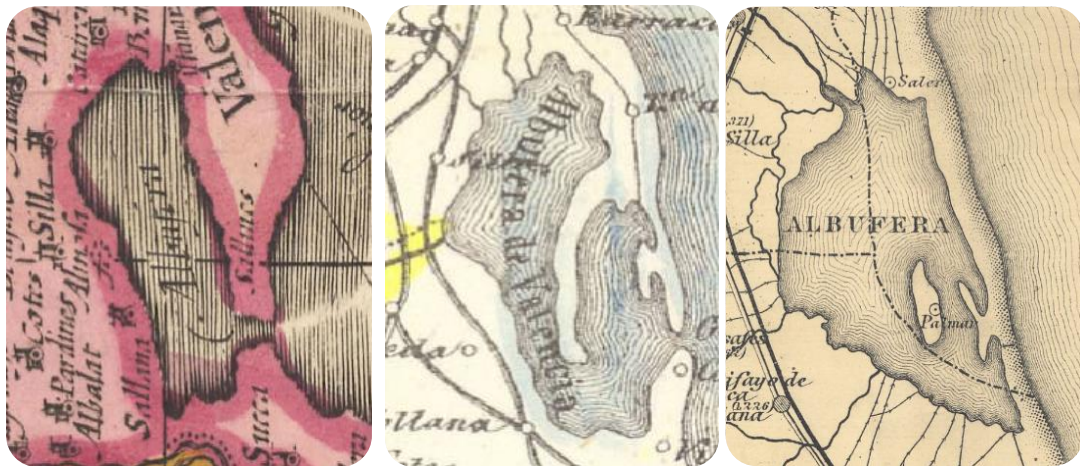


Figura 19: Detalles de la cartografía del lago en 1709 (Hondinus, 1709); 1852 (Millana y Cuaranta, 1852) y 1883 (De Miquel y Fernández, 1883).

Tabla 23: Evolución superficie del lago.

Año	Superficie lago (ha)
1632	10.500
1761	8.500
1863	8.190
1898	5.090
1903	3.391
1926	3.114
1983	2.837
Actualidad	2.517

Fuente: Tysa (2005).

Es de destacar el retroceso de superficie del lago producido a finales del siglo XIX (figura 20) y principios del XX, principalmente por el proceso de aterramiento llevado a cabo por los agricultores de la zona que ganaban tierras cultivables en detrimento de la superficie del lago (López y Olmos, 1986; Olmos, 1983).

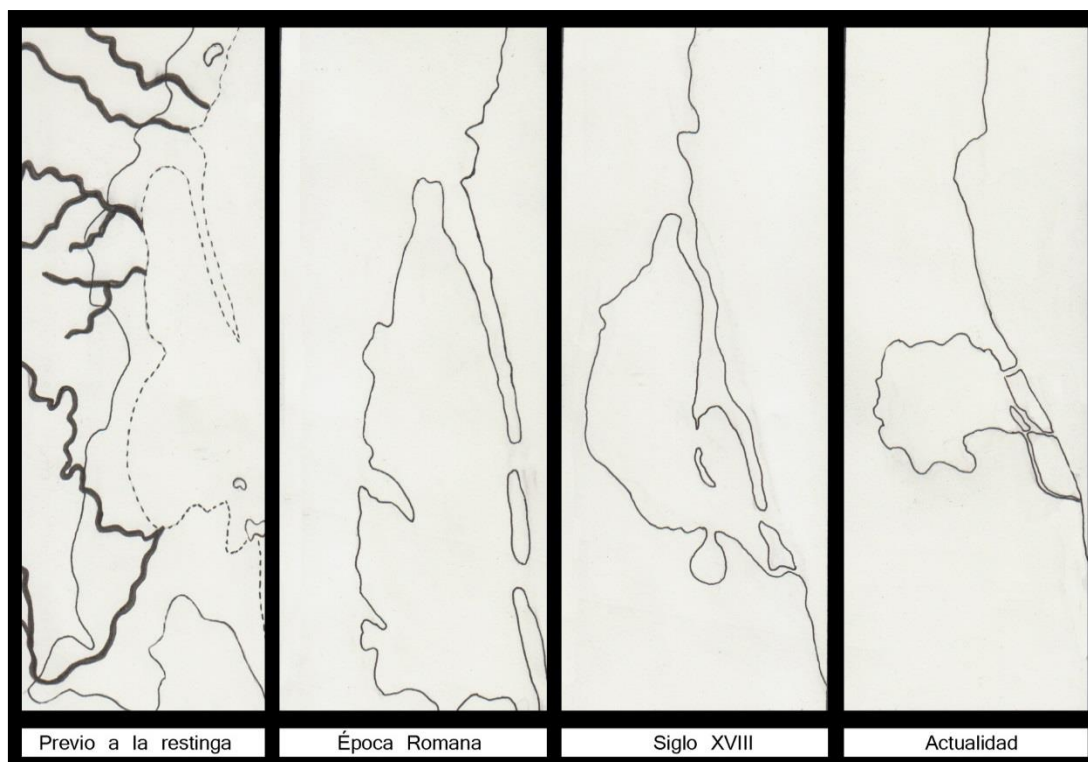


Figura 20: Evolución de la superficie del lago de la Albufera de Valencia. Reproducción del proceso realizado por Tysa (2005).

La situación actual del lago viene influenciada por el factor antrópico destacando la existencia de 3 golas de desalajo de agua hacia el mar construidas con el objetivo de controlar el nivel del lago y poder así cultivar el arroz sin problemas (figura 21).



Figura 21: Gola de Pujol y situación de las 3 golas.

Por otro lado y en cuanto al carácter dulce del lago en la actualidad, hemos de señalar que el inicio de la transformación de las aguas saladas a dulces parece ser que se produjo durante la época árabe con el desarrollo de los sistemas de regadíos. No obstante la restinga litoral

disminuyó la comunicación entre el lago y el mar, por lo que el agua marina se redujo y aumentaron los aportes dulces por riego y tomaron más importancia los *ullals*. Las salinas existentes en la cartografía del siglo XVI (figura 22) han sido una clara prueba de la existencia de este carácter salino del entorno, gracias a las vistas de Van den Wingaerde (figura 23) se localizaban según Roselló (1987) en la zona de Racó de L'Olla (Sanchis, 2007). Su desaparición está relacionada según algunos autores con la pérdida de ese carácter salino del lago. Hasta finales del siglo XVI la Albufera mantuvo una salinidad igual a la del mar pero tras colmatar con sedimentos la Gola del Rey mediante las paradas de pesca según el catedrático en hidrología por la Universidad Politécnica de Valencia, Juan B. Marco (Pérez, 2011), se impidió la entrada de agua marina dentro del lago dando lugar a su desalinización a partir del siglo XVII (Margalef y Mir, 1973) y convirtiéndola en un lago oligohalino (Villena, 2007). No obstante Marco (2010) concluye que la desalinización del lago se sitúa a finales del siglo XIX con la expansión del cultivo del arroz y no en épocas anteriores como cita la gran mayoría de los estudios previos. Esta hipótesis junto a la de que durante todo el Holoceno el lago no estuvo abierto al mar se basa en el estudio en su tesis doctoral de un ostrácodo como el mejor bioindicador ambiental del cambio salino.



Figura 22: Detalle de les “Salines” de la Albufera de Valencia (Ortelius, 1584).



Figura 23: Detalle de les “Salines” dibujadas por Van den Wingaerde.

2.2.3.- Geología y Geomorfología

La Albufera de Valencia, situada en una plana aluvial comprendida en el interfluvio de los ríos Turia al norte y Júcar al sur, se dispone sobre materiales cuaternarios depositados en ambientes de transición entre medios continentales y marinos (Duran *et al.*, 2005). Geológicamente el Parque Natural se caracteriza por ser una zona deprimida sedimentaria subsidente encuadrada en la depresión litoral del golfo de Valencia, mientras que la cuenca hidrográfica colindante se encuadra en las estribaciones orientales de la cordillera Ibérica en la parte norte y en las estribaciones de la cordillera Subbética en la sur.

Los materiales depositados siguen un patrón característico a lo largo de todo el parque destacando los limos como principal material. Todos los materiales (figura 24) son del Cuaternario (Holoceno), exceptuando la “*Muntanyeta dels Sants*” cuyos materiales pertenecen al Cretácico Superior (IGME, 1974). Los limos pardos arenosos son los materiales de origen continental-marino que separan los limos fluviales de inundación en la zona interior, de los limos grises y negros que se asientan sobre el marjal y se caracterizan por su poca variabilidad y su edad reciente de formación (GVA, 1990). La presencia de arcillas y limos, así como la escasa proporción de arena, el aumento en restos vegetales desde las zonas más profundas del suelo hacia la superficie, la desaparición en profundidad de conchas, y la disminución del contenido en arcillas, definen el proceso de transformación de un medio salobre a otro dulceacuícola (Sanjaume *et al.*, 1992). En la zona sur encontramos limos pardos arenosos oscuros y limos pardos arcillosos fluviales (IGME, 1980) con cantos rodados de río que se encuentran, éstos últimos, bordeando el cauce del Júcar. Moliner (1982) define la zona de marjal como un área de relleno de materiales Cuaternarios aportados por los ríos Júcar y Turia procedentes de las zonas altas de la cuenca.

En relación a los materiales del cordón litoral o restinga, señalar que tras la secuencia de limos encontramos materiales arenosos. La turmalina, la augita, la andalucita y los carbonatos son los minerales más abundantes en el cordón dunar (Sanjaume, 1974). La formación dunar está conformada por las arenas de la playa y tres cordones dunares separados por un surco interdunar que corresponde a la restinga primitiva. Es en este cordón dunar donde aflora el nivel freático y actualmente se están depositando limos arenosos grises. Las dunas fijas, colindantes con el marjal y las dunas móviles sin fijar adyacentes a la playa son los dos cordones dunares que envuelven el surco.

Por último hay que destacar el afloramiento rocoso ibérico que aparece al sur del Parque Natural y que es conocido como la “*Muntanyeta dels sants*”. Perteneciente a las edades del Turoniense y Cenomaniense (Cretácico superior) encontramos una combinación de dolomías blancas y amarillentas con un espesor comprendido entre 0,5 y 3 m, y dolomías arcillosas o margas dolomitizadas amarillentas de 0,2 – 1 m de espesor.

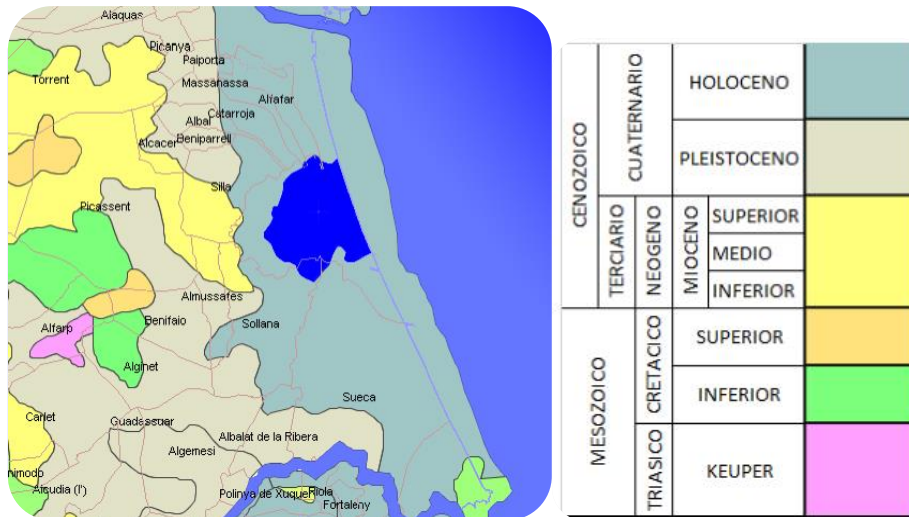


Figura 24: Mapa materiales geológicos (Fuente IGME).

2.2.4.- Hidrogeología

El Parque Natural se ubica sobre el sistema hidrogeológico Plana de Valencia con una extensión aproximada de 1.200 Km² (MIE, 1977; 1981) y que tras revisiones científicas fue dividido en dos subsistemas (Plana Norte y Plana Sur) y reducida su área a 890.67 km² (IGME, 2013a) aunque en otras publicaciones señalen una superficie de 879,56 km² (IGME, 2007; 2010). Los terrenos ocupados se encuentran por debajo de 100 m.s.n.m y presentan poca pendiente, lo que facilita la infiltración. Los límites de esta unidad hidrogeológica se encuentran abiertos, manteniendo una relación hídrica constante con los acuíferos calcáreos colindantes (U.H.52, 53 y 56), y con los ríos Júcar y Turia y el Mar Mediterráneo.

El acuífero bicapa está integrado por dos niveles permeables (Casas *et al.*, 1988) y se compone de niveles detríticos cuaternarios y arenas miocenas (Duran *et al.*, 2005). El tramo superior se forma por una alternancia de arenas y gravas cuaternarias intercaladas en una formación limo-arcillosa que alcanza como máximo un espesor de 200 metros y se sitúa en el Pliocuaternario, mientras que el tramo inferior con un espesor superior máximo de 600 metros actúa como substrato impermeable del acuífero superior. Este tramo tiene una transmisividad menor y está constituido por detritos con areniscas, calcarenitas y calizas bioclásticas, mezclado con una formación margo-arcillosa del Mioceno.

El parque Natural de la Albufera ocupa un 23,4% de la superficie de toda la Unidad Hidrogeológica Plana de Valencia (133,573 km² en la U.H. Plana Sur y 74,729 km² en U.H. Plana Norte) y su recarga se realiza por lluvia directa, por los acuíferos colindantes y por los retornos del agua de riego con una dirección de flujo Oeste-Este. Estos retornos y la infiltración suponen el 80% de la recarga del acuífero (Ballesteros, 2001b; Duran *et al.*, 2005).

2.2.5.- Hidrología

Posiblemente la hidrología y la calidad de las aguas sean los aspectos más estudiados del Parque Natural pues su investigación, control y conservación mediante modelaciones e interpolaciones ha sido la prioridad para los gestores ambientales del entorno, al ser el agua el actor vertebrador del humedal.

El lago de la Albufera recibe aportes hídricos procedentes de una cuenca hidrológica propia que tiene una superficie de 831,86 Km² (Marco, 2007b; UC y UPV, 2006) (tabla 24). No obstante otros autores la amplían hasta 917,1 Km² (Alonso, 1982) aunque el valor correcto es el primero. El barranco del Poyo o Torrent es el que mayor superficie de aporte presenta (414,73 Km²), estando fuertemente abancalado en cabecera y antropizado en toda su extensión. Se caracteriza por una alta capacidad de infiltración y un relieve suave, además de un régimen intermitente de aportes (Roselló, 1995). Este carácter intermitente provoca que en épocas de lluvias los caudales superficiales sean bastante importantes (Soria y Vicente, 2002).

Tabla 24: Superficies de las cuencas vertientes al Parque Natural.

Cuenca	Superficie (Km ²)
Rambla del Poyo	414,73
Barranco de Picassent	81,04
Barranco de Cotes	44,31
Barranco dels Algadins	44,25
Cuenca acequia Overa	41,14
Barranco del Tramuser	40,13
Ac. Ravisanxo	38,66
Barranco de Catarroja	29,5
Lago de la Albufera	24,08
Cuenca oeste de la Albufera	23,02
Barranco de la Belenguera	17,67
Barranco/Acequia de Foia	13,52
Barranco de Silla	13,06
Barranco de Albudor	6,75
TOTAL	831,86

Fuente: Marco (2007b) y UC y UPV (2006).

La procedencia de las aguas de dichas cuencas es muy diversa: escorrentías naturales, precipitaciones directas, aportaciones subterráneas, aguas residuales depuradas y aguas sobrantes de riego (Soria y Vicente, 2002). Es de destacar en este apartado el aporte de aguas de buena calidad ofrecidas por los "ullals", que antaño mantenían el buen estado ecológico de la laguna pero que en la actualidad, excepto los recuperados y conservados, se encuentran aterrados.

El régimen hídrico en el Parque Natural claramente está influenciado por el regadío. Desde su introducción en el siglo IX, con la construcción del sistema de acequias del Turia por el Norte y la construcción posteriormente en el siglo XIII por el Sur del primer tramo de la Acequia Real, se ha definido y marcado el régimen hídrico del humedal. Con la ampliación de los riegos de Cullera y Sueca y la construcción del segundo tramo de la Acequia Real en el siglo XVIII, además de la expansión del cultivo del arroz, se duplicó y triplicó el uso del agua de riego en la zona. De este modo entre 1577 y 1761, el regadío aparece como el agente de cambio ambiental en el ecosistema (Sanchis, 2007). Estos cambios en la hidrología han provocado que el sistema Albufera se haya ido ajustando en base a un balance hídrico natural que desde los años 70 está en pleno cambio debido a la reducción de aportes. Con menos aportes y la misma precipitación y evapotranspiración nos encontramos con un problema hídrico que se debe de tener en consideración y gestionar adecuadamente.

Esta preocupación sobre el régimen hídrico ha sido constante si nos atenemos a la gran cantidad de estudios realizados. En los trabajos de Dafaue (1975), Alonso (1982), el Plan especial de la Albufera en 1990, Soria y Vicente (2002) o el Estudio para el desarrollo sostenible de la Albufera (2005) se ha estimado el balance hídrico del parque ofreciendo valores muy dispares. Posteriormente en un trabajo conjunto entre la Universidad de Cantabria y la Universidad Politécnica de Valencia (2006) se abordó un estudio integral del sistema hidráulico Júcar-Albufera, estimando las entradas y salidas en el Parque Natural en 566,4 hm³/año y para el lago en 294 hm³/año, señalando los pros y contras de todos los estudios anteriormente señalados. Oficialmente el Plan Hidrológico de Cuenca del Júcar en su apartado C, punto 21 dice que las necesidades hídricas del P.N de la Albufera son de 100 hm³/año, volumen insuficiente según Vicente (2011) para mantener el buen estado ecológico del parque y es concordante con lo que concluye Angarita (2010) que dice que con esta cantidad y a juzgar por el estado trófico y la tasa de renovación del lago, parece suficiente para mantener el estado actual pero no para mejorarlo. En este sentido, ambos defienden que es necesario que la Albufera reciba aportes suficientes de aguas de buena calidad para que recupere su estado trófico inicial.

Las aportaciones superficiales se producen, excepto en los casos de lluvias intensas, por medio de la extensa red de acequias que se extiende por todo el Parque Natural (figura 25a), siendo la procedencia de las aguas el Júcar (caso de los sectores de riego de la Acequia Real del Júcar o Sueca), el Turia (caso de los sectores de Favara, Faitanar y Oro) y el propio lago (sector *tancats*) (figura 25b).

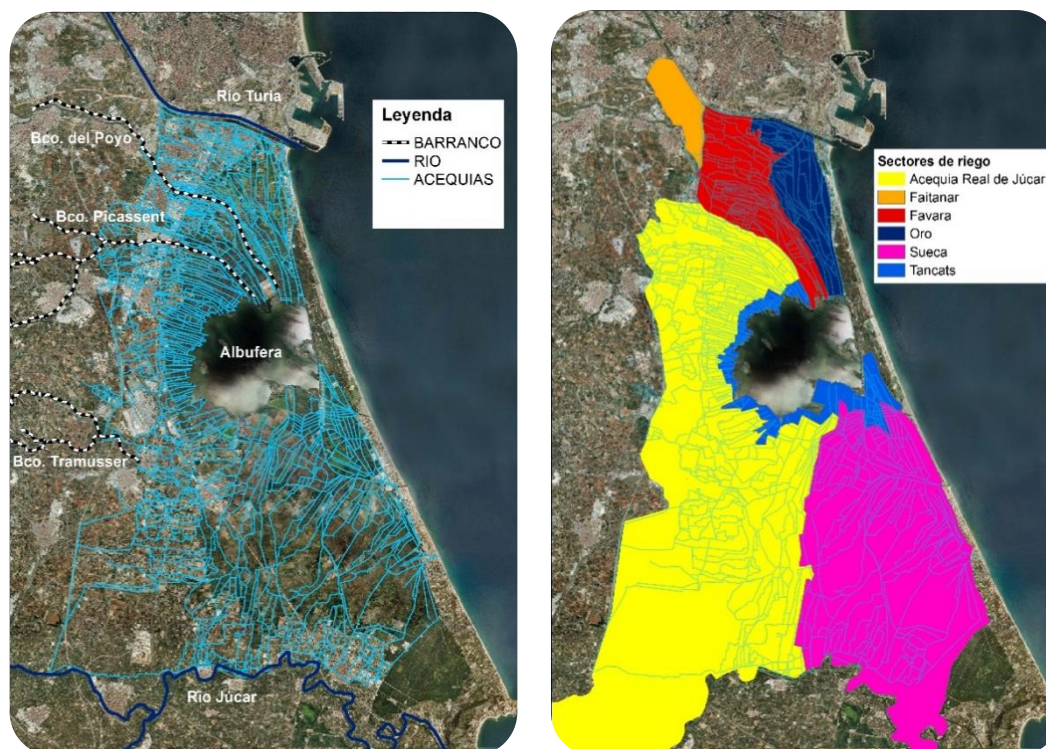


Figura 25: a) Red de acequias y drenaje b) Sectores de riego.

Desde que en 1650 se iniciara la transformación de la marjal en arrozal (GVA, 2002) el cultivo del arroz ha sido el principal factor regulador del régimen hídrico del parque. Para ello se creó la Junta de Desagüe el 20 de julio de 1862. Ella es la encargada de promover y ejecutar el desagüe de l'Albufera regulando el nivel de las aguas necesario para el cultivo del arroz. El control se lleva a cabo por medio de "*les goles*" o golas, siendo la del Perelló la más antigua y la que coincide con la salida natural de l'Albufera (Roselló, 1995). En 1870 comienza la construcción del canal del tesoro o Gola del Perellonet, y en 1953 comienza la Gola Nova del Pujol, la tercera de las existentes, siguiendo el trazado de la antigua acequia del mismo nombre. El cierre de las compuertas instaladas en estas golas permite el aumento del nivel de las aguas en el lago, y es controlado por la Junta Reguladora en función de las necesidades del cultivo.

Habitualmente a principios de enero se abren las compuertas facilitando el vaciado de las parcelas tras el período de inundación (fotografías en anejo XIV). Una vez los campos están libres de la lámina de agua, se comienzan a preparar para el cultivo, siendo éste el momento de menor cota de agua en el lago. A principios de mayo y para la siembra del arroz se vuelven a inundar los campos al cerrar las compuertas, manteniéndose el nivel elevado durante todo el ciclo. Únicamente en junio y julio se producen *els eixugons* o secados del terreno para realizar el abonado y el tratamiento fitosanitario. Posteriormente en septiembre las compuertas se vuelven a abrir para poder cosechar el arroz. Una vez recolectado, en noviembre se cierran de nuevo las compuertas hasta enero, dando lugar a que el lago alcance los máximos niveles de agua (50-60 cm sobre los valores de registro en el ciclo del cultivo). A este proceso se le conoce como *la*

Perelloná, y supone el aumento de la superficie del lago que vuelve a revertirse con la apertura de nuevo de las compuertas en enero.

Todo este movimiento de aguas es posible gracias a los excedentes agrícolas de la comarca de *L’Horta Sud* por la zona norte y de la *Ribera Baixa* del Júcar por el sur, pero la calidad de estas aguas ha sido alterada en muchas ocasiones por los vertidos urbanos e industriales cuyo descenso fue significativo a partir de 1992 con la puesta en marcha del Plan Director de Saneamiento de la Comunidad Valenciana (CHJ, 2003). Todo ello ha provocado la contaminación puntual de forma irreversible en algunos casos (García, 1979; Pernía *et al.*, 1996). Según Primo *et al.* (1975) el espectacular crecimiento demográfico circundante al lago ha sido el detonante de esta situación. Por otro lado, la pérdida de calidad de las aguas consecuencia de la aplicación de herbicidas y pesticidas también ha sido una de las causas principales del deterioro ambiental y la pérdida de especies vegetales y animales en el lago (Carrasco *et al.*, 1972; Gómez de Barreda *et al.*, 2002; Roselló, 1982; Tarazona *et al.*, 2003).

La agricultura es a la vez que básica para la subsistencia del humedal uno de los responsables de la pérdida de la calidad del agua. En la actualidad uno de los principales problemas en cuanto a la calidad de las aguas es el rastrojo de la paja del arroz, puesto que en base al cumplimiento de los compromisos adquiridos dentro de la medida agroambiental de cultivo sostenible del arroz (Reglamento 1698/2005 y 1974/2006), se prohíbe su tradicional quema. Debido a su descomposición en el suelo se contaminan las aguas, emitiendo malos olores (metano) y aumentando la mortandad de peces (al disminuir la concentración de oxígeno) acumulándose aguas negras sobre los campos de arroz (figura 26). En la memoria Técnica del Parque de 2010, el panel de expertos que redactaron el informe relativo a “la problemática del tratamiento y gestión de los rastrojos resultantes del cultivo del arroz en el Parque Natural de la Albufera de Valencia” concluyó que la mejor opción era una quema controlada de éstos (CMAAUV, 2010b).



Figura 26: Efectos de la descomposición de la paja del arroz.

Hasta principios de los años 60 la Albufera era una laguna de aguas limpias dotada de una gran diversidad biológica, pero en la década de los 70, con el crecimiento del asentamiento urbano y de la industrialización por un lado, y por otro las agresivas prácticas agrarias que se han ido sucediendo con el tiempo, produjeron el deterioro de sus aguas, pasando de un sistema oligotrófico (hasta los años 60) a eutrófico (década de los 70) para encontrarse actualmente dentro de la clasificación de sistema hipertrófico (Soria *et al.*, 1987; Villena, 2007).

En referencia a los parámetros analíticos de las aguas, podemos decir que la Confederación Hidrográfica del Júcar dispone de una red de control biológica de 10 puntos dentro del parque, y un punto de control fisicoquímico en la gola de Pujol, donde se analizan datos de: O₂ disuelto, pH, conductividad eléctrica, temperatura, turbidez, clorofila α y ficocianina (datos disponibles en CHJ (2013)). También aparecen datos no sistemáticos sobre conductividad eléctrica, fósforo, nitrógeno, pH, materia orgánica, clorofila, etc., en otros estudios realizados dentro del ámbito del Parque (Ajuntament de Valencia, 2013; Boira, 2012; CMA, 2001; Durán *et al.*, 2005; Santander, 2007; Tysa, 2005)

2.2.6.- Climatología

El Parque Natural de la Albufera de Valencia dispone a su alrededor de una amplia red de estaciones dependientes de la Agencia Española de Meteorología (AEMET) y del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) (figura 27).



Figura 27: Red de estaciones termo-pluviométricas oficiales.

Su clasificación climática resulta de su posición geográfica donde destacan como características principales su entorno sin elevaciones, su enclave en un área de transición entre el mar y las formaciones montañosas litorales, y una orientación que permite la penetración de vientos marinos. Esta característica, junto con la elevada evaporación define el clima Mediterráneo de la llanura litoral, con inviernos suaves y veranos calurosos y secos. Estos aspectos ya eran referidos por García (1921) que definía el clima de la dehesa como de “*veranos ardientes y secos, prolongándose muchas veces la sequía estival de un modo inusitado, hasta el punto de haberse presentado años que no llovió hasta finales de noviembre y aun a principios de diciembre; pareciendo muchas plantas por la falta de humedad y dificultando, además, las siembras y plantaciones de otoño...*”

.... En el resto del año llueve abundantemente, pero son frecuentes los vientos de Levante, de dañosos efectos sobre las especies repobladas, pues las gotitas de agua que llevan sales marinas se depositan en las hojas y tallos tiernos destruyéndolos o bien secando la guía terminal”.

Los climodiagramas de dos de las estaciones de la zona (figura 28) reflejan el carácter semiárido del sudeste de la península Ibérica (Armas *et al.*, 2011). Las temperaturas suelen ser homogéneas durante el año, aunque existe una marcada diferencia estacional, siendo el verano el periodo más caluroso con una temperatura media de 24-25 °C y un periodo seco de tres meses y medio. La temperatura media anual ronda los 17-18 °C pero su amplitud térmica es destacable, llegando a alcanzar un valor mínimo absoluto de -5.9 °C y un máximo absoluto de 43.4 °C. Durante el invierno la temperatura media es de 10 °C, presentando una estación muy suave sin grandes altibajos.

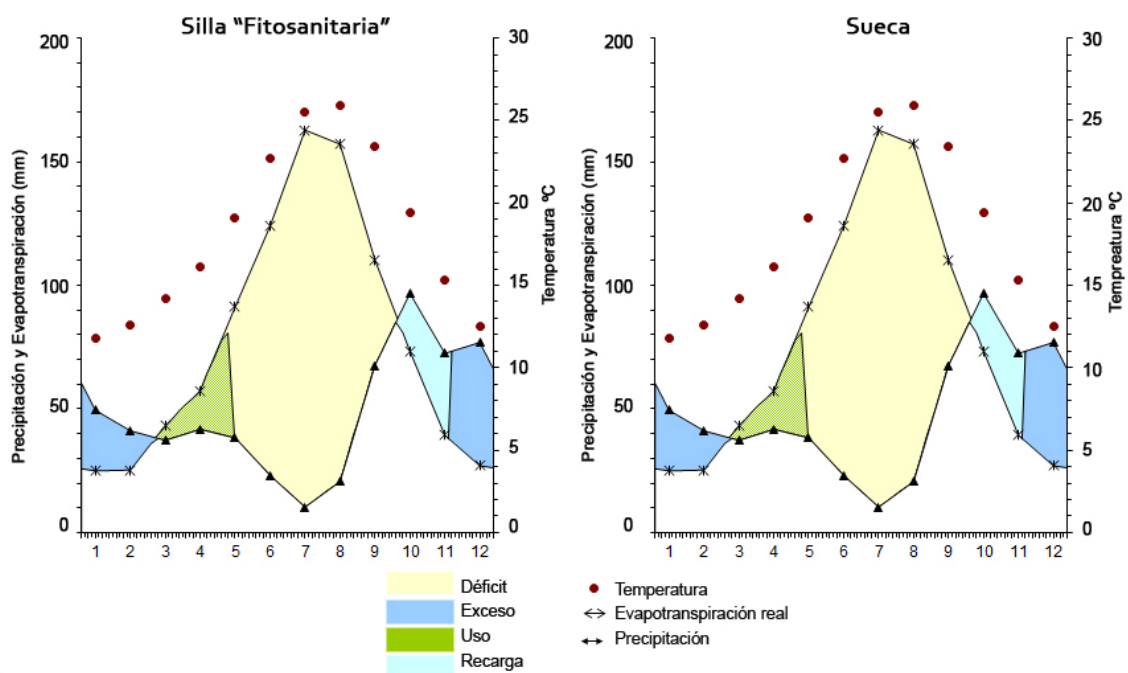


Figura 28: Climodiagramas de las estaciones de Silla y Sueca (Fuente: AEMET (2013)).

La lluvia tiene una marcada disposición estacional siendo en invierno, primavera y verano cuando menos aportes se producen (valores inferiores a 40 mm). El pico de lluvias lo encontramos en otoño con valores cercanos a 80 mm, siendo la precipitación anual (P) de unos 550 mm de media. La evapotranspiración (EVT) es otro de los parámetros climáticos a destacar, puesto que durante el periodo de primavera, verano y otoño se produce una situación de déficit hídrico que se subsana con las lluvias a mediados de otoño, disponiéndose 4 meses más de exceso de agua para a mitad de febrero comenzar a sufrir situaciones de déficit, tras el uso de las reservas. Este fenómeno se ve acrecentado por la extensa lámina de agua que se extiende por todo el parque durante los meses de verano. Por estas razones podemos decir que la zona presenta un déficit hídrico durante la gran mayoría del año.

Por otra parte, son de destacar los vientos costeros que azotan el Parque Natural, afectando tanto al desarrollo de la vegetación como al nivel de humedad ambiental. Mientras los vientos son suaves y constantes no se producen problemas de abrasión y únicamente las fuertes rachas de viento pueden generar problemas de erosión y arrastre de partículas sólidas.

Para estudiar este factor se cuenta con datos de la red de estaciones meteorológicas del IVIA (IVIA, 2013), observándose que la velocidad media del viento durante todo el año no supera los 5 Km/h (figura 29). No obstante hay registros de rachas de 61 Km/h de máximo. Las máximas rachas de viento se producen en otoño y primavera y el sentido de su dirección es principalmente de Este a Oeste o de Este a Nordeste.

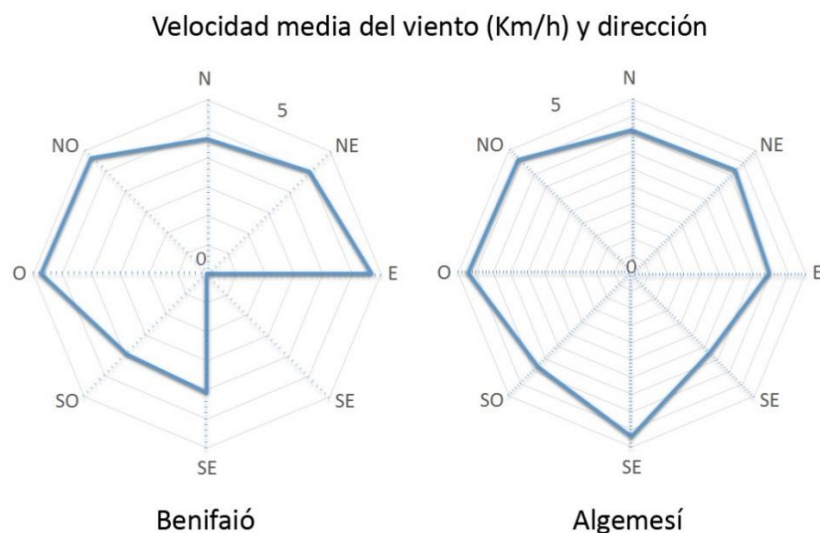


Figura 29: Rosa de viento de Benifaió y Algemesí.

Otras clasificaciones y regímenes:

- Según Köppen: Csa, templado con verano seco y caluroso (mediterráneo).
- Según Thornwhite: DdB'2a, semiárido, sin excesos de agua, mesotérmico y con baja concentración estival de la eficacia térmica.
- Según clasificación bioclimática: Templado cálido con invierno cálido y meso-mediterráneo atenuado.
- Régimen de humedad: Xérico .
- Régimen de Temperatura: Térmico.

2.2.7.- Vegetación

La flora y la vegetación que cabría esperar al visitar este espacio sería la estrictamente acuática, sin embargo el parque incluye también otros hábitats muy diferentes como las formaciones dunares, los matorrales mediterráneos, e incluso bosques de pino carrasco (Araujo *et al.*, 2007). “*Juncos, carrizo y enea en el lago, y pinos formando masas considerables sin mucha elevación: sauces, lentisco, torvisco y zarzaparrilla común en la dehesa*” fue la vegetación del Parque Natural que Cavanilles (1795) describió en “*los pueblos hasta Catarroja y cercanía de Valencia y la Ribera del Xucar y Tierras de Arroz*”. Claramente estaba distinguiendo tres de los ambientes anteriormente citados: el marjal, la restinga y la Devesa. En el Parque podemos diferenciar 3 tipos de comunidades vegetales, con más de 800 especies de plantas que se suceden de manera ordenada desde la zona de playa hasta el marjal y las zonas de huerta (figura 30).

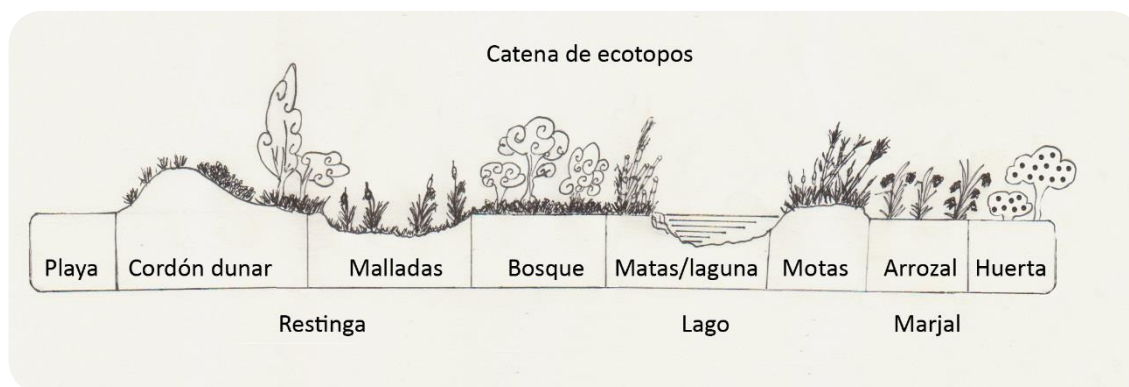


Figura 30: Sucesión vegetal en el Parque Natural.

Vegetación psamofila

Este tipo de vegetación está presente en todo el cordón dunar de la restinga (dunas pioneras, móviles, semifijas y estabilizadas) y ha sido la más perjudicada por la acción humana, pues con el proceso de urbanización y construcción del paseo marítimo durante los años 70-80 se destruyeron espacios naturales con un alto valor botánico en el Mediterráneo Español (Costa y

Mansanet, 1981). La posterior restauración se comenzó a realizar en 1988 mediante el proyecto LIFE de Restauración de dunas litorales de Devesa de la Albufera de Valencia en el que tras reconstruir y fijar el primer cordón de dunas, se revegetó con especies autóctonas (LIFE, 2012). Estas dunas más cercanas al mar presentan plantas resistentes a la acción abrasiva de las partículas de arena y a la salinidad propia de la zona, siendo mayor su desarrollo en la zona media y alta pues la parte más baja de estas dunas tiene muy poca estabilidad. Especies como *Agropyrum junceum* (Ilistó marí), *Elymus factus* (gramínea de rizoma fuerte y reptante) *Echinophora spinosa*, *Calystegia soldanella* y *Sporobolus pungeus* son las encargadas de colonizar las dunas pioneras (Navarro, 2001; Roselló, 1995).

A continuación encontramos las dunas móviles, con una mayor densidad de vegetación favorecida por la protección del primer cordón dunar. Especies como *borró* (*Ammophila arenaria*), *Echinophora spinosa*, *Medicago marina*, *Lotus creticus*, *Euphorbia paralis*, *Pancratium maritimum* y *Otanthus maritimus*, junto a especies nitrófilas favorecidas por la acción humana como *Cakile marítima* y *Salsola kali*, conforman la vegetación típica entre la zona de playa y la maquia litoral presente en las dunas más consolidadas.

Posteriormente aparece una zona de transición en la que conviven plantas típicas de las dunas litorales y las de matorral mediterráneo, apareciendo ejemplares de *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa* cuya representación es puntual en el parque debido a su elevada degradación en todo el litoral (Gómez-Serrano *et al.*, 2009). En esta zona podemos encontrar abundancia de plantas leñosas de pequeña talla que precederán a la vegetación forestal asentada en las dunas estabilizadas. La existencia de especies como *Crucianella maritima*, *Helichrysum stoechas*, *Teucrium dunese*, *Ononix natrix* y *Malcomia littorea*, *Halimium halimifolium* en zonas de transición nos indica un mayor desarrollo del perfil del suelo.

Tras esta área de transición encontramos una maquia litoral y un estrato arbóreo denso de *Pinus halepensis*, *Pinus pinea* y *Pinus pinaster* con matorral formado por lentisco (*Pistacea lentiscus*), falso aladierno (*Phillyrea angustifolia*), palmito (*Chamaerops humilis*), coscoja (*Quercus coccifera*), espino negro (*Rhamnus oleoides*), aladierno (*Rhamnus alaternus*) *ginestó* (*Osyris quadripartita* Salzm), así como zarzaparrilla (*Smilax aspera*), madre selva (*Lonicera implexa*), *Clematis flámula*, *Erica multiflora*, *Cistus clusii*, *Cistus salvifolius* L, *Fumana thymifolia* y *Coronilla minima* siendo estas últimas muy abundantes en el estrato inferior de la zona de matorral y bosque (figura 31). En las pequeñas depresiones encontramos esparreguera (*Asparagus Acutifolius*) y murta (*Myrtus comunis*) pues éstas precisan de la cercanía de la capa freática (Figuerola y González, 1984).



Figura 31: Bosque de la Devesa.

Es esta franja la que mejor se ha conservado, si exceptuamos la superficie incendiada, y la evidencia de este estado de conservación es la descripción que Blasco Ibáñez (1902) dibuja en la mente del lector al leer como *Neleta* y *Tonet* disfrutaban de la Devesa mientras *Sangonereta* buscaba algo para llevarse a la boca:

“La Dehesa estaba florida y perfumada como un jardín. Los matorrales, bajo la caricia de un sol que parecía de verano, recubrían de flores, y por encima de ellos brillaban los insectos como botones de oro, aleteando con sordo zumbido. Los pinos, retorcidos y seculares, se movían con majestuoso rumor, y bajo las bóvedas que formaban sus copas se extendía una dulce penumbra semejante a las de las naves de una catedral inmensa. De cuando en cuando, al través de dos troncos se filtraba un rayo de sol como si se tratase de un ventanal...”

...Marchaban de sorpresa en sorpresa. Neleta, con sus instintos de hembra desea hermosearse en vez de buscar leña seca cortaba ramas de mirto blandiéndolas sobre su cabeza despeinada. Después formaba ramos de menta y de otras hierbas olorosas cubiertas de florecillas, que la trastornaban con su picante perfume. Tonet cogía campanillas silvestres, y, formaba una corona, la colocaba sobre los alborotados pelos de su amiga, riendo al ver como se semejaba a las cabecitas pintadas en los altares del Palmar. Sangonereta movía el hocico de parásito buscando algo aprovechable en aquella Naturaleza tan esplendorosa y perfumada. Se tragaba los racimos rojos de cerecitas de pastor, y con una fuerza que únicamente podía sacar a impulsos del estómago, arrancaba los palmitos de la tierra, buscando el margalló, el amargo troncho entre cuyas envolturas encontraba las tiernas hijuelas de dulce sabor...”

Vegetación halófila

La vegetación halófila es aquella que se ubica en zonas húmedas encharcadas con aguas con gran concentración de sales las cuales dejan en la superficie del suelo tras evaporarse en los periodos secos (GVA, 1996). Este tipo de vegetación se da de forma natural en las malladas (depresiones del terreno entre el cordón dunar móvil y fijo donde aflora el agua salina en su superficie) y en la zona de marjal. La vegetación en estos lugares depende de la textura, la salinidad y el grado de humedad del suelo siendo una vegetación muy peculiar la que coloniza las *mallaes* (Costa y Boira, 1981). Estas plantas poseen mecanismos para sobrevivir a altas concentraciones de sales en sus jugos celulares, pudiendo de este modo absorber el agua de las soluciones salinas del suelo y desarrollarse normalmente, cosa que no ocurre en el resto de plantas del matorral que no son resistentes a los suelos altamente salinos (figura 32).



Figura 32: Mallada del Quarter.

Las especies dominantes en este medio son *Salicornia ramosissima* y *Suaeda maritima*, siendo la abundancia de ésta última un claro bioindicador del manifiesto grado de salinización del lago (Boira, 2012). Otras especies como *Inula viscosa*, *Frankenia pulverulenta* y *Helmione portulacoides* suelen ocupar los bordes de las malladas al igual que *Iris spuria* subsp *maritima* que Mansanet encontró en zonas húmedas arenosas cerca del Perellonet (Oltra *et al.*, 2011).

Cuando la salinidad disminuye y se mantiene un cierto grado de humedad encontramos juncos (*Juncus maritimus* y *Juncus acutus*) y especies gramíneas como *Cares extensa* o *C. divisa* y *Agropyrum elongatum*. En torno a estas depresiones de las zonas más secas y elevadas, los juncales son sustituidos por praderas de *Plantago crassifolia*, *Schonoenus nigricans* y *Scirpus holoschoenus* entre otras especies. Dies y Fernández-Anero (1997) comprobaron en la zona del antiguo hipódromo como tras eliminar la vegetación palustre; carrizo (*Phragmites australis*), enea (*Typha angustifolia*), caña (*Arundo donax*) eucalipto (*Eucalyptus spp.*), *Myoporum laetum* y el gazul o hierba cuchillo (*Carpobrotus edulis*) aparecían de modo natural ejemplares de *Conyza sp*, *Polygonum spp*, *Plantago coronopus*, *Plantago crassifolia*, *Salicornia ramosissima* y *Suaeda marítima*.

Vegetación hidrófila

La vegetación acuática requiere del contacto permanente del agua para su desarrollo y extensión y pueden aparecer flotando en la superficie del lago, sumergida o enraizada en su lecho (Boira, 1987). En base a esta definición podemos hablar de la vegetación acuática y la vegetación palustre las cuales caracterizan el principal condicionante de la biocenosis en estas zonas: el agua (Roselló, 1995).

Las comunidades de vegetación palustre se encuentran perimetralmente cubriendo todo el lago de la Albufera y los márgenes de las acequias. El carrizo (*Phragmites australis* y *Phragmites maximus*) la especie más abundante en el lago, estando en las matas acompañada por la comunidad más auténtica y genuina valenciana, que es un endemismo en la *mata del fang*: *Hydrocotylo-Cladietum marisci* y que alberga ejemplares de *Hydrocotyle vulgaris* y *Kosteletkia pentacarpos* (Costa, 1982). Boira (2012) define catenas de vegetación donde el carrizo aparece asociado a otras especies. Si partimos desde el lago encontramos en las zonas menos profundas ejemplares de carrizo enano o *senill*, que colonizan de forma pionera estas áreas favoreciendo la colmatación y dando lugar a los espadañales (ejemplares de *Typha angustifolia* y *Phragmites maximus*) (figura 33). Ejemplares de enea (*Typha latifolia*), platinaria (*Sparganium erectum*), junco (*Scripus lacustris*) y de *Cladium mariscus* son especies que se van combinando en estos ambientes en función de las características del suelo. Últimamente gracias a programas de reintroducción de vegetación autóctona, encontramos ejemplares de lirio amarillo (*Iris pseudoacorus*) con una muy buena aceptación por parte de los agricultores puesto que ayudan a mantener los márgenes de los campos. Otra especie que se encuentra en el parque es el Papiro del Nilo (*Cyperus Papyrus* L.) que se deposita en algunos márgenes de acequias. Aunque los ejemplares actuales pudieran haber sido introducido por la acción del hombre se conoce por referencias verbales que antiguamente pudo llegar a cultivarse en l'Albufera de Valencia (Peña *et al.*, 2003).



Figura 33: Vegetación de la mata en Torre en Marzo de 2010.

En cuanto a la vegetación acuática, prácticamente ha desaparecido del lago y pertenece a la memoria gráfica y escrita de los pescadores cuando *els albuferencs* (barcos típicos) tenían que abrirse paso entre dichas plantas que entorpecían su avance (Boira, 2012). Ahora este tipo de vegetación la encontramos principalmente en los arrozales y acequias donde aparecen ejemplares tapizantes flotando en superficie de lentejas de agua como *Lemna gibba* y *Lemna minor* en aguas más antropizadas, y de *Ricciocarpon natans* y *Riccia fluitans* en aguas menos contaminadas. *Chara hispida* y *Chara vulgaris* aparecen en las acequias, al igual que *Polygonum amphibium* L. (Oltra et al., 2011) y ejemplares de *Heteranthera limosa* y *Centaurea dracunculifolia* (Vera y Valentín, 2009). Por último en cuanto a la vegetación acuática enraizada encontramos comunidades de *Myriophyllum spicatum*, *Myriophyllum verticillatum* o *Potamogeton coloratus*.

Endemismos

En la Albufera de Valencia encontramos flora endémica, rara y amenazada que se encuadra dentro de los endemismos valencianos, ibéricos e ibero-baleáricos (CMAAUV, 2010b). Entre el parque y la cuenca de la Albufera encontramos 60 taxones de flora endémica (Typsa, 2005) siendo los endemismos dentro del Parque Natural los que se establecen a continuación (tabla 25).

Tabla 25: Endemismos del Parque Natural de l'Albufera de Valencia.

Endemismos	
<i>Odontites kaliformis</i>	<i>Limonium angustebracteatum</i>
<i>Biscutella stenophylloa</i> subsp. <i>stenophylla</i>	<i>Limonium dufourii</i> *
<i>Centaurea aspera</i> subsp. <i>stenophylla</i>	<i>Marsilea batardae</i>
<i>Centaurea dracunculifolia</i>	<i>Marsilea quadrifolia</i>
<i>Centaurea spachii</i>	<i>Nymphaea alba</i>
<i>Centaureum quadrifolium</i> subsp. <i>barrelieri</i>	<i>Peucedanum hispanicum</i>
<i>Centaureum quadrifolium</i> subsp. <i>linariifolium</i>	<i>Potamogeton crispus</i>
<i>Chaenorhinum origanifolium</i> subsp. <i>crassifolium</i>	<i>Rhamnus lycioides</i> subsp. <i>borgiae</i>
<i>Dianthus broteri</i> subsp. <i>valentinus</i>	<i>Satureja obovata</i> subsp. <i>obovata</i>
<i>Diploaxis virgata</i> subsp. <i>virgata</i>	<i>Scrophularia balbisii</i> subsp. <i>valentina</i>
<i>Elaeoselinum tenuifolium</i>	<i>Scrophularia tanacetifolia</i>
<i>Elymus curvifolius</i>	<i>Sideritis tragoriganum</i> subsp. <i>tragoriganum</i>
<i>Fumana hispidulata</i>	<i>Teucrium buxifolium</i> subsp. <i>buxifolium</i> *
<i>Galium valentinum</i>	<i>Teucrium homotrichum</i>
<i>Genista valentinum</i> subsp. <i>valentina</i>	<i>Thalictrum maritimum</i> *
<i>Guillonea scabra</i>	<i>Tymus piperella</i>
<i>Hypericum ericoides</i> subsp. <i>ericoides</i>	<i>Tymus vulgaris</i> subsp. <i>aestivus</i>
<i>Iberis carnosa</i> subsp. <i>hegelmaieri</i>	<i>Urginea undulata</i> subsp. <i>Caeliculi</i> *

* Endemismos típicos valencianos.

En este sentido destacar también la existencia en el Parque de flora rara como *Plantago crassifolia* (Servent, 2004) o *Cladonia convoluta* y *Cladina mediterranea* (Fos, 2001; Gómez et al., 2009), al tiempo que encontramos especies invasoras como *Ipomoea sagittata*, *Aster squamatus* o *Azolla filiculoides*, *Carpobrotus edulis* (figura 34), entre otras, y cuya retirada anual por parte de los gestores del parque evita su reproducción de forma masiva.



Figura 34: Detalle de ejemplares de plantas invasoras en el Parque Natural.

2.2.8.- Usos y aprovechamientos

Los principales usos y aprovechamientos en el Parque Natural de la Albufera de Valencia se pueden dividir en: urbano, recreacional (caza, pesca y turismo), forestal y cultivo (arrozal, huerta, etc.).

Urbano

Dentro del Parque Natural encontramos los núcleos de población de las pedanías de Pinedo, el Saler, el Perellonet y el Palmar por parte de la ciudad de Valencia; el Perelló y el Mareny Blau en Sueca; el Mareny de Sant Llorenç en Cullera y el Mareny de Barraquetes. Excepto el Palmar, el Saler y Pinedo, el resto son zonas urbanas de segunda o tercera residencia por su cercanía a la playa. Junto a estos núcleos, también coexiste la zona residencial del Saler, el parador nacional y otras construcciones de menor entidad como el parque de bomberos, las depuradoras y las casas de campo construidas a lo largo del parque.

Recreacional

Relacionado con el uso residencial o urbano tenemos el recreacional, en referencia a las playas y zonas de recreo del bosque de la Devesa utilizadas por vecinos y turistas. En este sentido otros aprovechamientos muy ligados al uso recreacional son la caza y la pesca, puesto que son pocos los habitantes de la zona que se dedican exclusivamente a estos oficios como actividad principal.

Caza

La caza en el Parque Natural se remonta a antes de la reconquista de Valencia por Jaime I quien, anexionó la propiedad a la corona, la prohibió y la declaró coto real hasta el siglo XIX. Aunque antaño se permitía la caza en todo el parque, incluyendo el lago, actualmente la actividad cinegética está limitada a los campos adyacentes a éste mediante vedados de caza (surgidos a lo largo del siglo XIX) o mediante cotos privados. La veda se abre el 9-12 de octubre y dura hasta enero.

Pesca

La abundancia de pesca ha sido la clave que ha mantenido vivo este arte, produciendo antaño que los dedicados a este oficio obtuvieran buenos beneficios económicos siendo uno de los aprovechamientos más rentables. Así pues Sanchis (2001) señala que *“los que viven en el lago han visto el proceso de degradación en forma de menos capturas en cantidad y biodiversidad”*. En este sentido y como consecuencia de la sobreexplotación y el mal estado de las aguas, la actividad pesquera se mantiene hoy en día de modo ínfimo en la pesca de llisas. Las diferentes cofradías de pescadores regulan la pesca en el lago, siendo típico el sorteo de *“redolins”* o puestos de pesca.

Forestal

El uso forestal del Parque corresponde a toda la extensión de bosque que existe sobre la restinga y que se extiende desde el núcleo urbano del Saler hasta el Perellonet. Antiguamente era zona de caza de ciervos, jabalíes y otros animales de caza mayor, pero en la actualidad es una reserva forestal mediterránea protegida.

Cultivos

Una de las características definitorias del Parque Natural es el binomio agricultura-medio ambiente. El valor ambiental del parque se ha visto muchas veces amenazado por la acción humana, siendo la agricultura el factor de mayor incidencia. Aun así este binomio es necesario para el buen funcionamiento ecológico de la zona, pues gracias al cultivo del arroz el Parque Natural de la Albufera de Valencia puede considerarse un humedal en las condiciones tal y como lo conocemos hoy en día.

Los cultivos que encontramos en todo el parque se zonifican en 3 áreas: La zona litoral, donde en suelos arenosos se desarrollan cultivos forzados en invernadero (tomates, melones, pepinos, patatas, legumbres, etc.) de muy buena calidad; la zona intermedia o de marjal donde se desarrolla el principal uso del parque: el arrozal; y la zona elevada con el cultivo de hortalizas (lechugas, tomates, cebollas, etc.) además de cítricos. De este modo, arrozal, cítricos y hortalizas son los principales cultivos de la zona. En este sentido y debido a su gran importancia en el entorno, además de su importancia ecológica, pasamos a describir el principal cultivo de la zona, que se ha convertido en el regulador del estado ecológico del humedal.

2.2.9.- El cultivo del arroz

El arroz es el cereal consumido por más de la mitad de la población mundial y el alimento básico predominante para diecisiete países de Asia y el Pacífico, nueve países de América del Norte y del Sur, y ocho países de África (FAO, 2004). Su principal productor es China seguido de India e Indonesia con una superficie cultivada de 1.5 millones de Km². En la Unión Europea (U.E.) el estado Español copa el 22% de su producción (figura 35).

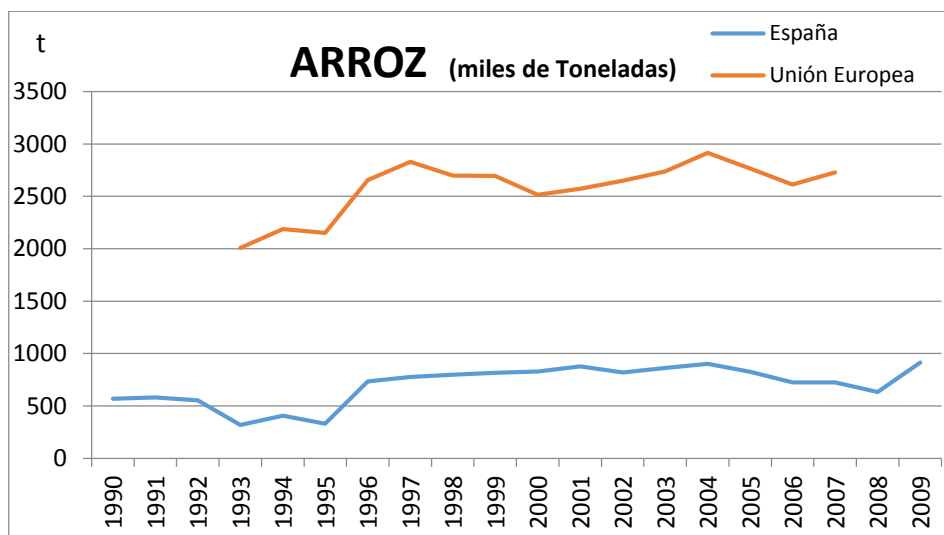


Figura 35: Evolución de la producción de arroz en la U.E. (INE, 2012).

Su origen se sitúa en el año 8.000 A.C aproximadamente en Asia, más concretamente entre India y China, y no fue hasta la llegada de los musulmanes para conquistar *Al-Andalus* en el siglo VIII cuando se introduce en la Península Ibérica y en Valencia (Gómez-Senent, 2002; López, 1975; Mateu, 1987).

2.2.9.1.- Descripción botánica

El arroz (*Oryza sativa*) es una monocotiledónea de la familia *Gramineae*, anual y más o menos pubescente (Angladette, 1969; Ucha y Fernández, 2001) que presenta 3 subespecies: indica, japónica y javánica. Se cultiva en condiciones casi permanentes de inundación y con una duración del ciclo vegetativo en torno a 90 – 150 días en función de la variedad (Doorenbos *et al.*, 1988). Su fisionomía está formada por tallos rectos estriados de 0,6 a 1,5 metros de altura que se forman por macollación y están provistos de nudos que rodean el entrenudo superior con una vaina (figura 36). La lígula une la vaina con el limbo foliar siendo éste estrecho y con una longitud variable en función de la variedad y del desarrollo (Tinarelli, 1989). Las flores se disponen al final del tallo generando una inflorescencia en panícula de 10-25 cm de longitud formada por la unión de 5-15 flores dispuestas en las raquillas. La flor es una espiguilla unifloral con seis estambres y dos estigmas plumosos. La cariósipide está protegida por glumas y glumillas fuertemente silíceas.

Las raíces por otro lado son fasciculadas y fibrosas con vellos radicales y se desarrollan prácticamente en superficie (el 65% en los 10 primeros centímetros). En ellas podemos distinguir las raíces embrionarias y las adventicias secundarias.

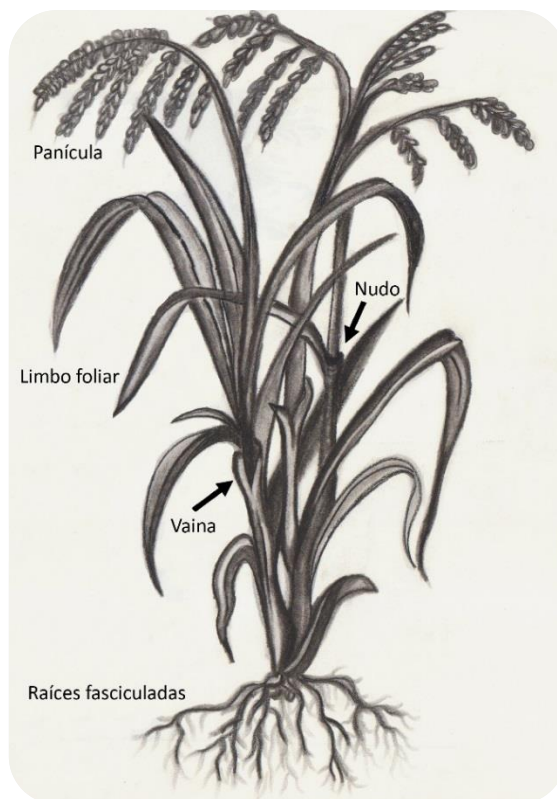


Figura 36: Planta de arroz.

El ciclo fenológico del arroz (figura 37) se clasifica en dos periodos: crecimiento y maduración. El crecimiento se divide en:

- Fase vegetativa: Comienza con la germinación de la semilla en los suelos inundados, la formación de la plántula y el desarrollo radicular y aéreo de los tallos (nudos, entrenudos, hojas, etc.). Esta fase acaba con la iniciación de la panícula.
- Fase reproductiva: Se definen los macollos infértiles y se produce la emergencia de la hoja bandera, el engrosamiento del tallo y la emergencia de la panoja. En esta fase se definen el número y tamaño de las espiguillas en la panícula.

El periodo de maduración comienza con el espigado y se prolonga durante 30-60 días mientras se forma el embrión, se alarga el grano y se rellena de almidón. El final de esta época es la formación del grano de arroz que está compuesto por almidón (90%), azúcares (5%) y fibras (5%) (Gómez-Senent, 2002).

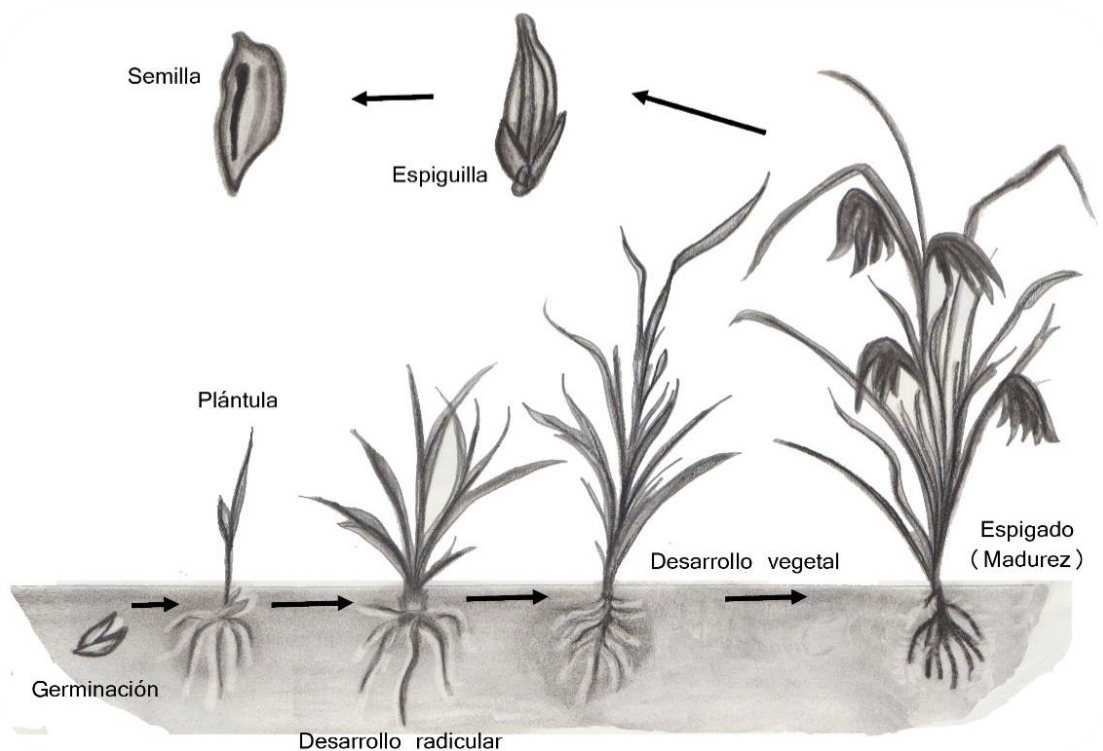


Figura 37: Ciclo fenológico del arroz.

2.2.9.2.- Exigencias del medio físico

El clima (temperatura, radiación y precipitación), así como el suelo influyen en el desarrollo vegetativo del arroz.

Clima

La climatología tropical y subtropical es la que mejor cubre a las necesidades del arroz, con una integral térmica de 3.000 – 4.500 °C. No obstante es cultivado en otros climas más húmedos o templados ajustando los regímenes hídricos. Su posición geográfica no impide su cultivo puesto que es cultivado tanto a nivel del mar como en zonas interiores. La precipitación es secundaria si se cultiva en riego, pero si no es así, precisa una pluviometría mínima de entre 800 y 1500 mm durante la estación de cultivo.

La temperatura junto a la radiación son los factores determinantes en el desarrollo vegetal. Para la germinación precisa una temperatura mínima de 10-12 °C (Tinarelli, 1989) y su valor óptimo ronda los 28 – 30 °C. La temperatura mínima de floración y maduración es de 22 y 19 °C respectivamente mientras que la temperatura crítica para inducir a la esterilidad es de 10 °C en este período. La radiación por tanto determinará la temperatura y a su vez la actividad fotosintética cuyo temperatura mínima y máxima para un desarrollo óptimo es de 18 y 40 °C. En este sentido la intensidad lumínica deberá durar al menos de 10 a 14 horas diarias.

Es de destacar que la intensidad del crecimiento de la planta dependerá de los niveles térmicos del agua, independientemente de la temperatura del aire, pues ésta desempeña un papel importante en el equilibrio térmico del ambiente. Las bajas temperaturas retrasarán la germinación, el ahijamiento y la floración, además de favorecer la esterilidad floral y el retraso de la maduración.

Suelo

El arrozal se desarrolla sobre cualquier tipo de suelos, adaptándose a suelos limo-arcillosos con un buen contenido de materia orgánica. Tolera fracciones arcillosas altas (70%), aunque suelos completamente arcillosos pueden presentar problemas de drenaje e impermeabilización, siendo por el contrario los arenosos más desfavorables al cultivo acuático del arroz. La condición de suelos inundables con períodos de condiciones reductoras (con cultivo) y oxidantes (sin cultivo) también es una característica necesaria para los suelos, siendo el pH óptimo para su mejor desarrollo 6-6,5 y una salinidad menor a 3 dS/m (Rhoades *et al.*, 1992).

Al ser suelos inundados se produce en los primeros centímetros del suelo una zonificación de capas oxidadas y reducidas que favorecen las necesidades físico-químicas del cultivo (figura 38). De este modo podemos encontrar la planta del arroz desarrollada con un espesor de agua en superficie que es un medio aeróbico y fótico. Posteriormente se presenta una capa oxidada de unos 2- 3 cm con un potencial redox positivo (Roger, 1996) donde encontramos especies químicas oxidadas estables (NO_3^- , Fe^{+3} , SO_4^{-2} y CO_2). Las algas y bacterias fijan el nitrógeno atmosférico y se produce el proceso de nitrificación por la oxidación de nitritos y amonio a nitratos (Ucha y Fernández, 2001).

A continuación encontramos una capa reducida al estar completamente saturada por agua y haber desplazado el oxígeno en la inundación. Es una zona anaerobia donde se dan procesos de reducción. La materia orgánica es descompuesta por bacterias anaerobias y se producen procesos de desnitrificación y procesos de reducción de ion férrico (Fe^{+3}) a ion ferroso (Fe^{+2}). Por último y en plena capa reductora, encontramos una capa oxidante debido a la capacidad de la planta de transportar oxígeno desde el tallo hasta las raíces y de difundir éste al suelo. En esta zona que se da en las raíces del arroz se produce fijación biológica del nitrógeno y procesos de nitrificación-desnitrificación (Sendra, 1997).



Figura 38: Zonificación de un suelo de arrozal.

Agua

El agua es importante en el cultivo del arrozal puesto que sirve de tampón de temperatura para la planta. Asimismo dependiendo de las sales presentes podrá producir pérdidas en la rentabilidad del cultivo además de producir cambios físico-químicos en el suelo al salinizarlo. El agua en superficie o de una capa freática fluctuante, afecta a la planta de modo diferente en función del estado de desarrollo en el que se encuentre y de la cantidad de sales disueltas que son extremadamente variables en tiempo y espacio (Moormann y Van Breemen, 1978). El arroz es un cultivo sensible o moderadamente sensible a la salinidad del agua puesto que con conductividades superiores a 2,0 dS/m se reduce el rendimiento potencial del cultivo. Con valores de 2,6 dS/m se pueden producir mermas del 10% de la cosecha y con una conductividad eléctrica de 7,6 dS/m falla toda la producción (Ayers y Westcot, 1987; Qadir *et al.*, 2000). La preocupación entorno a la salinidad y el arroz es tal que hay diversos estudios desarrollados en la búsqueda del momento más crítico para la combinación salinidad-desarrollo vegetal, así como líneas de investigación sobre nuevas variedades de arroz más tolerantes a la salinidad (Cristo *et al.*, 2004; Ghosh *et al.*, 2011; Henan *et al.*, 1988; Senahdira *et al.*, 2002).

Ciclo del cultivo

El cultivo del arroz (figura 39) en el Parque Natural de l'Albufera de Valencia regula completamente el régimen hídrico del lago. De este modo tras una campaña de arroz los campos se inundan hasta mediados de febrero, momento en el cual comienza la etapa de preparación del terreno con el fanguero (mientras se desaguan las parcelas). Con esta acción se bate el terreno, se airea y se entierra la paja y malas hierbas de la campaña anterior. Posteriormente se deja secar el terreno que debido a su composición en arcilla da lugar al desarrollo de costras superficiales y terrones masivos. Entre finales de febrero y mediados de marzo se desmenuza el terreno mediante el uso de fresadoras o cultivadores, pasando posteriormente a su nivelación mediante el uso de tecnología láser.

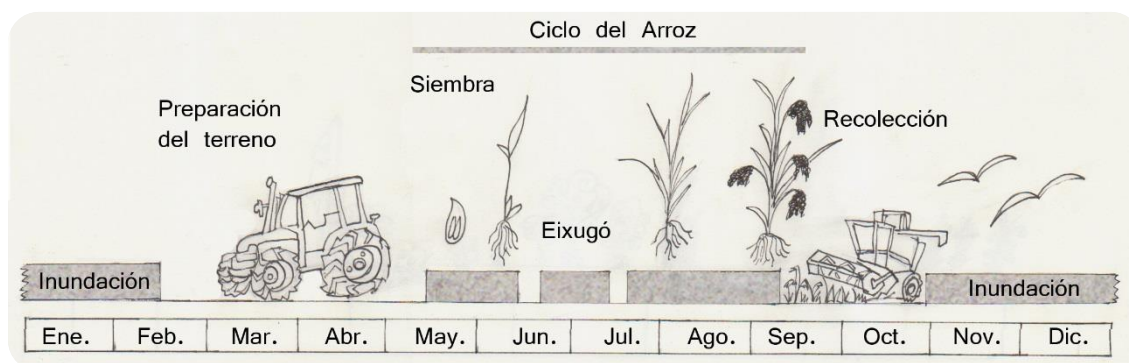


Figura 39: Ciclo del arroz en la Albufera de Valencia.

En abril se produce el abonado de fondo aportando fósforo en forma de superfosfato de cal (100 Kg/ha) y nitrógeno en forma de urea (140 Kg/ha) (Ucha y Fernández, 2001). A finales de abril comienza la "solta d'aigües", es decir, el agua comienza a entrar en los campos desde las parcelas superiores hacia las inferiores, procediéndose a la "Remugà" o la eliminación de la vegetación flotante antes de la siembra. El arroz es sembrado a voleo a mitad de mayo con el agua cubriendo el campo. Para evitar la flotación y la pérdida de eficacia en la siembra, las semillas de arroz son depositadas en el campo para que se empapen 24 horas antes de su siembra. A finales de mayo y una vez sembrado el arroz actualmente se realiza el tratamiento contra el cucat o *Chilo suppressalis* mediante la instalación de varetas con feromonas (lucha biológica). Suele realizarse un pequeño eixugó (periodo sin agua en superficie) posterior a la siembra con la finalidad de envigorizar el tallo y evitar problemas de encamado cuando el cultivo este completamente desarrollado. Tras el crecimiento gradual de la planta, a principios de julio o final de junio se realiza otro eixugó para ejecutar un tratamiento herbicida y aplicar un abonado en cobertera de nitrógeno si anteriormente no se aplicó toda la dosis.

El desarrollo vegetativo de la planta se produce con normalidad hasta mediados de septiembre, momento en el que se procede a la recolección del grano de arroz que ha sido madurado durante el mes de agosto. Una vez recolectado, el campo vuelve a inundarse a mitad de octubre, para seguir inundado todo el período invernal hasta que comience de nuevo el ciclo del arrozal.

2.2.10.- Los suelos de la Albufera

Los suelos de la Albufera de Valencia han estado estudiados de forma muy generalista y a gran escala, por lo que el nivel de detalle para un estudio pormenorizado de la zona cercana al lago no existe. Si bien oficialmente disponemos de la cartografía LUCDEME a gran escala, al igual que los estudios de Ontañón a nivel taxonómico, encontramos posteriormente trabajos y proyectos finales de carrera que han caracterizado el suelo de forma muy dispar y con una densidad de puntos bastante escasa para la superficie total del parque. No obstante, a continuación pasamos a describir todos los estudios realizados en la zona sobre los suelos del humedal.

Los tres ambientes de la Albufera de Valencia se comportan desde el punto de vista edafogénico como unidades homogéneas diferentes debido a los procesos y factores formadores que dan lugar a los suelos hídricos.

En contraposición a lo que se podía esperar debido a la importancia de dicho Parque Natural a nivel autonómico y nacional, pocos son los estudios realizados sobre el suelo de esta zona húmeda, habiendo sido estudiada edafogénicamente a fondo con posterioridad a otras zonas húmedas del litoral valenciano como la marjal de Prat de Cabanes Torreblanca o la marjal de Puzol-Sagunto (Gisbert, 1970; 1983; 1985) de mucha menor extensión.

En cuanto a la Albufera de Valencia, la primera descripción que encontramos sobre sus suelos es realizada por el botánico Antonio José Cavanilles en sus *“Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del Reyno de Valencia”*, donde en el apartado de las *riberas del Xucar* (tierras de arroz) dice que *“las plantas y árboles crecen y fructifican en cualquier sitio, a excepción de aquellos en donde lo impiden la abundancia de aguas y el suelo cenagoso. Las zonas altas (montes) son calizos, con suelos de margas arcillosas, más o menos compactas con colores roxisos. En las inmediaciones al mar dominan las arenas y en las de Albufera un cieno oscuro que descansa sobre greda”* (Cavanilles, 1795; Lacarra et al., 1997). Con esta descripción, localizamos los tres grupos de suelos que podemos encontrar en el parque: 1) los formados por el marjal colindante al lago, 2) los suelos de las zonas elevadas (*montanyeta dels Sants*) y zonas cercanas a los núcleos urbanos (zona oeste del parque) y 3) los suelos presentes en la Devesa. En 1838 y publicado en el *Semanario Pintoresco* en Madrid, se habla de los suelos de la albufera como más profundos los de la marjal que los próximos a la orilla del mar y por tanto capaces de conservar una enorme cantidad de aguas (Mesonero, 1838).

Desde el punto de vista histórico la primera descripción edafológica que se posee es la realizada en el mapa agronómico nacional de 1952, al que posteriormente seguiría Ontañón (1968) que clasificó el área del Parque Natural de la Albufera de Valencia como una combinación de Xerorthent y Xerofluent (figura 40a) (Soil Survey Staff, 1960).

Posterior a esta publicación Ontañón (1970; 1973) realizaría dos más basadas en la clasificación de suelos de la FAO. Los suelos fueron clasificados entonces como Fluvisoles eutrícos (figura 40b) (FAO–UNESCO, 1970).

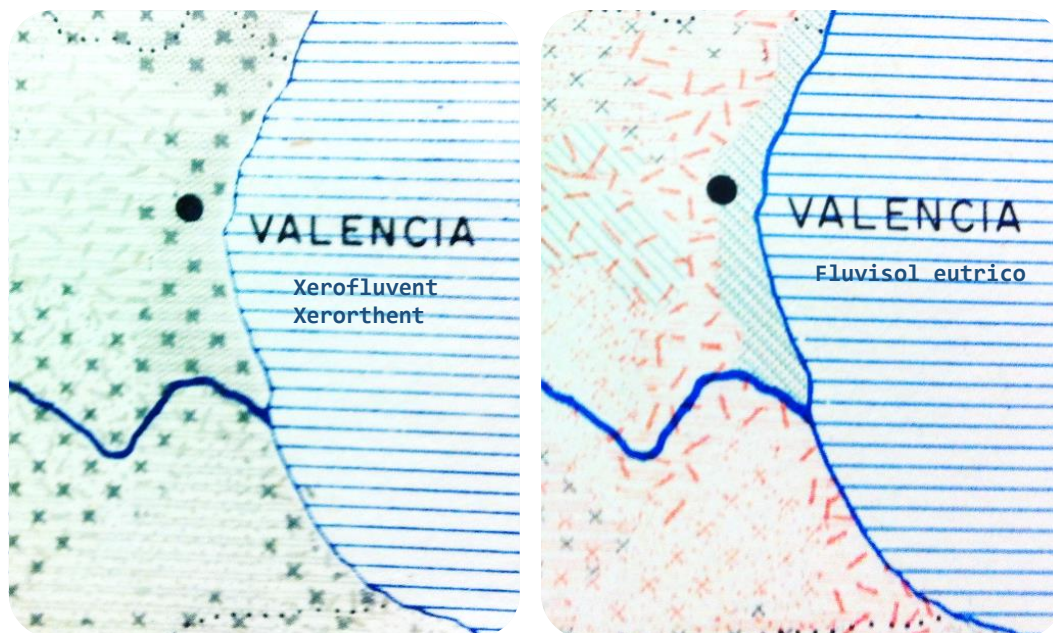


Figura 40: a) Clasificación 1968 (Soil Survey Staff) b) Clasificación 1973 (FAO).

El estudio más completo hasta la fecha realizado en todo el parque es el Mapa de Suelos de la Comunidad Valenciana encuadrado en el proyecto Europeo LUCDEME. En él se describen los suelos de la Devesa por la combinación conjunta o individual de tres factores: 1) una textura arenosa, 2) el hidromorfismo y 3) la salinidad (Rubio *et al.*, 1998). Dentro de este biotopo podemos encontrar dos tipos de suelos: Los presentes en el monte de la Devesa de la Albufera y en la zona dunar, que son clasificados como Arenosoles según la FAO (FAO-UNESCO, 1974 y 1988), siendo definidos más concretamente como Arenosoles calcáreos poco evolucionados de perfil AC y como Arenosoles gléicos afectados por la influencia de la capa freática y la salinidad existente (FAO-UNESCO, 1988) y que anteriormente habían sido clasificados como Arenosoles álbicos (FAO-UNESCO, 1974); por otro lado los suelos de las zonas deprimidas de la restinga (malladas), que se clasifican como Gleysoles calcáricos con perfil A-Bg-Cr, y los suelos de zonas salinas con una $CE_e > 4dS/m$ que se clasifican como Solonchak gleyco con perfil A-Bg-Cr.

La calicata realizada por el proyecto LUCDEME en la zona de la Devesa (tabla 26) presenta las siguientes características (GVA, 1996):

Tabla 26: Análíticas del perfil de suelo: Arenosol Calcáreo.

PARÁMETROS ANALÍTICOS	HORIZONTES	
	A	C
Profundidad (cm)	0-10	>10
Arena (%)	71,51	73,12
Limo (%)	28,36	26,4
Arcilla (%)	0,14	0,57
Clasificación textural	Arenosa	Arenosa
pH (saturación al agua)	8,00	8,30
pH (saturación al CIK)	7,50	7,70
Salinidad (dS/m)	0,18	0,90
Carbonatos Totales (%)	18,45	31,17
Materia orgánica (%)	1,19	0,05
Nitrógeno Total (%)	0,06	0,02
Relación C/N	10,78	1,29

Fuente: LUCDEME (Perfil 5).

Por lo que respecta a los suelos de las zonas elevadas: relieves aislados y zonas de cultivos hortícolas y cítricos de la zona oeste del Parque Natural (escalón topográfico coincidente con la línea de ferrocarril Valencia- Alicante) podemos decir que los suelos se clasifican como Litosoles y Regosoles calcáreos en pequeñas elevaciones o relieves aislados (GVA, 1990), y Fluvisoles en la zona superior al escalón topográfico en la zona oeste.

Los Litosoles están caracterizados por ser suelos limitados en profundidad por la roca continua, coherente y dura, con un espesor entre 10-20 cm, mientras que los Regosoles calcáreos tienen un espesor máximo de 50 cm, con un contenido superior al 30% en carbonato cálcico y un perfil característico AC, apareciendo en la *montanyeta dels Sants* y en la montaña del Oro (Cullera).

Finalmente los Fluvisoles se desarrollan entre las zonas de tránsito de los depósitos continentales pleistocenos y los limos pardos y negros de la zona de marjal. Son suelos con una gran potencialidad agrícola con un pH básico, escasa salinidad (capa freática no cercana a la superficie), textura franca y concentraciones de materia orgánica, nitrógeno y fósforo bajas (tabla 27).

Tabla 27: Analíticas del perfil de suelo: Fluvisol Calcáreo.

PARÁMETROS ANALÍTICOS	HORIZONTES				
	Ap	AC	C1	C2	2C
Profundidad (cm)	0-27	27-42	42-70	70-88	>88
Arena (%)	55,5	56,5	59,25	65,5	85
Limo (%)	31,63	31,61	25,01	22,79	9,96
Arcilla (%)	12,87	11,89	15,74	11,70	5,04
Clasificación textural	F-Ar*	F-Ar	F-Ar	F-Ar	Ar-F**
pH (saturación al agua)	7,20	7,60	7,80	7,90	7,50
pH (saturación al CIK)	7,00	7,00	7,40	7,40	6,50
Salinidad (dS/m)	0,21	0,15	0,20	0,21	0,21
Carbonatos Totales (%)	27,38	22,02	13,55	25,04	36,74
Materia orgánica (%)	2,44	1,84	0,55	0,53	0,12
Nitrógeno Total (%)	0,11	0,09	0,04	0,04	0,03
Relación C/N	13,08	12,26	7,75	7,57	2,71

*F-Ar: Franco arenosa ** Ar-F: Areno-Franca

Fuente: LUCDEME (Perfil 2).

Por último y en cuanto a los suelos con mayor extensión en el parque (aquellos que conforman la marjal y campos de arroz colindantes al lago de la albufera), podemos decir que son suelos clasificados como Fluvisol calcáreo o Antrosol cumúlico, dando lugar a una única calicata como identificador de la unidad homogénea del mapa de suelos a escala 1:100.000 englobado dentro del proyecto LUCDEME y que presenta la siguientes características (tabla 28):

Tabla 28: Analíticas del perfil de suelo: Fluvisol Calcáreo o Antrosol cumúlico.

PARÁMETROS ANALÍTICOS	HORIZONTES					
	Ap1	Ap2	AB	2Bg1	2Bgk	3Cr
Profundidad (cm)	0-30	30-45	45-65	65-85	85-125	>125
Arena (%)	25,25	17,25	14,25	1,50	3,50	3,50
Limo (%)	48,08	53,52	50,94	54,6	30,96	60,57
Arcilla (%)	26,67	36,27	34,81	43,90	65,54	35,93
Clasificación textural	F*	F-Ac-Li**	F-Ac-Li	Ac-Li***	Ac****	F-Li*****
pH (saturación al agua)	7,0	7,2	7,5	7,4	7,4	7,3
pH (saturación al CIK)	6,2	6,6	6,7	6,7	6,7	6,6
Salinidad (dS/m)	3,49	3,02	2,26	2,92	2,55	7,1
Carbonatos Totales (%)	28,36	33,37	27,43	7,46	29,22	34,94
Materia orgánica (%)	3,09	2,60	1,28	2,00	2,07	4,07
Nitrógeno Total (%)	0,13	0,11	0,07	0,09	0,10	0,17
Relación C/N	13,66	13,24	11,06	12,52	12,61	14,23

*F: Franca ** F-Ac-Li: Franco Arcillo Limosa *** Ac-Li: Arcillo Limosa ****Ac: Arcillosa *****F-Li: Franco Limosa

Fuente: LUCDEME (Perfil 2).

De destacar también es el estudio realizado por Peris *et al.* (1994) en el que relacionan los suelos y la vegetación en la Plana Cuaternaria del Golfo de Valencia y que establece para la restinga suelos con altas conductividades eléctricas clasificados como Solonchacks (FAO-UNESCO, 1981) con la adición de Gleycos por su capa freática cercana, mientras que los suelos de la marjal los clasifica como Gleysoles calcáreos por el alto contenido en humedad y su elevado contenido en carbonato cálcico.

Finalmente y en base a los suelos de la zona norte, en la Tesis Doctoral realizada por Martínez-Cortijo (Martínez, 2003) se dice que los suelos del arrozal valenciano tienen una buena capacidad para retener el agua, gracias a su textura franco-arcillosa. Son suelos de tipo calizo, con pH ligeramente alcalino; elevado contenido en materia orgánica (2,2-5,1%), una relación C/N indicativa de una elevada liberación de N y ricos en fósforo, aunque la mayoría se encuentra en modo no asimilable para las plantas.

En cuanto a los suelos de la zona sur es de destacar el estudio más completo realizado hasta la fecha, que se encuentra englobado en la Memoria del Mapa Agronómico Nacional (747-Comarca de Sueca) (Ministerio de Agricultura, 1952) y en el que se analizaron 248 muestras de suelo, siendo su clasificación muy rudimentaria (tabla 29).

Tabla 29: Clasificación de tierras.

TIERRAS				
Tipos	Arenosas	Areno-limosas	Limo-arenosas	Limosas
Numero	32	95	77	44

Fuente: Mapa Agronómico Nacional 747 (1952).

Los suelos en este estudio se clasificaron por su textura y por su contenido en carbonato cálcico, definiendo los suelos como calizos (con un 40-60%) o margosos (con valores menores a 20%), además de presentar valores máximos de materia orgánica en torno a 5,99%.

En este sentido no es posible correlacionar dichas clases de tierras con los suelos clasificados según la FAO, puesto que esta clasificación es posterior al año de publicación del documento.

A nivel de estudio de todo el parque y basándose en las unidades edafológicas de LUCDEME, se desarrollan dos estudios simultáneos sobre 30 puntos de muestreo en el Parque Natural. Presentados como Trabajos finales de carrera en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Valencia, ofrecen un diagnóstico nutricional y de fertilidad en los campos dedicados al cultivo del arroz (Castro, 1999) y por otro lado una aproximación al estudio de la salinidad de los suelos (Belmonte, 1999). En ambos casos se caracterizaron como suelos francos y franco-arcillosos con escasos elementos gruesos, niveles de materia orgánica y Capacidad de Intercambio Catiónico elevados con una salinidad destacable y con valores de potasio, calcio y magnesio óptimos, así como elevados valores de nitrógeno y fósforo en las zonas situadas al norte.

Las últimas referencias sobre clasificación las encontramos en el Plan General de Valencia, donde se clasifica como Fluvent todos los suelos según la *Soil Taxonomy* (figura 41). El Estudio para el desarrollo sostenible de la Albufera de Valencia, documento más completo sobre el parque, en uno de sus apartados realiza una caracterización edafológica concreta de las cuencas vertientes a la albufera, con dos peculiaridades que no aportan ningún dato nuevo al presente estudio: Utilizan como base los perfiles utilizados por el proyecto LUCDEME y no presentan ninguna muestra en la zona de marjal, base del presente estudio.

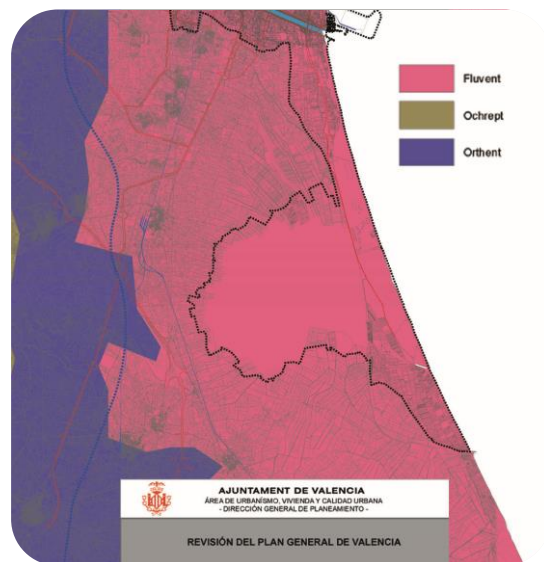


Figura 41: PGOU Valencia- Unidades edafológicas (Ajuntament de Valencia, 2008).

También podemos destacar la investigación sobre suelos localizada en el Tancat de la Pipa y realizada en 2011 sobre las modificaciones de las características del suelo en el tancat. Este trabajo se apoya en el apartado de discusión de la tesis Doctoral de Martínez (2003) por coincidir en la zona norte de la Albufera (aunque no se encuentra en la misma área y los factores de formación no son los mismos), y se centra en el estudio de materia orgánica, fósforo, nitrógeno y metales pesados en los “nuevos” suelos del humedal, caracterizándolos como ricos en materia orgánica, nitrógeno y fósforo (Sánchez, 2011). Por último destacar un estudio del *top soil* para su correlación con la vegetación, realizado en las matas del lago y los campos circundantes a éste en el que se analizan 27 muestras en cuanto a materia orgánica, nitrógeno, conductividad, sulfatos, caliza activa, carbonatos, cloruro y pH (Boira, 2012).

2.2.10.- Els tancats

La Albufera de Valencia posiblemente destaca por su valor ecológico y ambiental, por los endemismos valencianos que habitan en ella, y por ser el humedal más cercano a un núcleo de población tan poblado en toda España, pero sobre todo, por la existencia *dels Tancats*. *El Tancat*, que significa cerrado en castellano, define una unidad hidrológicamente cerrada y compuesta por

la sucesión de parcelas o campos de arroz por donde el agua circula de manera continua desde la entrada en la parte alta hacia el final de éste, donde encontramos la cota más baja (figura 42). Este punto se encuentra por debajo del nivel del lago y está aislado de éste por medio de una mota perimetral que define sus límites. El agua circula de parcela en parcela hasta el final del *tancat* donde con una bomba se extrae el agua acumulada y se vierte al lago o a la acequia.

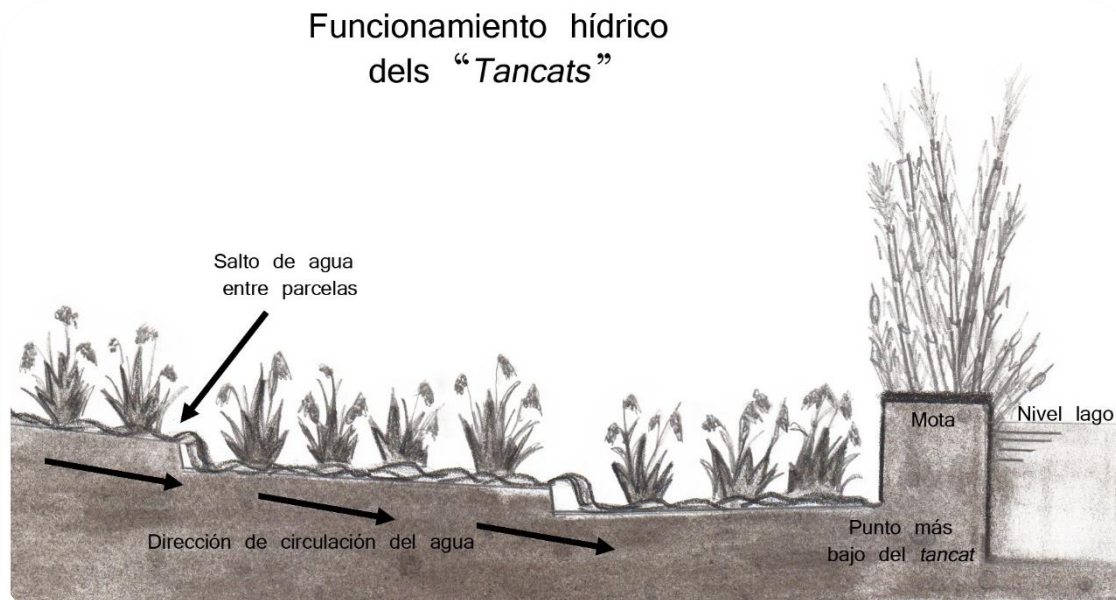


Figura 42: Esquema de un Tancat.

Que una parcela o parcelas sean una unidad cerrada por donde transcurra el agua, puede ser que no sea únicamente característico de la Albufera de Valencia y se de en otros humedales, pero lo que sí es típico y único, es el modo con el que estos *tancats* han sido formados. Su génesis se encuadra en el afán por parte de los habitantes del paraje de obtener beneficios económicos de un entorno que de forma natural no ofrecía ningún rendimiento. De este modo los *tancats* han contribuido a la reducción antrópica del lago. Castelló (1991) describe que tras la reincorporación de l’Albufera al patrimonio Real los límites de ésta fueron cambiando debido al proceso de aterramiento que comenzó en el siglo XVIII, apoyado legalmente en el año 1783 con los llamados “*Establiments*” en los que se conseguía el dominio útil de una porción del lago a cambio de pagar un canon al titular de éste, y que perduró durante el XIX y principio del siglo XX. Destaca para corroborar este efecto que en un solo año -1922- la Junta de Desagüe registró 1.500 hanegadas más de terreno (1 hanegada = 831 m²) (Piera, 1988).

El proceso antrópico de aterramiento ha sido claramente descrito entre otros por Blasco Ibáñez en su obra literaria *Cañas y barro*, donde define la batalla de los agricultores contra el lago y su tarea de “*convertir en tierra laborable lo que era agua y de hacer surgir cosechas de donde coleaban las anguilas. Para ello Tonet pensaba llenar de un solo golpe aquel rincón del lago donde su padre buscaba la riqueza. Con perchas de ancha horquilla, arrancaban del fondo grandes pellas*”

de barro, pedazos de turba gelatinosa que esparcía un hedor insoportable. Dejaban secar en las orillas de las acequias y cuando el sol los convertía en terrones blancuzcos, los cargaban en dos barcos unidos que formaban uno y tras percha que percha y más de una hora después llegaban al *tancat* (gran espacio de agua muerta cuyos límites marcaban las motas de barro) donde la charca se tragaba sin resultado aparente el montón de tierra que transportaban en las barcas” (Blasco Ibáñez, 1902). Este proceso se podía realizar, porque anteriormente habían delimitado mediante una mota perimetral el límite del *tancat*. Una vez asegurada dicha mota comenzaban a transportar tierra de zonas altas o de cualquier otra parte del lago y la incorporaban en dicha parcela, día tras día, hasta que el agua era evacuada y se disponía de suelo para poder trabajar y cultivar el arroz. Roselló (1972) definió que para terraplenar una hanegada de terreno se precisaban unas 150 barcadas es decir 1.200 t/ha. Este proceso cesó en el siglo XX cuando se establecen los límites actuales del lago y es por esta razón que alrededor del lago encontramos el grueso de *tancats*, aunque también encontramos otros que limitan no con el lago sino con otro *tancat* que actualmente linda con la Albufera. A día de hoy no hay cartografía oficial sobre estas unidades hidrológicas, aunque todo el mundo habla de ellos y en la cartografía topográfica se recogen los topónimos de dichos *tancats*. Su superficie según Marco (2007b) es de 5.340 has. A modo de trabajo de campo previo a esta investigación se han podido definir algunos de ellos en base a las indicaciones de técnicos y agricultores de la zona (figura 43 y tabla 30).



Figura 43: Distribución de los *tancats* en el Parque Natural.

Tabla 30: Nombres de los Tancats.

Ref.	Nombre	Ref.	Nombre	Ref.	Nombre
1	Cavil·les	20	Desaigüe	39	Milia
2	Foro	21	Torreta estreta	40	Bases
3	Villalba	22	Torreta ampla	41	Sacarés
4	Escorredor Fondo	23	Vegà	42	Pasiego
5	Modernista	24	Roto	43	Senyoret o Campot
6	Rabisanxo	25	Calvo	44	Taüt
7	Platera	26	Polacos	45	Abadejo
8	Noi	27	Uisos	46	Baldoví
9	Pipa	28	Pasiego	47	Mata de les rates
10	Sardina	29	Ratlla	48	Fangar
11	Rosari	30	Foia	49	Rei
12	Pescadors	31	Amarguet	50	Estell
13	Patim	32	Xicario	51	Roca
14	Sarier	33	Farfall	52	Establiment
15	Noia	34	Menut	53	Piules
16	Germanells	35	Forro	54	Recatí
17	Panblanco	36	Tapia	55	L'illa
18	Dulero	37	Ferrús	56	Racó de l'Olla
19	Sequiasset	38	Peret	57	Alcalatí

Capítulo 3

Materiales y Métodos

3.1.- MATERIALES

3.1.1.- Zona de estudio

La zona sobre la que se ha llevado a cabo el presente trabajo de investigación comprende unas 9.200 ha de marjal en los terrenos circundantes al lago y que están ocupados por campos de arroz. Representa el 61% de las tierras de cultivo de arroz y el 43% del área total del parque con una longitud de 16 Km y una amplitud de 9 km en el punto más ancho. Recoge toda la zona norte del Parque y la más cercana al lago por el sur, dejando fuera del presente estudio la zona de arrozal de Sueca y Cullera. No obstante el área de muestreo de las acequias es mucho más amplia y excede de los límites del Parque Natural en la toma de muestras desde las acequias de cabecera (figura 44).

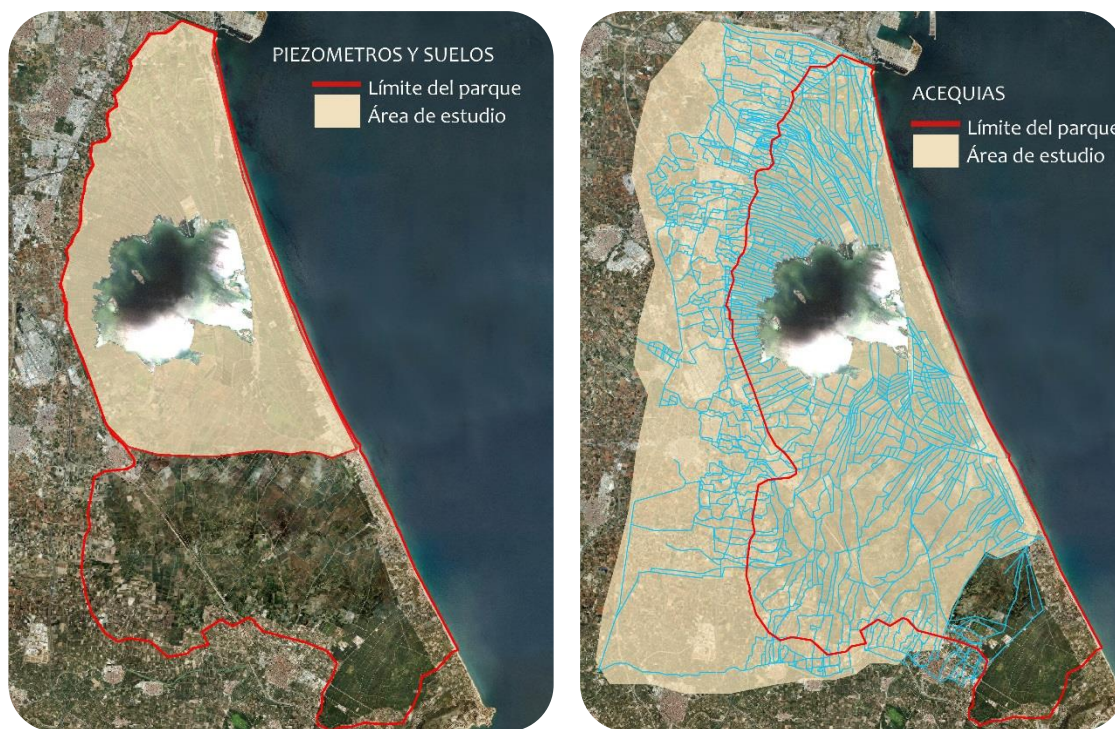


Figura 44: Situación área de estudio (suelos/piezómetros – acequias).

Las características físicas de la zona ya han sido descritas en antecedentes desde un punto de vista bibliográfico por lo que omitiremos en este capítulo exponerlas de nuevo únicamente destacando a priori la homogeneidad de suelos y la variabilidad de aguas en función de su origen.

3.2.- METODOLOGÍA

3.2.1.- Plan de trabajo

El plan de trabajo se ha estructurado en 4 fases (figura 45) que a continuación se detallan. El cronograma del proyecto está detallado mensualmente en el anejo I y agrupa los 32 meses de estudio de las variables en el Parque Natural de la Albufera de Valencia además del período de instalación y planificación. Mediante la instalación de piezómetros se ha controlado la variabilidad de las aguas superficiales y subterráneas de forma mensual con visitas a cada piezómetro en las que se registraban los datos de cotas de capa freática y lámina libre así como la toma de muestras para su posterior análisis. La caracterización del suelo por otro lado se ha realizado al muestrear hasta una profundidad de 100-120 cm (en función de la capa freática) los piezómetros estudiados en el momento de su instalación. Además se abrieron calicatas para poder clasificar y caracterizar más concretamente los suelos de todo el parque. La toma de muestras de acequias a la misma vez que los piezómetros es otra variable estudiada. La combinación de la fase de campo y la de laboratorio ha sido constante y la toma de muestras ha estado regulada en todo momento por la situación hidrológica del humedal. Así pues durante el periodo invernal de inundación ha sido imposible muestrear algunos piezómetros y acequias ya bien por estar inundados o bien por estar cerrados por vedado de caza.

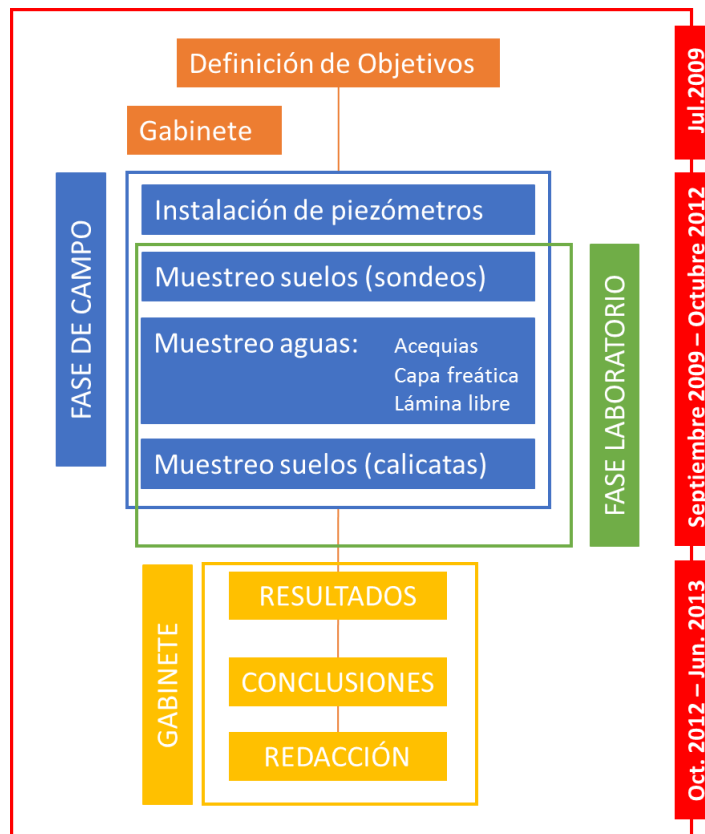


Figura 45: Plan de trabajo.

		AÑOS				
		2008-2009	2010	2011	2012	2013
Planificación						
Instalación piezómetros						
Muestreo	Sondeos					
	Calicatas					
	capa freática					
	lámina libre					
	cotas					
	acequias					
Análisis	suelos					
	aguas					
Resultados						
Redacción						

Figura 46: Cronograma resumido del estudio.

3.2.2.- Fase de Gabinete

En la fase de gabinete y conociendo los resultados desarrollados en los anteriores estudios se plantearon los objetivos del presente trabajo de investigación en base a la documentación bibliográfica recogida adaptándola a las necesidades y requerimientos del estudio. Una vez dispuestos los objetivos se planificaron las campañas de muestreo de acuerdo a la capacidad de trabajo del laboratorio y al coste económico que suponía realizar las campañas. La compra del material necesario para la instalación de piezómetros así como de los reactivos y material de muestreo necesario se realizó en esta fase en la que se prepararon fichas de campo para el reconocimiento y muestreo adecuado de cada punto (anexo II).

3.2.3.- Fase de Campo

3.2.3.1.- Instalación de piezómetros

A lo largo de la zona de estudio se instalaron 133 puntos de muestreo divididos en 17 transectos radiales al lago (figura 47). La disposición radial se estableció en base a dos premisas: la dirección del flujo natural del agua superficial en los campos de arroz que tendía desde zonas altas a las zonas más bajas (tancats) y además la supuesta mayor influencia del lago sobre el flujo de la capa freática por encima de la costa, por lo que una disposición radial era más adecuada que no una cuadrículada. Cole y Kentula (2011) no definen, al igual que otros estudios sobre niveles piezométricos, un ratio fijo de éstos concluyendo que a mayor número mejor será la representación hidrológica.

De este modo la instalación de los 133 piezómetros quedó definida por razones de coste económico en tiempo y dinero, así como el posterior manejo en la fase de muestreo y analíticas. El equilibrio entre el muestreo y análisis asumible en el transcurso del trabajo siempre tuvo como principio los objetivos del estudio y la variabilidad de los diferentes parámetros estudiados (Noble, 2006). La densidad de muestreo de más de 1 observación por cada 100 ha, corresponde a un nivel de representación semidetallado de cada una de las variables.

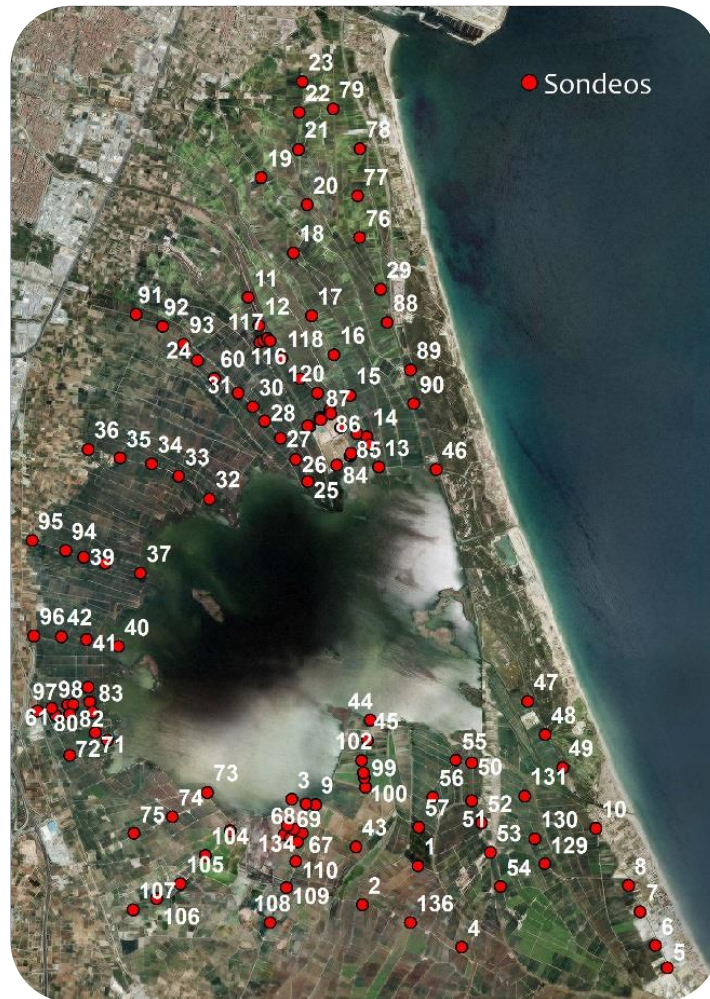


Figura 47: Red de puntos de muestreo.

Un piezómetro es un tubo de pequeño diámetro no perforado que se introduce en el suelo para medir el nivel piezométrico o freático de las aguas subterráneas. Está constituido de material no poroso para evitar el flujo libre de agua entre el interior del piezómetro y la matriz del suelo, siendo la entrada de aguas únicamente por su base mediante la instalación de una rejilla o la perforación del propio tubo (Sprecher, 2000; 2008). Su diferencia con los pozos piezométricos, que también miden el nivel de la superficie piezométrica, es que éstos presentan ranuras a lo largo de todo el tubo, por lo que el flujo entre la parte interna y la matriz, es continuo (MBW&SR, 2013).

Los 133 piezómetros instalados eran tubos de Policloruro de Vinilo (PVC) de 2 metros de largo con un diámetro nominal de 50 mm. Los tubos completamente estancos tenían contacto con la matriz a partir de unas 8 perforaciones de 5 mm de diámetro realizadas en la zona inferior del tubo, además de una rejilla basal para evitar así durante la instalación la irrupción de suelo que pudiera obturar el interior del piezómetro (figuras 48 y 49).

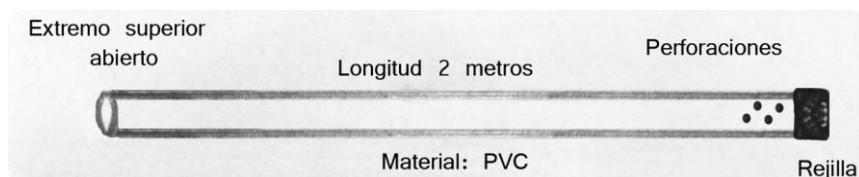


Figura 48: Esquema del piezómetro.



Figura 49: Piezómetros instalados.

La instalación de los piezómetros (Noble, 2006; Sprecher, 2000; Sprecher, 2008; USACE, 2005) se realizó de forma manual mediante el uso de una barrena Eijkelkamp de tipo helicoidal para arcillas y mixta (Eijkelkamp, 2009). Con ella se abrió un agujero en el suelo de 80 mm aproximadamente hasta 1,5 o 1,90 metros de profundidad. A continuación se introdujeron cantos rodados de pequeño diámetro en el fondo del hueco y con cuidado se introdujo el piezómetro. Posteriormente se rellenó el espacio entre las paredes de PVC del piezómetro y el agujero con una mezcla de suelo y bentonita (arcilla expansible). La parte superior del piezómetro fue compactada para evitar que se produjera un flujo vertical del agua subterránea entre las paredes del piezómetro y el agujero. Tras dejar el piezómetro unos 10-15 días para su estabilización se comenzó el monitoreo mensual.

Los piezómetros se instalaron en los campos de arroz en donde no interferían la labranza o en taludes entre los campos y las acequias (figura 50). Aunque se instalaron con la máxima cura para no entorpecer el manejo de los campos, algunos piezómetros fueron enterrados, eliminados o rotos por el hombre o por los aperos de labranza, por lo que se ha tenido que instalar a lo largo del estudio varias veces algún piezómetro de nuevo.

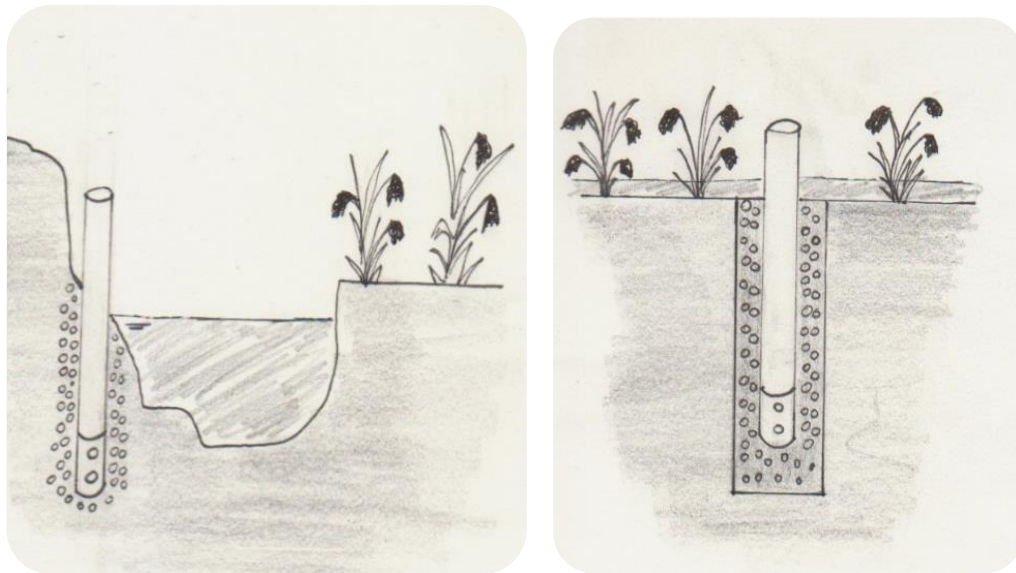


Figura 50: a) Piezómetro sobre talud de acequia b) piezómetro en campo de arroz.

3.2.3.2.- Muestreo de acequias

La calidad de las aguas superficiales en los humedales de ambientes semiáridos es clave para conocer su funcionamiento, pues de la calidad del flujo de aguas de entrada dependerá el estado ecológico del paraje (Zalidis, 1998). Bajo esta premisa se establecieron 54 puntos de muestreo de aguas superficiales (tabla 31) localizados geográficamente en la zona del Parque Natural y fuera de éste (figura 51) coincidentes en gran medida con las líneas de riego de los tancats muestreados. Así pues se implantaron puntos de control en la cabecera de los diferentes sectores de riego: río Júcar y Acequia Real del Júcar, depuradora de Pinedo (sector Oro) y acequia de Faitanar. Desde estos puntos hasta llegar a los *tancats* se establecieron puntos intermedios de muestreo para observar la variación de los parámetros estudiados. También se muestreó el lago en el embarcadero de la carretera de El Saler, así como agua de mar en la playa de Pinedo-El Saler.

Tabla 31: Acequias muestreadas y código de referencia.

Lugar de muestreo	Referencia	Lugar de muestreo	Referencia
Ac. de la Reina	A.1	Ac. Sollana	A.23
Ac. Carrera de la Jansa	A.2	Ac. del canal	A.24
Ac. Dreta Nova	A.3	Reguerot del Cavila	A.25
Ac. Overa	A.4	Ac. Perellonet	A.26
Ac. dels Campets	A.5	Sequiol del Raco de L'Olla	A.27
Ac. de la Alquerissa	A.6	Ac. del Oro	A.30
Ac. Cubella	A.7	Ac. del Tremolar	A.31
Ac. dels Campets	A.8	Ac. del Vall	A.32
Ac. de L'Ullal	A.9	Ac. Nueva Eixarch	A.33
Ac. Senillera	A.10	Ac. del Escorredor Fondo	A.34
Ac. Dels Setze Pams	A.10.1	Ac. de la Font de Fus	A.35
Sequiol Escorredor	A.10.2	Ac. de Albal	A.36
Sequieta Nova	A.11	Ac. del Comu	A.37
Ac. Major de Sueca	A.11.1	Sequiol del Port de Silla	A.38
Ac. Nova	A.12	Sequiol de la Font Nova	A.39
Ac. de la Alquerissa	A.13	Sequiol dels Catalans	A.40
Ac. de l'Assarb	A.14	Ac. del Puerto de Catarroja	A.41
Ac. de Benifaio	A.15	Barranco de Chiva	A.42
Ac. del Romani	A.16	Sequiol del Romero	A.43
Ac. de la Barca	A.17	Ac. del Escorredor fondo	A.44
Ac. de Foia	A.18	Ac. de Ravisanxo	A.45
Ac. Parra	A.18.1	Ac. de la font del Caminas	A.46
Sequiol Casa el Trompo	A.19	Ac. Carrera del Saler	A.47
Sequiol de la Torisana	A.20	Ac. Carrera del Saler	A.48
Barranc de Foia	A.21	Ac. Carrera del Saler	A.49
Ac. Reial del Xuquer	A.21.3	Mar mediterráneo	A.50
Ac. Reial del Xuquer	A.22	Lago	A.60

La toma de muestras fue mensual, aunque en las épocas de inundación no se pudieran tomar ejemplares en algunas acequias por la imposibilidad de acceso. El muestreo se realizó sobre flujos continuos de agua en estado no estacional y para ello se emplearon botellas de polietileno de alta densidad que previamente habían sido limpiadas con HNO₃ al 10% y lavadas posteriormente con agua destilada para evitar la acumulación de carbonatos precipitados. Estas botellas de 125 ml eran etiquetadas (figura 52) y almacenadas en una nevera portátil hasta llegar al laboratorio (Andreu y Camacho; 2002; AENOR, 2004; 2007a).

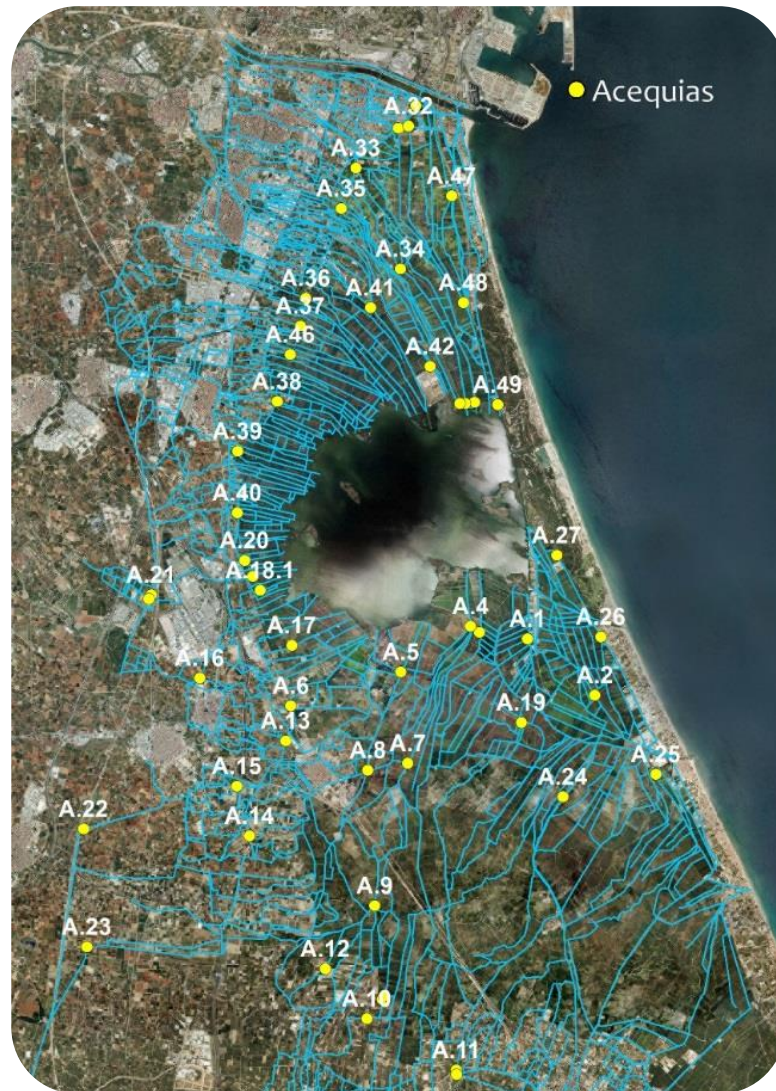


Figura 51: Red de muestreo de acequias.


DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL	
U.D.SUELOS	
 UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA	Muestra nº.....
Origen.....	
Estudio.....	
Fecha..... Ref Lab.....	



Figura 52: Etiquetas muestreo y botes de polietileno.

3.2.3.3.- Muestreo de aguas superficiales y freáticas

La toma de muestras de agua superficial y freática se realizó sobre la red de piezómetros anteriormente señalada con una periodicidad mensual, puesto que Shaffer *et al.* (2000) en base a los objetivos propuestos recomiendan que el monitoreo se lleve de forma bimensual o mensual por más de un año, pues posibilita disminuir los datos no representativos o dudosos además de responder a los eventos estocásticos que afectan a la hidrología de los humedales (tormentas, variabilidad de precipitación, etc.). Las pautas de toma de muestras son las mismas que hemos expresado en el apartado anterior para acequias, acoplándose a la influencia del ciclo hídrico del parque y del cultivo. En cuanto a las aguas freáticas, estas fueron tomadas del interior de los tubos mediante una pequeña bomba o mediante una varilla extractora (López *et al.*, 1997). En las épocas de inundación muchos piezómetros estaban completamente inundados y no se pudo tomar muestras ni de capa freática ni de lámina libre.



Figura 53: Toma de muestras de aguas en lámina libre.

3.2.3.4.- Medición de alturas

Los piezómetros permiten controlar el nivel freático o piezométrico de las aguas subterráneas y muchos son los estudios que reflejan su utilidad en el control de la variación y flujos de éstas en humedales y en zonas de cultivo (Devito *et al.*, 1996; Heagle *et al.*, 2013; Lamontagne *et al.*, 2005; Lenahan y Bristow, 2010; Sánchez- Martos *et al.*, 2003; Sophocleous, 2002; Stringer *et al.*, 2010; Xun *et al.*, 2008). De modo mensual se decidió controlar la cota de la capa freática de los puntos muestreados. Para ello antes de tomar la muestra de agua, se registraba mediante una escala centimétrica los siguientes valores: distancia desde la superficie del suelo a la parte superior del piezómetro (A) que fue tomada como nivel de referencia al ser invariable; distancia desde el nivel de referencia hasta la superficie de la lámina de agua (B) y distancia desde el nivel de referencia hasta la superficie libre de la capa freática (C) (figura 54). De este modo tenemos de cada piezómetro (en los momentos accesibles) los valores correspondientes a las cotas de la capa freática y de la lámina libre.

Actualmente hay disponible en el mercado dispositivos automáticos que son capaces de medir las cotas de agua en un piezómetro, así como parámetros como la CE, temperatura, pH cuyo nombre comercial son DIVERS. El elevado coste de dichos dispositivos junto a la inseguridad de su instalación puesto que son campos abiertos con acceso libre desestimó su uso en el presente trabajo.

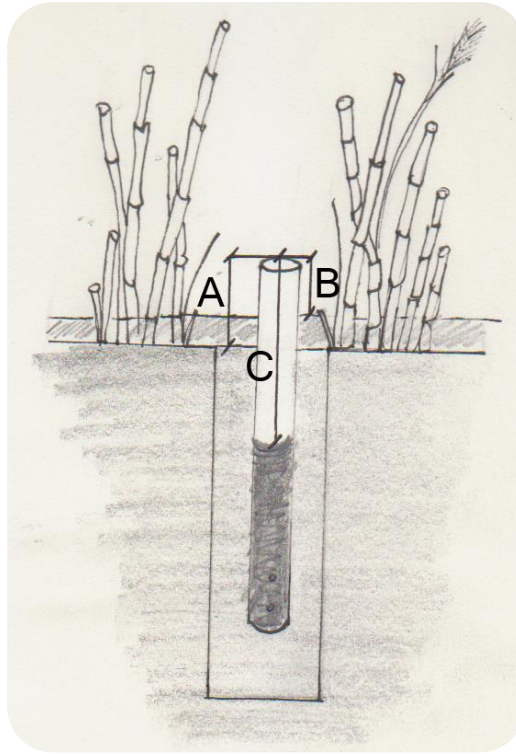


Figura 54: Referencias de toma de alturas en piezómetros.

3.2.3.5.- Muestreo de suelos

Los puntos de muestreo de suelos se dividen en sondeos cuando el objetivo del trabajo es el cartografiado de variables edáficas y en calicatas si se pretende obtener una clasificación taxonómica de la zona.

Sondeos

Al mismo tiempo que se instalaron los piezómetros se tomaron muestras alteradas del perfil del suelo cada 20 centímetros que es la longitud de la barrena (AENOR, 2007b). El muestreo de suelo se realizó en el mismo instante de instalación de piezómetros y se desestimó una segunda toma de muestras puesto que el objetivo era caracterizar el suelo además de que se recomienda el paso de entre 3 y 10 años para el re-muestreo de suelos (Sparling *et al.*, 2004). Las muestras una vez tomadas fueron introducidas en una bolsa y etiquetadas (figura 56) para su posterior análisis.



Figura 55: Toma de muestras en campo.

A su vez y en base a las directrices de la guía para descripción de perfiles de la FAO (FAO, 2009) se describieron los parámetros edafológicos principales (materia orgánica, raíces, textura al tacto, elementos gruesos y estructura). La toma de muestras fue principalmente cada 20 cm hasta una profundidad máxima de 1,10 m, aunque la presencia de capas freáticas elevadas, en base a la posición topográfica de los puntos, complicó la extracción de muestras en algunos casos, puesto que era imposible extraer suelo de forma consistente. Además destacar que en aquellos suelos en los que los cambios texturales eran muy acusados y se podía identificar claramente el límite entre horizontes, la distancia varió y no era cada 20 cm exactos.

ESTUDIO:		Ref. Laboratorio:	
Ref. Campo:		Observaciones:	
Prof. (cms):	Horizonte n°:	Persona muestreo:	
Fecha:		Remite a :	

Figura 56: Etiqueta de identificación de la muestra de suelo.

Calicatas

La descripción de los perfiles del suelo es fundamental para la definición de las características hídricas de los suelos del humedal pues el conocimiento de los horizontes y sus características pueden facilitar la comprensión de los flujos del agua subterránea (Davidsson, *et al.*, 2000). En base a la experiencia de los materiales extraídos en los 133 sondeos se decidió para caracterizar y clasificar taxonómicamente las diferentes unidades homogéneas de suelo realizar 19 calicatas (figura 57). El muestreo se efectuó una única vez y de forma aleatoria no alineada (AENOR, 2007c; 2007d). La apertura de la calicata fue manual hasta aproximadamente 1,30 metros de profundidad y se efectuó sobre todo en campos de cultivo. Tras la apertura del perfil se dejó transcurrir 24 horas como mínimo para que la capa freática se estabilizara.

Una vez acontecidas las 24 horas se procedió a su descripción en base a las directrices establecidas por la guía de descripción de perfiles de la FAO (FAO, 2009) y el empleo de indicadores de campo de suelos hídricos (USDA – NRCS, 2010). Tras registrar la altura de la capa freática se procedió a tomar una muestra de ésta y se vació el agua del perfil. Posteriormente se limpió la superficie de una de las paredes de la calicata y se identificaron los diferentes horizontes en función de la textura, la materia orgánica, las raíces y el color (Fletcher, 2009; Ovalles, 2003; Schoeneberger *et al.*, 2002; Vepraskas, 1995) para tomarse al final una muestra representativa que se etiquetó para su traslado al laboratorio. Por último se procedió a la descripción de los diferentes apartados de la ficha de campo para la descripción de suelos (Gisbert y Roquero, 1981) en cuanto a identificación, descripción del entorno y descripción del perfil. Por último y junto con la ficha para identificar indicadores de campo (anexo II) se describieron las características morfológicas de los diferentes horizontes y se tomaron fotografías del perfil y del entorno.

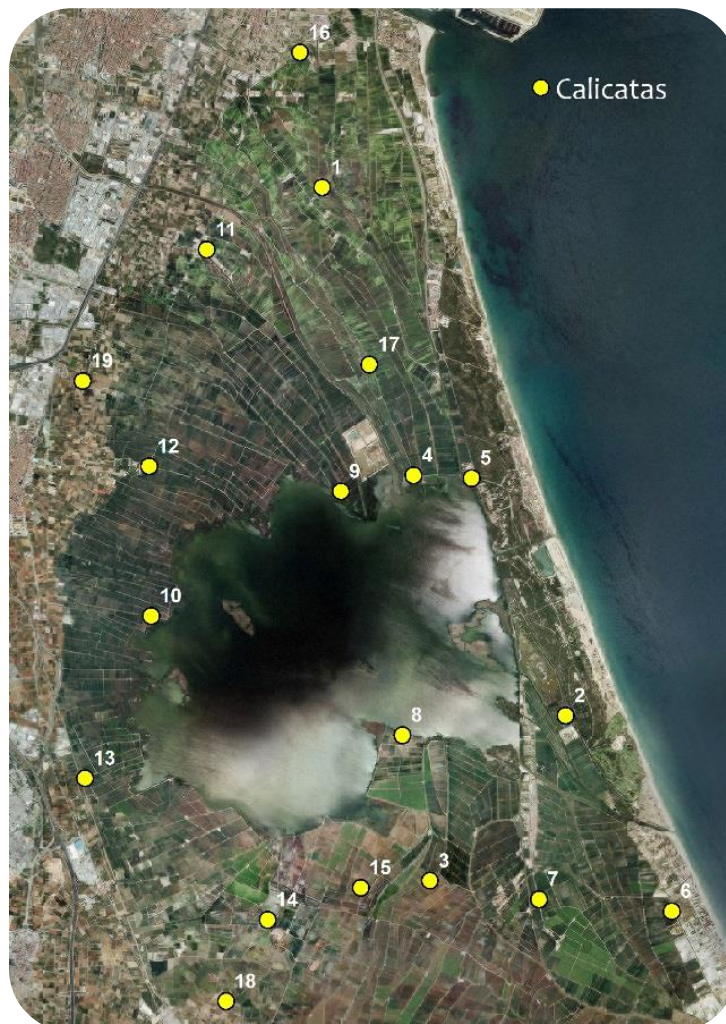


Figura 57: Localización de las calicatas.

3.2.3.6.- Georeferenciación

La necesidad de establecer las coordenadas de los puntos muestreados y por otra parte la cota real de la superficie del suelo para poder correlacionarlas con las cotas o niveles piezométricos se llevó a cabo mediante el uso de la estación Leica GPS 1200 (figura 58) que se basa en el concepto de estación de referencia virtual (VRS). La ventaja de este sistema es la fiabilidad de las medidas con precisión centimétrica, ofreciendo valores corregidos a nivel de centímetros necesarios para la estimación más correcta y precisa de la variación de la capa freática y lámina libre.



Figura 58: Sistema de Georeferenciación Leica GPS 1200.

Tradicionalmente los Sistemas Globales de Posicionamiento por Satélite (SGPS) ofrecen los datos de posición (coordenadas x , y , y z) mediante el cálculo de distancias. Es lo que se conoce como pseudomedidas pues los diferentes satélites mandan una señal que es recibida por el dispositivo GPS, y en función de la intensidad y del tiempo transcurrido desde que fue mandada la señal se calcula la posición del dispositivo con una precisión y un error que puede ser de hasta decenas de metros. Sin embargo los actuales dispositivos, como el Leica GPS 1200 obtiene, en vez de pseudomedidas, observaciones visuales de fase con un error mucho menor y con una altísima precisión centimétrica (Häkli, 2007; Garrido *et al.*, 2013; Wanninger, 2003). Se sabe que utilizando VRS el posicionamiento mejora y el error en planimetría es de 2 cm y de 4 cm en altimetría.

El procedimiento de trabajo en campo está basado en la utilización de la telefonía móvil para comunicarse con las estaciones virtuales de referencia y con el servidor que es el encargado de corregir topográficamente los datos. Así pues el proceso de toma de datos sigue el siguiente patrón:

1. La estación con el receptor móvil determina su posición mediante el GPS
2. Posteriormente se conecta vía telefonía móvil al centro de recepción o control (servidor) y le transmite su posición aproximada con un mensaje NMEA (National Marine Electronics Association).
3. El servidor una vez recibida la posición genera una estación virtual de referencia con la información de la red de estaciones permanentes disponibles.
4. Una vez configurada la estación virtual el dispositivo de medida comienza a recibir correcciones en base y comienza a registrar datos sobre posición y altura que se recogen y almacenan de acuerdo a los siguientes parámetros:
 - Identificador del punto
 - X local
 - Y local
 - Altura elipsoidal
 - Desviación en X
 - Desviación en Y
 - Desviación en altura
 - Q de coordenadas
 - Ondulación
 - Fecha
 - Hora
5. Posteriormente estos datos son volcados mediante software informático y se obtienen las coordenadas y cota del punto analizado.

Aunque este método puede presentar problemas de comunicaciones en zonas con poca cobertura, su elección se basó en la necesidad de obtener datos precisos que abarcaran en mayor medida las posibles variaciones mínimas de la lámina libre de agua y la capa freática traducidas en centímetros.

3.2.4.- Fase de laboratorio

Todas las muestras de suelos y aguas fueron recogidas y trasladadas al laboratorio de la Unidad Docente de Suelos para su análisis.

3.2.4.1.- Análisis de aguas

Las muestras de agua (acequias, capa freática y lámina libre) se mantuvieron refrigeradas en todo momento desde su recogida hasta la línea de análisis. Al llegar al laboratorio se registraron en una base de datos y se filtraron, pasando posteriormente a medir su pH y CE. A continuación las muestras se guardaron en nevera entre 2 y 4 °C para mantener las condiciones óptimas en su análisis (AENOR, 2004). Las analíticas realizadas con el fin de caracterizar las aguas (tabla 32) se basaron en las directrices de la normativa recogida en el manual para análisis de aguas y aguas residuales, (APHA *et al.*, 2005).

Tabla 32: Metodologías analíticas de aguas.

Parámetro	Técnica	Referencia al método	Unidades habituales
Bicarbonatos	Titulación (HCl)	SM 2320 - B	meq/l
Calcio	Titulación (EDTA)	SM 3500 - Ca B	meq/l
Carbonatos	Titulación (HCl)	SM 2320 - B	meq/l
Cloruros	Titulación (AgNO ₃)	SM 4500 - Cl B	meq/l
Conductividad a 25°C	Electrometría	SM 2510 B	dS/m
Magnesio	Titulación (EDTA)	SM 3500 - Mg B	meq/l
pH	Electrometría	SM 4500 - H ⁺ B	Ud. pH
Potasio	Fotometría de llama	SM 3500 NAB	meq/l
Sodio	Fotometría de llama	SM 3500 - KB	meq/l
Sulfatos	Turbidimetría (BaCl ₂)	SM 4500 - SO ₄ ²⁻ E	meq/l

Las metodologías empleadas para el análisis de aguas son técnicas analíticas basadas en, la electrometría, la fotometría, la titulación y la turbidimetría en las que se determina el ion correspondiente de una muestra acuosa generalmente diluida.

El calcio, magnesio, bicarbonatos y carbonatos se determinaron mediante titulación con el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) los dos primeros y con HCl los segundos.

Calcio

La capacidad de los iones calcio de formar quelatos con el EDTA en un medio a pH 12 para que los iones magnesio precipiten en forma de hidróxido de magnesio (Mg(OH)₂) es la clave de dicha técnica analítica que con el indicador murexida da lugar a un viraje de rosa a malva cuando todo el calcio está asociado al EDTA.



Figura 59: Viraje en la titulación del calcio por EDTA.

Dureza

Se define la dureza total del agua como la concentración de carbonato cálcico y magnésico que tiene y que es equivalente a la concentración de los cationes bivalentes (calcio y magnesio). La facilidad de los iones calcio y magnesio de formar un complejo quelato con el EDTA a pH 10 se

ve reflejado con el viraje de rojo vino a azul cuando introducimos en la solución el indicador Negro de ericromo T. El cálculo del valor de magnesio se obtendrá al restar el valor de calcio al de dureza.

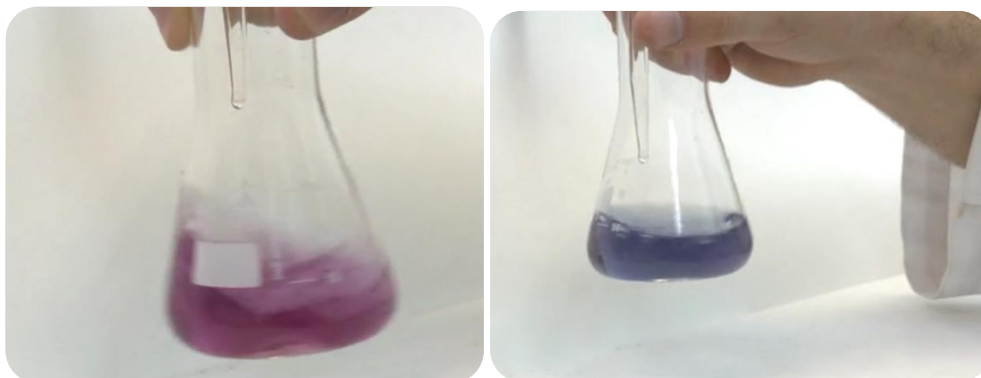
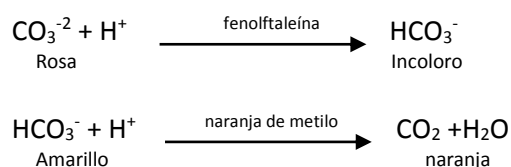


Figura 60: Viraje en la titulación de la dureza por EDTA.

Carbonatos y bicarbonatos

Los carbonatos y bicarbonatos se determinan por neutralización en presencia de un indicador ácido-base. Con un ácido como patrón se obtiene la concentración de cada componente en un agua natural. En este caso se utilizaron dos indicadores; la fenolftaleína para detectar carbonatos y el naranja de metilo para bicarbonatos cuyos virajes finales tras aplicar el HCl son incoloro y naranja respectivamente.



Sodio y potasio

Al dispersar una alícuota de una muestra líquida y pulverizarla sobre una llama, los átomos disociados se excitan debido a energía térmica de la llama pasando a niveles superiores de energía. El retorno al estado fundamental es inmediato y va acompañado de la emisión de radiación de frecuencia característica de cada elemento. A una medida de la radiación de 586 nm determinamos el sodio, mientras que a 765 nm lo hacemos con el potasio. Para ello se utilizó un espectrofotómetro de llama, modelo Sherwood Flame Photometer 410 (figura 61).



Figura 61: Fotómetro de llama

Sulfato

La determinación del sulfato se realizó mediante el método turbidimétrico, puesto que los iones sulfato precipitan como sulfato de bario (BaSO_4) en un medio saturado de cloruro de bario (BaCl_2). De dicha solución precipitada se mide la absorbancia mediante un espectrofotómetro y los valores se enfrentan a un rango de patrones definidos. El modelo de espectrofotómetro utilizado fue T70+UV/VIS Spectrophotometer.

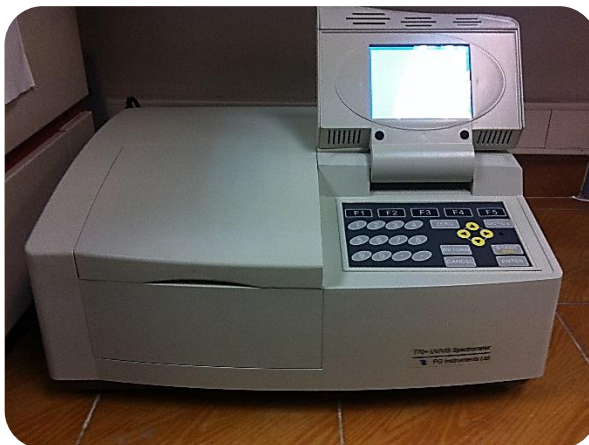


Figura 62: Espectrofotómetro para determinación de sulfatos

Cloruro

La determinación de cloruros en el agua se realizó mediante el método de Möhr que se basa en la reacción del cloruro con el nitrato de plata dando lugar a un precipitado de color rojizo con el cromato potásico al 5% como indicador. Las reacciones que se producen son:

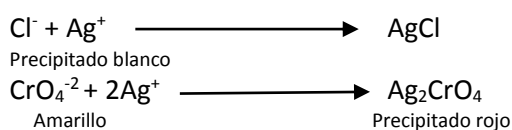




Figura 63: Viraje en la titulación de cloruros

Algunas muestras se analizaron utilizando un clorurímetro cuyo principio es el mismo sin tener en cuenta la aplicación del indicador. EL clorurímetro utilizado fue el modelo PCLM3 Jenway.



Figura 64: Clorurímetro

pH y CE

El pH y la conductividad se midieron por electrometría mediante el micro-pH 2001 y el conductímetro micro-CM 2202.



Figura 65: a) Conductímetro y b) pH-metro

Los valores obtenidos en todos los análisis fueron testeados mediante la prueba de fiabilidad analítica de un agua en el que se debe cumplir que la disolución sea eléctricamente neutra:

$$\sum Cationes(meq/l) = \sum Aniones (meq/l)$$

Y el error de análisis se estimó mediante:

$$Error (\%) = \frac{|\sum cationes [meq/l] - (\sum aniones [meq/l])|}{|\sum cationes [meq/l] + (\sum aniones [meq/l])|}$$

Si el error fue mayor al 5% entonces se revisaban las analíticas de aquellos parámetros anormales y se volvían a repetir.

3.2.4.2.- Análisis de suelos

Tras recibir las muestras de suelo en el laboratorio se procedió a la asignación de un número de referencia de laboratorio y registrar las características de la muestra en una base de datos digital donde se anotaron:

- Número de referencia
- Fecha de muestreo
- Lugar de muestreo
- Autor del muestreo
- Estudio o trabajo al que pertenece
- Análisis a realizar

Una vez completada la ficha se trasladaron las muestras al invernadero donde se dispusieron ordenadamente por fecha de entrada en bandejas etiquetadas con el número de referencia y la calicata/sondeo al que pertenecían. En el invernadero se pasaron de 5 a 7 días secándose al aire libre, momento tras el cual se pasó a preparar la muestra para su posterior análisis según las normativas oficiales e internacionalmente reconocidas (AENOR; USDA; MAPA).

El primer paso fue calcular los elementos gruesos y separarlos de la fracción fina de suelo. Para ello se dispuso la muestra en un tambor con una malla de luz de 2 mm para su tamizado. La muestra tamizada se colocó en un bote de polietileno y se etiquetó con el número de referencia pasando las muestras al laboratorio para el análisis de los parámetros edáficos deseados (tabla 33).

Tabla 33: Metodologías analíticas de suelos.

Parámetro	Técnica	Referencia al método	Unidades habituales
Conductividad 1/5	Electrometría	Nº 3c y 4a *	dS/m
pH 1/25	Electrometría	Nº 3c *	Ud. pH
Pasta saturada	-----	Nº 2 *	-----
Conductividad extracto	Electrometría	Nº 4a *	dS/m
pH extracto	Electrometría	Nº 21c *	Ud. pH
Bicarbonatos	Titulación (H ₂ SO ₄)	USDA 6J1 ****	meq / l
Calcio	Titulación (ETDA)	USDA 6N1a ****	meq/ l
Carbonatos	Titulación (H ₂ SO ₄)	USDA 6I1a ****	meq / l
Cloruros	Titulación (AgNO ₃)	USDA 6K1a ****	meq / l
Potasio	Fotometría de llama	USDA 6Q1 ****	meq / l
Sodio	Fotometría de llama	USDA 6P1 ****	meq / l
Sulfatos	Turbidimetría (ClB ₂)	USDA 6L1 ****	meq / l
Hierro	Extracción (Ditionito) y Titulación (EDTA)	USDA 6C1b ****	%
Textura	Bouyoucos	USDA 3.2 **	% Fracción
Materia orgánica	Walkley-Black	USDA 6A1a ****	%
Materia orgánica	Contenido Mineral	USDA 5A ****	%
Determinación fibras	Volumen de fibras	USDA 5C ****	%
Grado de descomposición	Pirofosfato	USDA 5B ****	Color Munsell
Carbonatos Totales	Calcímetro de Bernard	UNE 103200:1993 ***	% CaCO ₃
Color	Munsell	Munsell	Tono/Valor/Croma
Humedad a saturación	Gravimetría	Nº 1a y 1b *****	%

Todas las metodologías han sido extraídas de: * (Richards, 1954); ** (Soil Survey Staff, 2009); *** (AENOR, 1993); **** (Soil Survey Staff, 2004) y ***** (MAPA, 1994) las cuales han sido testadas internacionalmente por otros muchos científicos de la ciencia del suelo.

Extracto de saturación

La preparación de la pasta saturada es el primer paso para obtener el extracto de saturación del suelo que es la solución extraída del éste después de saturarlo con agua, buscando la capacidad de campo. Para su preparación se mezclan aproximadamente 400 g de suelo (dependiendo de las analíticas a realizar) con agua destilada hasta crear una pasta mojada en un cuenco. El estado de saturación o humedad óptimo es aquel en el que la superficie del suelo se encuentra brillante pero sin agua libre sobre ella, además de deslizar al agitar el cuenco.

La muestra se prepara y se deja reposar cubierta por un film mínimo 24 horas, momento en el que se extrae la solución del suelo mediante un equipo de filtración al vacío.

pH, CE, cationes y aniones principales

Las analíticas de pHe, CEe, calcio, magnesio, cloro, sodio, potasio, sulfato y carbonato y bicarbonato siguen las mismas pautas establecidas en el apartado anterior, mientras que la $CE_{1:5}$ se mide también por electrometría, pero el ratio suelo:agua es de 1 gramo de suelo por cada 5 ml de agua. Lo mismo ocurre con el $pH_{1:25}$.

Hierro

El hierro es uno de los componentes más abundantes en la corteza terrestre al aparecer en muchas rocas sedimentarias. Su determinación se realizó en base al procedimiento de extracción por ditionito y posteriormente titulación por EDTA con el ácido salicílico como indicador del viraje.

Textura

El Método Bouyoucos es una metodología que permite la determinación de la textura de un suelo siempre que sus partículas estén completamente dispersas en una solución acuosa. Para ello se agita el suelo con una solución alcalina de hexametáfosfato sódico. En caso de que las muestras presentaran un elevado contenido en carbonatos (> 2%) y materia orgánica (> 3,5%), se procedió a eliminarlos mediante el uso de acetato sódico (para el contenido en carbonatos) y peróxido de oxígeno en materia orgánica.

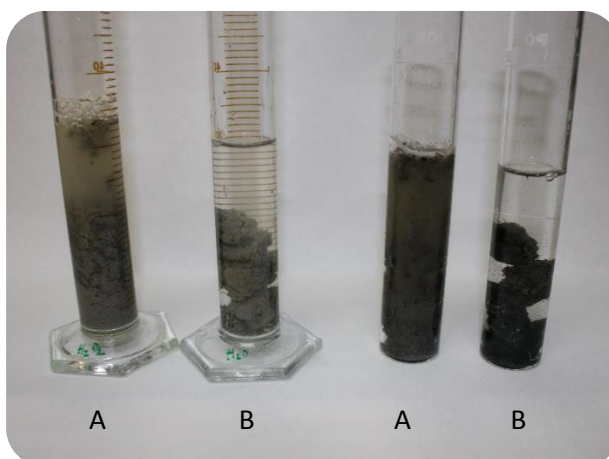


Figura 66: Muestras tratadas con materia orgánica (a) frente a las no tratadas (b).

Una vez eliminados mediante un densímetro se mide la densidad de la suspensión del suelo (φ) que está relacionada con la concentración de partículas en dicha suspensión mediante la fórmula:

$$\varphi = \rho_l + \frac{c}{1.000} \left(1 - \frac{\rho_l}{\rho_s} \right)$$

Donde c = concentración de la suspensión, ρ_l y ρ_s son las densidades del líquido y de las partículas respectivamente. Esta ecuación se basa en la ecuación de Stokes que relaciona el diámetro de las partículas con el tiempo de caída. De este modo se calculó la textura de las muestras de suelo.

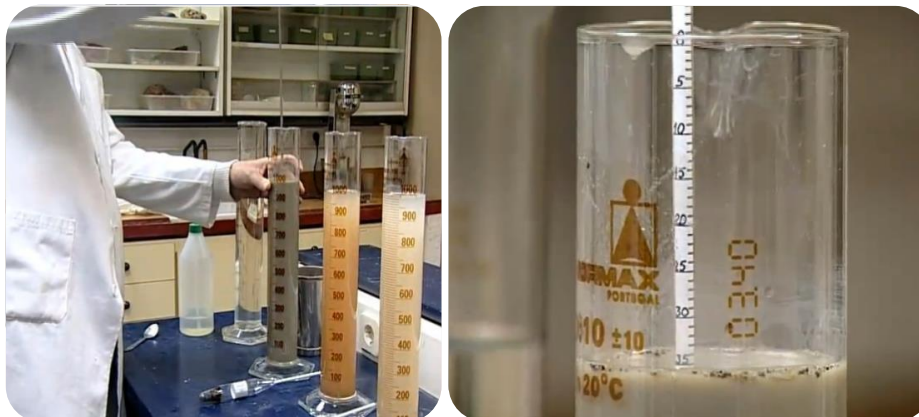


Figura 67: Proceso analítico de la determinación de la textura.

Materia orgánica

La determinación de la materia orgánica del suelo se realizó mediante el método de Walkley-Black que consiste en la oxidación con dicromato potásico de la muestra de suelo utilizando el calor desprendido al aplicar ácido sulfúrico. Posteriormente se realiza una valoración del exceso de dicromato potásico que no ha sido reducido con sulfato ferroso (García y Ballesteros, 2005) utilizando ortofenantrolina como indicador.

Con este método determinamos el carbono orgánico del suelo que multiplicado por el factor 1,724 obtiene el porcentaje de materia orgánica.

Cuando las muestras de suelo son determinadas como orgánicas y hablamos de material orgánico que pueda definir suelos orgánicos, el método de Walkley-Black debe de ser substituido por el cálculo de la materia orgánica perdida por ignición. Cuando el contenido en carbono orgánico es mayor del 8% Walkley-Black se considera una prueba no útil. Es por ello que para aquellas muestras cuyo valor fue superior al 8% en Walkley-Black, se realizó con la mufla el cálculo de la materia orgánica por diferencia entre ésta y la materia mineral.

Determinación de fibras y su volumen

Las muestras orgánicas pueden presentar diferentes grados de descomposición de las fibras dando lugar a materiales saprist, hemist o fibríst en función del reconocimiento de fibras en las muestras a analizar. De este modo mediante el método de desarrollo del color con pirofosfato

o la determinación de volumen con la utilización del método de la mitad de la jeringuilla (Lynn et al., 1974) se puede identificar dos características básicas de los materiales orgánicos del suelo.

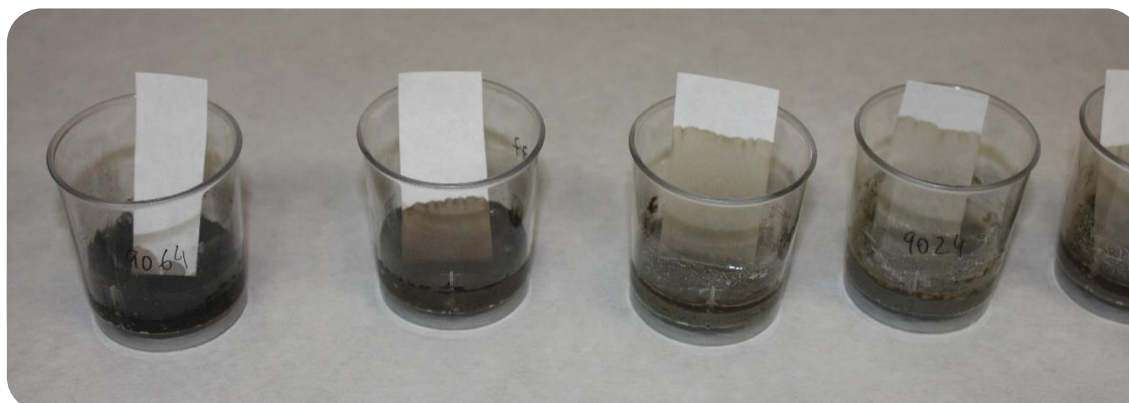


Figura 68: Determinación de fibras por pirofosfato.

Carbonatos totales

La determinación de carbonatos mediante el método de calcímetro de Bernard se basa en que si se ataca los carbonatos con ácido fuerte en un dispositivo cerrado a presión y temperatura constante, el incremento de volumen debido al desprendimiento de CO_2 es una medida discreta que puede ser relacionada con el porcentaje de carbonatos de un suelo al compararlo con la medida de un patrón de CaCO_3 puro.

Este método no es aplicable a suelos con un alto contenido en materia orgánica o con cantidades apreciables de MnO_2 . La interferencia causada por MnO_2 puede minimizarse usando un ácido que contenga un agente reductor y la causada por altos contenidos de materia orgánica reduciendo el tiempo de reacción o bien destruyéndola anteriormente. Es por ello que como con la textura, la materia orgánica de las muestras de suelo con un alto contenido fue eliminada mediante la oxidación con peróxido de oxígeno.



Figura 69: Determinación carbonatos (Calcímetro Bernard).

Color

La determinación del color tanto en seco como en húmedo de la matriz del suelo así como de las condiciones redox se realizó mediante el sistema de notación Munsell (Munsell Color Co, 1994) con la determinación del TONO VALOR/CROMA. (Ej: 10YR 5/2).



Figura 70: Determinación del color Munsell en seco y húmedo.

Fración arenosa

La determinación de los elementos gruesos y el tamaño de arenas (fina, muy fina, gruesa, muy gruesa, etc.,) se realizó de las muestras más arenosas con el fin de determinar granulométricamente la porción textural arena mediante el uso de tamices.



Figura 71: Torre de tamices y fracciones de arena separadas granulométricamente.

Humedad de saturación

La determinación de la humedad de saturación de una muestra se realizó por gravimetría. Para ello se escogieron varios agregados de las muestras de suelo y se pesaron tras pasar por estufa a 105 °C durante 24 horas. Una vez obtenido dicho peso se colocaron a saturar sobre un soporte poroso más de 24 horas. Cuando los agregados estuvieron completamente saturados se pesaron de nuevo y se calculó por diferencia el % de humedad gravimétrica que podían presentar.

3.2.5.- Fase de Gabinete

Tras el análisis de las muestras se procedió simultáneamente al tratamiento de los datos para su caracterización, cartografiado espacial y temporal, y su clasificación. El uso de paquetes de software informático facilitó dicha tarea, aplicando métodos descriptivos, así como modelos estadísticos y geoestadísticos.

3.2.5.1.- Tratamiento de datos de aguas, suelos y cotas.

Para el análisis del estado hidroquímico se utilizó el software AqQA que permitió la clasificación de las aguas freáticas, superficiales y de acequias en base a los analitos introducidos. Este programa, diseñado por ingenieros hidráulicos y geoquímicos, nos permitió comprobar la fiabilidad de los análisis de agua para mantener la coherencia interna así como representar gráficamente mediante diagramas como Piper, Stiff, ternarios o series temporales las variables y muestras deseadas. Por otro lado se utilizó el software Filemaker que permitió mediante una ficha analítica (anexo II) clasificar las aguas según la clasificación de Riverside (Richards, 1954), además de calcular el Carbonato de Sodio Residual, RAS, $RAS_{ajustado}$, y TDS.

El Carbonato de sodio residual (CSR) es otro parámetro accesorio que predice la acumulación de sodio en el suelo en base a la precipitación potencial de carbonato de calcio (calcita) y carbonato de calcio y magnesio (dolomita), expresado mediante su concentración en meq/l.

$$CSR = (CO_3^{-2} + HCO_3^{-}) - (Ca^{+2} + Mg^{+2})$$

Un CSR negativo señala que no hay riesgo de sodificación en el suelo y por lo tanto no hay riesgo de degradación estructural. Por el contrario un $CSR > 1,25$ indica un peligro potencial de dicha agua de riego para la estructura del suelo.

La Relación de Adsorción de Sodio ajustado (RAS_{adj}) se determina a partir del RAS, pero se tiene en cuenta la posible existencia de carbonatos y bicarbonatos en el agua de riego mediante la siguiente relación:

$$RAS_{adj} = RAS(1 + 8,4 \cdot pHc)$$

Donde $pHc = (pK_2 - pK_c) + p(Ca + Mg) + p(AlK)$, siendo todos los valores obtenidos por la concentración de calcio, magnesio y sodio de la muestra (tabla 34).

Tabla 34: Tabla accesoria para el cálculo de pHc.

Suma de Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ (meq/l)	Valor de ($pK_2 - pK_c$)	Suma de Ca^{2+} y Mg^{2+} (meq/l)	Valor de $p(Ca + Mg)$	Suma de CO_3^{2-} y CO_3H^- (meq/l)	Valor de $p(AlK)$
0,05	2,0	0,05	4,6	0,05	4,3
0,10	2,0	0,10	4,3	0,10	4,0
0,15	2,0	0,15	4,1	0,15	3,8
0,20	2,0	0,20	4,0	0,20	3,7
0,25	2,0	0,25	3,9	0,25	3,6
0,30	2,0	0,30	3,8	0,30	3,5
0,40	2,0	0,40	3,7	0,40	3,4
0,50	2,1	0,50	3,6	0,50	3,3
0,75	2,1	0,75	3,4	0,75	3,1
1,00	2,1	1,00	3,3	1,00	3,0
1,25	2,1	1,25	3,2	1,25	2,9
1,50	2,1	1,50	3,1	1,50	2,8
2,00	2,2	2,00	3,0	2,00	2,7
2,50	2,2	2,50	2,9	2,50	2,6
3,00	2,2	3,00	2,8	3,00	2,5
4,00	2,2	4,00	2,7	4,00	2,4
5,00	2,2	5,00	2,6	5,00	2,3
6,00	2,2	6,00	2,5	6,00	2,2
8,00	2,3	8,00	2,4	8,00	2,1
10,00	2,3	10,00	2,3	10,00	2,0
12,50	2,3	12,50	2,2	12,50	1,9
15,00	2,3	15,00	2,1	15,00	1,8
20,00	2,4	20,00	2,0	20,00	1,7
30,00	2,4	30,00	1,8	30,00	1,5
50,00	2,5	50,00	1,6	50,00	1,3
80,00	2,5	80,00	1,4	80,00	1,1

La base del presente estudio es la caracterización de la zona desde el punto de vista hídrico. En este caso, la cercanía a la costa añadía una variable más a nuestro estudio y es la posible intrusión marina en la Albufera. Observando la red de intrusión establecida por la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ), que en sus informes de 2006-2009 ofrecían valores de conductividad eléctrica con valores máximos de hasta 59,50 dS/m (tabla 35). Esta conductividad se asemeja a la del agua de mar (aproximadamente 50-55 dS/m) por lo que a priori en las zonas donde la capa freática estuviera más cercana a la superficie, podríamos tener problemas de salinización.

Tabla 35: Valores de CE (dS/m) de la red de intrusión Marina (CHJ).

	feb-06	ago-06	abr-07	oct-07	abr-08	oct-08	abr-09	Oct-09
Máximo	31,20	59,50	26,90	40,00	29,20	30,70	24,00	27,60
mínimo	15,70	16,00	2,11	4,52	7,39	4,39	8,44	3,96
Media	21,23	32,40	13,47	16,50	17,47	16,60	15,31	14,80
Municipio	Catarroja	Catarroja	Catarroja	Catarroja	Almusafes	Almusafes	Sueca	Almusafes
Cota (m)	140	140	29	140	80	80	35	80

Fuente: (CHJ, 2013).

Para ello se decidió utilizar ratios o relaciones iónicas para determinar la posible intrusión salina en el área de estudio ya que los iones principales del agua subterránea pueden ser empleados para determinar la interacción entre el agua subterránea y el agua salina de mar en las zonas costeras (Mondal *et al.*, 2011). Relaciones como Mg^{+2}/Ca^{+2} ; Cl^-/HCO_3^- ; SO_4^{-2}/Cl^- ; Na^+/Cl^- ; K^+/Na^+ ; Na^+/Ca^{+2} ; Cl^-/Br^- , entre otros pueden explicar el origen o comportamiento de las aguas. Los ratios $r(Cl^-/Br^-)$, $r(Cl^-/HCO_3^-)$, $r(Mg^{+2}/Ca^{+2})$ y $r(Na^+/Cl^-)$ han sido ampliamente utilizados con el fin de trazar el origen de la salinidad en acuíferos (Alcalá y Custodio, 2008; Castillo y Morell, 1988; Ghabayen *et al.*, 2006; Katz *et al.*, 2011; López, 2003; Marie y Vengosh, 2001; Mondal *et al.*, 2010; Morell, 1989; Panno *et al.*, 2006; Sánchez-Martos *et al.*, 2002). Mediante AqQa y Excel se realizaron las combinaciones de dichos ratios y se expresó el grado de intrusión en el área de estudio.

Respecto a los datos analíticos de suelos, éstos fueron empleados para generar parámetros de interpretación de las propiedades físico-químicas mediante cálculos y algoritmos matemáticos. Además de calcular el RAS y $RAS_{ajustado}$, se calculó también el factor n o de subsidencia (Pons y Zonneveld, 1965; Soil Survey Staff, 2010) en el que:

$$n_{rip} = \frac{A_{sat} - 0,2R}{L + bH}$$

Donde n_{rip} = valor n, A_{sat} = ratio de humedad saturada; L= contenido en arcilla; b=factor de corrección (toma valor de 3); H= contenido en materia orgánica y R=contenido en arena y limo. La subsidencia o hundimiento paulatino del suelo es un problema desde el punto de vista ingenieril que se debe de tener en cuenta y que en la clasificación taxonómica es una variable o característica de diagnóstico. De este modo en función del valor de n, dispondremos el mayor o menor riesgo de subsidencia en la siguiente tabla (Vermeulen *et al.*, 2003):

Tabla 36: Clasificación del material de acuerdo al valor n y riesgo de subsidencia.

Valor n	Descripción de la consistencia	Riesgo de subsidencia
<0,7	Firme	Nulo
0,7<n<1,0	Bastante firme	Nulo
1,0<n<1,4	Bastante débil	Ligero
1,4<n<2,0	Débil	Moderado
>2,0	Fango líquido que no puede ser amasado	Alto

Con todos los datos analíticos y los derivados de los diferentes cálculos, se definieron los tipos de suelos muestreados en las calicatas. La clasificación se realizó mediante la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2010) y el nivel de clasificación taxonómica al que se llegó fue el subgrupo.

Los datos recogidos mensualmente de las diferentes distancias del agua freática y lámina libre respecto al nivel de referencia del piezómetro, fueron corregidos en base a la cota real de la superficie que fue obtenida mediante la estación Leica GPS 1200 con un nivel de precisión centimétrico. Estos datos se trataron estadísticamente y de forma cartográfica como se verá a continuación además de utilizar el índice de Estado (I_e) como variable de control de la red de piezometría. La Confederación hidrográfica del Júcar realiza informes mensuales sobre el estado piezométrico de la cuenca hidrográfica, tomando como base los datos recogidos históricamente a los cuales enfrenta el dato mensual según las siguientes relaciones:

$$\text{Si } V_i \geq V_{med} \rightarrow I_e = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{V_i - V_{med}}{V_{max} - V_{med}} \right)$$

$$\text{Si } V_i < V_{med} \rightarrow I_e = \frac{V_i - V_{min}}{2(V_{med} - V_{min})}$$

Donde; V_i = valor de la medida obtenida en el mes; V_{med} = valor medio en el periodo histórico; V_{max} = valor máximo en el periodo histórico y V_{min} = valor mínimo en el periodo histórico. En nuestro caso los datos obtenidos como valores históricos serán el conjunto de datos de los 3 años clasificándose el I_e en las siguientes clases (tabla 37)

Tabla 37: Clasificación del índice de estado.

Valores de I_e	Clasificación
$0 \leq I_e < 0,15$	Situación mala
$0,15 \leq I_e < 0,3$	Situación deficiente
$0,3 \leq I_e < 0,5$	Situación moderada
$0,5 \leq I_e \leq 1$	Situación buena

3.2.5.2.- Tratamiento estadístico

Las variables que se recogieron en el presente estudio fueron todas métricas, aunque posteriormente y para una mejor interpretación se definieron variables ordinales y nominales.

La cantidad de datos recogidos en la experiencia precisó de un tratamiento estadístico con el objetivo de poder describir las variables de forma resumida. Es por ello que se utilizaron las variables estadísticas descriptivas generales: valores medio, máximo, mínimo, mediana, varianza y desviaciones estándar para su definición. La condición de normalidad de los datos fue corroborada mediante los gráficos Q-Q (cuantil-cuantil) derivado del software estadístico SPSS (Statistical Product and Service Solutions) que nos define si los residuos se ajustan a una distribución normal. También se utilizaron los test de Kolmogorov-Smirnov y de Shapiro-Wilk (Shapiro y Wilk, 1965) para comprobar numéricamente la normalidad a un nivel de significancia del 95%.

Mediante estos valores se comprobó si los datos se ajustaban a una distribución normal. La aplicación de las técnicas multivariantes para variables no paramétricas en función de la variable explicativa: test de Mann-Whitney y test Kruskal-Wallis definieron la significatividad de cada variable en función de la mediana. La comparativa de resultados por tanto se realizó mediante estas metodologías, más correctas que una ANOVA (utilizada en el caso de variables paramétricas o normales) (Wheater y Cook, 2000).

Por otro lado se realizaron análisis de correlación bivariados para corroborar las relaciones entre variables con el coeficiente de Spearman, así como los análisis de regresión simple y múltiple con el fin de explicar mediante el uso de ecuaciones de alguna de las variables naturales del Parque (Draper y Smith, 1998; Montgomery *et al.*, 2012). Estas técnicas han sido ampliamente aplicadas a las aguas y suelos de cualquier área del mundo (Batlle *et al.*, 2005; He *et al.*, 2012; Kobayashi *et al.*, 2006; Krupa *et al.*, 2011; Sonmez *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2005).

En este mismo sentido y debido a la gran cantidad de datos se realizó un análisis de Componentes Principales con el objetivo de sintetizar la información y reducir el número de variables (su dimensión) en base a unos nuevos factores o componentes que son combinación lineal de las variables originales e independientes entre sí (Berzas *et al.*, 2000; Jiejun *et al.*, 2009; Lucena-Moya *et al.*, 2012; Ouyang, 2005; Pulido-Lebouef *et al.*, 2002).

3.2.5.3.- Tratamiento geoestadístico y cartografía

Tras describir las características de cada una de las variables de suelo y agua analizadas se procedió a su evaluación temporal y espacial mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG) que se define como una metodología o herramienta plasmada mediante software informático que permite recoger, almacenar, manipular, recuperar y analizar datos espaciales georeferenciados de cara a una gestión del recurso o recursos estudiados (Elangovan, 2006). La gestión por tanto de los humedales es una aplicación ideal para el uso de SIG pues puede facilitar el monitoreo y vigilancia de los parámetros ambientales deseados mejorando por tanto el control sobre la calidad del entorno (Lowry, 2005; Quin *et al.*, 2010).

Con los SIG pasamos a georeferenciar, es decir posicionar un objeto/variable en un punto concreto en base a un sistema de coordenadas concreto y definido. La superposición de variables o capas que ofrece, además del desarrollo de modelos y algoritmos matemáticos para representar esa variable hacen de los SIG unas potentes herramientas de trabajo para aquellos técnicos encargados de gestionar y controlar los ecosistemas.

Una vez georeferenciados en campo los puntos, sus valores de X, Y y Z podían ser trasladados a un archivo de puntos y adjuntarle una serie de atributos (variables descriptivas como la CE, pH, color, etc.). La representación puntual de dichos valores en el espacio es simple, pero ¿qué pasa con los puntos que no se han muestreado? ¿Qué comportamiento siguen? Todas estas preguntas son respondidas mediante la Geoestadística que como tal fue desarrollada inicialmente para cuantificar el grado y escala de variación espacial de los recursos mineros que no se podían observar directamente, pero cuya necesidad de conocer espacialmente facilitaría la eficiencia en la explotación minera (Gallardo, 2006).

De este modo la geoestadística se define como la ciencia encargada de estudiar los datos cuantitativos de una población muestral de variables presentes en la naturaleza y como tal pretende describir la continuidad de cualquier fenómeno natural que se dé en ella. De este modo la estadística espacial es una de las mayores metodologías en estadística ambiental y los métodos geoestadísticos son una parte importante de esta estadística espacial (Juan *et al.*, 2011).

Muchas propiedades varían continuamente en el espacio y en el tiempo y no pueden ser medidas ni registradas en toda la superficie. Para representar sus variaciones espaciales, los valores deben ser estimados o interpolados de datos que sí que han sido tomados y analizados. La necesidad de monitorear esas variables es clara y la geoestadística suple esa necesidad mediante técnicas estocásticas que toman en cuenta el azar y la estructura natural de las variables en el espacio.

El kriging es una de esas técnicas de interpolación cuya base es el conocimiento de la variable en el espacio y que asume que los datos de una determinada población se encuentran correlacionados en el espacio. Muchos son los estudios que lo utilizan para representar en el espacio las diferentes propiedades del suelo y del agua, llegando a definir como la técnica más real y utilitaria para monitorear, evaluar y manejar recursos como el agua subterránea o el suelo (Abedini *et al.*, 2008; Abedini *et al.*, 2012; Arslan, 2012; Baalousha, 2010; Douaik *et al.*, 2004; Douaik *et al.*, 2005; Eldeiry y García, 2011; Henríquez *et al.*, 2005; Juan *et al.*, 2011; Monirul *et al.*, 2012; Moore *et al.*, 2011; Sun *et al.*, 2009; Triantafilis *et al.*, 2001; Utset *et al.*, 1998; Yang *et al.*, 2009). Dicha técnica geoestadística se basa en la semivarianza y en el semivariograma, los cuales sirven para ajustar el modelo de correlación de las variables estudiadas al revelar la estructura espacial inherente al fenómeno estudiado y plasmado espacialmente. De este modo la semivarianza es una medida del grado de dependencia espacial entre dos muestras y depende de la distancia entre ellos. La representación de las semivarianzas en función de la distancia al punto se refleja en el semivariograma, cuya función de semivarianzas ($\gamma(h)$) estimada por el método de momentos se expresa como:

$$\bar{\gamma}(h) = \frac{\sum(Z(x+h) - Z(x))^2}{2n}$$

Donde, $Z(x)$ = valor de la variable en las coordenadas (x, y) ; $Z(x+h)$ = valor de otra variable separada h del punto anterior y n = número de parejas separadas por dicha distancia.

Dicha función de semivarianza (figura 72) puede variar en función del modelo de semivariograma elegido, pero todos ellos presentan un rango, meseta y nugget.

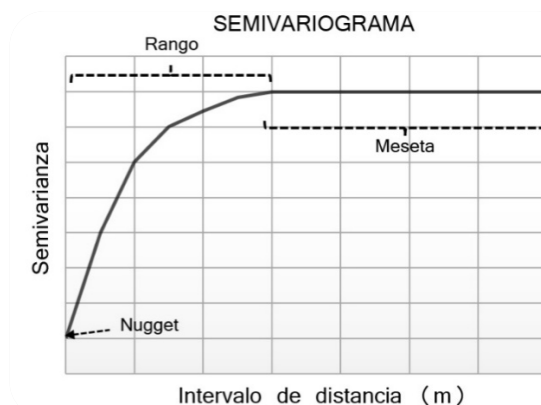


Figura 72: Divisiones en un semivariograma

El rango es la distancia a la que el semivarianza deja de incrementar su valor y refleja la distancia a partir de la cual las muestras comienzan a ser espacialmente independientes unas de otras. El nugget es la varianza no explicada por el modelo y se conoce también como varianza error (C_0). Su valor puede deberse a errores de medición de la variable o la escala de ésta. Por último la meseta es el valor constante de la semivarianza y se puede definir como el valor constante cuando la distancia h tiende a infinito (C_1 o C_0+C_1). El ratio nugget/meseta nos indicará la dependencia espacial de la variable, siendo $r < 25\%$ una muestra con alta dependencia espacial, $25\% < r < 75\%$ mostrando una dependencia espacial moderada y $r > 75\%$ una dependencia débil (Cambardella *et al.*, 1994; Wei *et al.*, 2007).

La utilización de diversos modelos de semivariogramas: circular, lineal, esférico, exponencial, gaussiano, etc., cuyas funciones varían, así como de diversos métodos de kriging y la definición de anisotropía o isotropía de una muestra definirán la bondad de la interpolación que está definida mediante la siguiente ecuación general:

$$h(x_o) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(x_o)h(x_i)$$

Donde $h(x_o)$ es el valor a estimar en la posición x_o ; λ_i es el peso asociado a la variable muestreada en el punto x_i cuyo valor es $h(x_i)$ y n es el número de puntos muestreados. Esta ecuación de interpolación general en función del conocimiento o las características de cada variable sufrirá alguna modificación, entrando por tanto a establecerse las diferentes técnicas de kriging.

La técnica de Kriging simple se utiliza si se sabe o asume el conocimiento tanto de la media como de la covarianza del proceso. Es poco utilizado puesto que estos dos parámetros son desconocidos y es preciso estimarlos a partir de los datos muestreados. Por otro lado tenemos el Kriging ordinario que se utiliza cuando la media es desconocida pero se sabe que la covarianza es constante y conocida. El kriging Universal por el contrario se utiliza en el caso de que la media y la covarianza son desconocidas en el espacio. Estos dos últimos son los más empleados en la explicación de variables naturales, siendo el Kriging ordinario el que más se emplea.

Una vez realizado el ajuste del modelo hay que comprobar su validez y para ello utilizamos el método de validación cruzada o *cross-validation* con el que podemos evaluar la mejor interpolación. Para ello se realiza una comparación en un punto definido del valor de la variable muestreada y el resultado obtenido tras la interpolación. El cálculo del error entre ambos valores nos definirá la precisión de cada método de interpolación y por lo tanto la calidad del modelo. Los parámetros que nos definen dicha calidad son el error medio (EM), el error cuadrático medio (RMSE) y el error cuadrático medio estandarizado (RMSSE).

$$EM = \frac{\sum(z_{i*} - z_i)}{n}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(z_{i*} - z_i)^2}{n}}$$

$$RMSSE = \sqrt{\frac{\sum\left\{\frac{(z_{i*} - z_i)^2}{\sigma_i^2}\right\}}{n}}$$

Donde z_{i*} es el valor muestreado; z_i = valor predicho; n = número de observaciones y σ_i^2 = varianza en el punto i .

De este modo el modelo que promueve mejores predicciones es aquel en el que EM tiende a cero (indicando que las predicciones son imparciales), el RMSE es lo más pequeño posible (indicando que las predicciones se asemejan a los valores medidos) y RMSSE se debe de acercar a 1 (Mondal *et al.*, 2010).

El estudio geoestadístico en el presente trabajo se realizó con el software ARCGIS 9.3 de ESRI que tiene incorporados todos estos algoritmos para su tratamiento. Datos de muestras de aguas freáticas como superficiales (espacial y temporalmente), así como las cotas piezométricas, los espesores de lámina de agua y las variables de suelo utilizaron estas técnicas para su representación cartográfica. También se realizó la correspondiente validación para corroborar los modelos que mejor se ajustaban a nuestros datos.

3.2.5.4.- Conclusiones y redacción.

Por último y con los datos tratados se analizaron los datos objetivamente y en base a la bibliografía consultada, que nos definía el estado de los suelos y aguas puntualmente en el Parque, se pasó a describir el comportamiento de cada variable estudiada y a redactar el documento final con las conclusiones.

Capítulo 4

Resultados

4.1.- Introducción

En este capítulo se procederá a describir las 7101 muestras de agua tomadas en los sondeos (5372 entre lámina libre y capa freática) y las acequias (1729 muestras) (figura 73), así como las 503 muestras de suelos (401 de sondeos y 102 de calicatas). En los resultados se destacaran las tendencias generales de las muestras poniéndose algún ejemplo significativo de su representación debido al volumen de datos generados que son imposibles de reproducir completos en el presente documento. Con todos ellos se caracterizaron y evaluaron tanto espacial como temporalmente estos recursos en el Parque Natural de la Albufera de Valencia y se valorará el estado medioambiental que desvelan los datos.

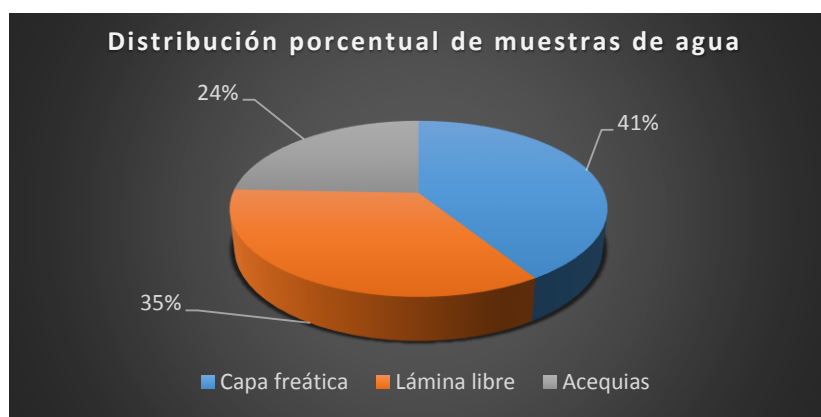


Figura 73: Distribución de muestras de agua analizadas.

Este capítulo se divide en tres grandes apartados, AGUAS, COTAS PIEZOMÉTRICAS y SUELOS, dentro de los cuales se desarrollará y discutirá sobre los resultados siguiendo siempre la misma estructura:

- 1) Tratamiento descriptivo de los datos analíticos.
- 2) Caracterización espacial y temporal

Al hacer referencia a cada muestra se utilizó la nomenclatura S.X, que se refiere al Sondeo número X en cada caso y que puede observarse en el mapa de situación presentado en el capítulo de materiales y métodos. Ejemplo: S.10 (Sondeo 10). Esta nomenclatura se utilizó indistintamente para tratar las muestras de suelo, agua y niveles piezométricos/lámina libre. Para las acequias se empleó la misma sistemática pero sustituyendo la letra S por la A (A.10 – Acequia 10) y en las calicatas se utilizó la letra C (C.9 – Calicata 9).

Para comprobar la influencia de la distancia al lago, distancia a la costa y la cota del punto de muestreo sobre los diferentes parámetros analizados en aguas y suelos se han agrupado los puntos de muestreo en 3 clases en función de la variable física correspondiente (tabla 38).

Tabla 38: Codificación de clases para el estudio estadístico de las variables físicas.

Código	Distancia a la lago	Distancia a la costa	Cota
1	0-1Km	0-3 Km	< -0,5 m
2	1-3 Km	3-6 Km	-0,5 a 0,5 m
3	Más de 3 Km	Más de 6 Km	> 0,5 m

Los criterios elegidos para separar cada una de las clases han sido:

Distancia al lago: Los *Tancats* de la zona oeste se sitúan a una distancia máxima al lago de 1 Km y los últimos *tancats* ejecutados por el hombre están también dentro de esta distancia, por lo que el primer grupo de muestras recoge todos los sondeos muestreados a menos de 1 Km del perímetro del lago. En la segunda clase encontramos antiguos *tancats* y zonas cuya superficie se encuentra a más de 1 metro sobre el nivel del mar, y por último encontramos los campos de arroz más altos y alejados del lago (distancia mayor de 3 Km).

Distancia a la costa: La división en cuanto a la distancia a la costa no viene sujeta a ningún condicionante geográfico y se ha optado por elegir 3 grupos para mantener la misma estructura metodológica.

Cota: Se presupone como hipótesis de trabajo que el mayor riesgo de salinización se dará en aquellos *tancats* con una cota inferior al nivel del mar, y es por ello que se ha identificado la primera clase por debajo de los -0,5 metros. Podría haberse dividido esta clase en dos grupos (mayor y menor a 0 m), pero el interés por identificar la influencia de los *tancats* ha aconsejado dividirlo en más clases, dejándose el valor de -0,5 m porque los *tancats* más cercanos al lago presentan cotas inferiores. La variabilidad en cuanto a la superficie del terreno es muy alta, pues aunque el proceso natural de aterramiento provoca una sedimentación bastante homogénea de materiales, la mano del hombre ha producido cambios en la topografía del Parque Natural.

Otro aspecto valorable fue la existencia de lámina libre y su influencia en la CE de la capa freática. Para ello se estableció el factor presencia/ausencia de lámina libre (periodos de eixugó) cuyos niveles de codificación se establecieron en base a los siguientes datos (tabla 39).

Tabla 39: Codificación del factor presencia/ausencia de lámina libre.

Código	Presencia de lámina libre
1	No
2	Si

Los datos analíticos también fueron estudiados en función del ciclo o el periodo en el que se encuentra el Parque Natural, codificándose la variable ciclo en los siguientes códigos:

Tabla 40: Codificación del factor ciclo.

Código	Ciclo
1	Cultivo del arroz
2	Inundación

Por otro lado se sabe que el clima es un factor ambiental determinante en el grado de salinización de suelos y aguas por el efecto combinado de la evapotranspiración y la precipitación. Para conocer su implicación en la caracterización de las muestras de agua (lámina libre, acequias y capa freática) se codificaron ambas variables a dos niveles (tabla 41) tomando como referencia el valor medio de precipitación y evapotranspiración obtenidos de los datos recogidos de las estaciones climáticas de la zona.

Tabla 41: Codificación para el estudio estadístico del factor clima.

Código	Precipitación	Evapotranspiración
1	≥ 45 mm	≥ 91 mm
2	< 45 mm	< 91 mm

Por último y en el tratamiento de datos en acequias se tuvo en cuenta el sector de riego para poder identificar con más precisión el origen de las aguas y su variación química a lo largo del parque. Dicha variable se asignó mediante el uso de 5 códigos (tabla 42) referentes a los sectores de riego del parque.

Tabla 42: Codificación del factor sector en acequias.

Código	Sector de riego
1	Recirculación <i>tancats</i>
2	Sueca
3	Acequia del Oro
4	Acequia de Favara
5	Acequia Real del Júcar

El último factor a codificar fue la distribución espacial de las acequias, completamente distinta a los *tancats*, dando lugar a la definición de otros baremos de agrupación en base a la cota (tabla 43).

Tabla 43: Codificación del factor cota en acequias.

Código	Cota
1	< 10 m
2	10 a 20 m
3	> 20 m

4.2.- Aguas

La cantidad total de analíticas realizadas en el laboratorio de Suelos y Aguas de la Universitat Politècnica de Valencia asciende a 63.480 análisis de los siguientes parámetros químicos: pH, CE y sodio, potasio, magnesio, calcio, cloruro, sulfato, bicarbonato y carbonato. Ante la imposibilidad física de incluir todas las analíticas se disponen en el anejo III ejemplos ilustrativos de muestras de agua representativas del estado general hidroquímico en la Albufera de Valencia.

Los análisis se han realizado sobre tres tipos de aguas según su origen: aguas de capa freática tomadas del interior de los piezómetros y que reflejan las características de las aguas subterráneas a una profundidad media desde la superficie del punto de 1,5 – 1,75 metros de profundidad. También se han tomado muestras del agua de lámina libre recogidas junto al tubo piezométrico en aquellos momentos que había agua disponible. Por último se muestrearon las acequias principales del parque tomando muestras en flujos continuos y reflejando el estado de las aguas de aporte al Parque Natural. Para el mejor entendimiento del capítulo se ha dividido este apartado en 3 diferentes, siendo la discusión conjunta debido a la interrelación entre las aguas.

4.2.1.- Acequias

Las analíticas de las muestras de agua de las acequias se presentan en el anejo III, donde se disponen algunos ejemplos representativos de las acequias del Parque Natural, así como de las fichas empleadas para caracterizar y clasificar las aguas en base a las analíticas realizadas: pH, CE, calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonato, carbonato, sulfato y cloruro.

Todos estos parámetros fueron empleados para el cálculo posterior de variables utilizadas en la caracterización de aguas de riego como el RAS, $RAS_{ajustado}$, sólidos disueltos totales (TDS), carbonato sódico residual y sus resultados analíticos fueron aprobados al presentar errores de análisis inferiores al 5%.

El tratamiento estadístico de las muestras comenzó con el estudio de la descripción y distribución de los datos mediante el test de Kolmogórov-Smirnov y el de Shapiro–Wilk (tabla 44) que reflejaron el comportamiento no normal de todas las variables y condicionaron los posteriores estudios al tener que emplear técnicas no paramétricas y comparar medianas para ver la diferencia entre diferentes factores y las variables cuantitativas.

Tabla 44: Estadísticos de pruebas de normalidad en acequias.

Pruebas de normalidad				
Parámetros	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.
Calcio	0,134	<0,01	0,818	<0,01
Magnesio	0,167	<0,01	0,541	<0,01
Sodio	0,435	<0,01	0,112	<0,01
Potasio	0,389	<0,01	0,197	<0,01
Bicarbonato	0,130	<0,01	0,929	<0,01
Sulfato	0,117	<0,01	0,659	<0,01
Cloruro	0,429	<0,01	0,112	<0,01
pH	0,038	0,063	0,981	<0,01
CE	0,408	<0,01	0,128	<0,01

El pH mediante el test de Kolmogorov-Smirnov presenta un valor que está prácticamente en el límite de la no normalidad ($p < 0,05$). No obstante al realizar el test de Shapiro-Wilk el resultado es totalmente antagónico. Por esta contradicción se considera que la variable no es normal, comprobándose dicho echo mediante el gráfico Q-Q (figura 74).

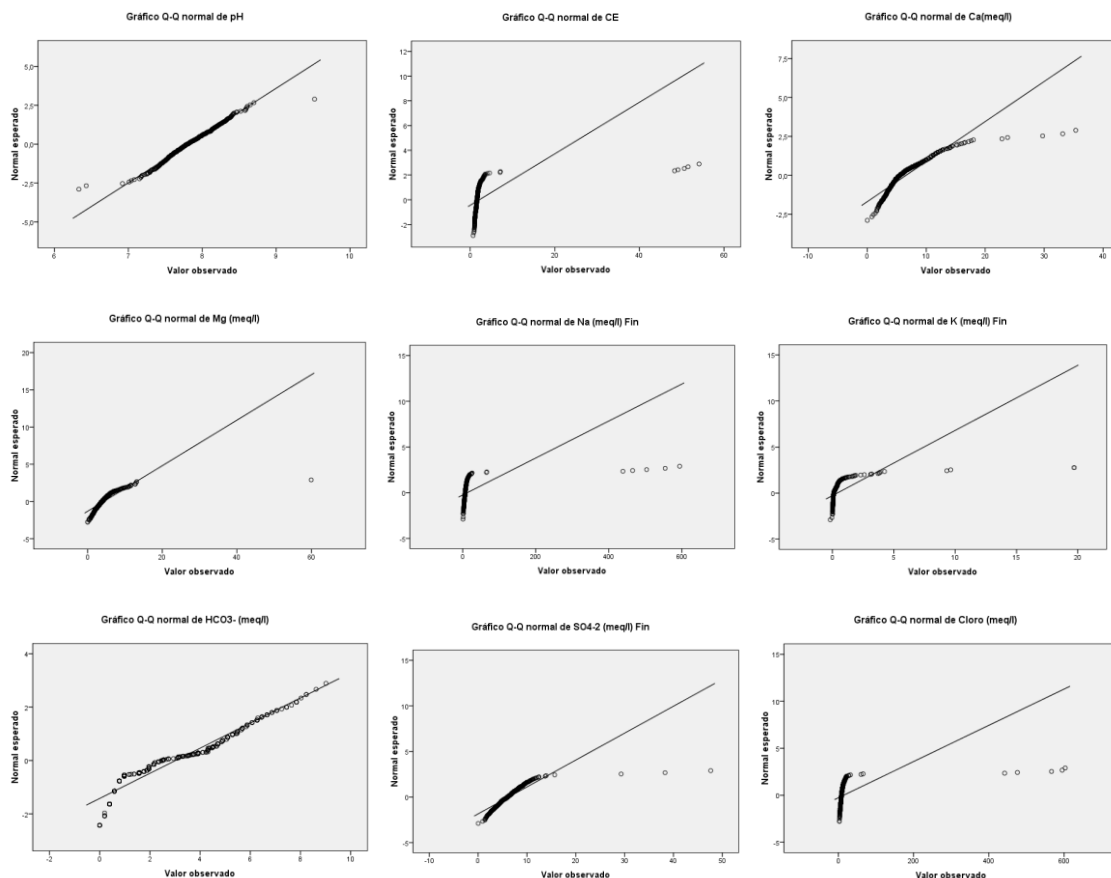


Figura 74: Gráficos Q-Q de los parámetros analizados en acequias a) pH b) CE c) calcio d) magnesio e) sodio f) potasio g) bicarbonato h) sulfato i) cloruro.

4.2.1.1.- pH

Las muestras recogidas en las acequias del entorno de la Albufera de Valencia se caracterizan por presentar un pH con un valor medio de 7,8 y una desviación estándar de 0,34 unidades, coincidiendo en rango con los valores analizados por Martínez (2003) en las acequias del sector de Oro y García (1979) en varias acequias del parque. Esto provoca que el histograma de los datos se asemeje a una distribución normal, aunque no cumple la normalidad.

El valor mínimo es de 6,89 registrado en febrero de 2011 en el barranco de Foia (A.21), mientras que el valor máximo de 9,42 se recogió en la unión de la acequia de Foia con la canalización de la depuradora de la cárcel de Picassent en diciembre de 2010 (tabla 45). En general las acequias presentan valores homogéneos de pH a lo largo del estudio siendo la más variable el barranco de Foia y la unión entre el barranco de Foia y la canalización procedente de la depuradora de la cárcel de Picassent cuyos parámetros de calidad varían drásticamente presentando deficiencias en la depuración. Que el máximo y el mínimo de pH se den en esta acequia es normal y debería replantear el funcionamiento de la depuradora del centro penitenciario puesto que sus aguas directamente van a parar a pocos kilómetros a la acequia de Foia tras cruzar la zona industrial de la Ford de Almussafes.

Tabla 45: Estadísticos descriptivos del pH en acequias.

Estadísticos	Valor	Estadísticos	Valor
Media	7,80	Mínimo	6,89
Desviación Estándar	0,34	Máximo	9,42
Mediana	7,78	Coefficiente de asimetría	1,16
Coefficiente de Variación (%)	4,42	Curtosis Estandarizada	8,49

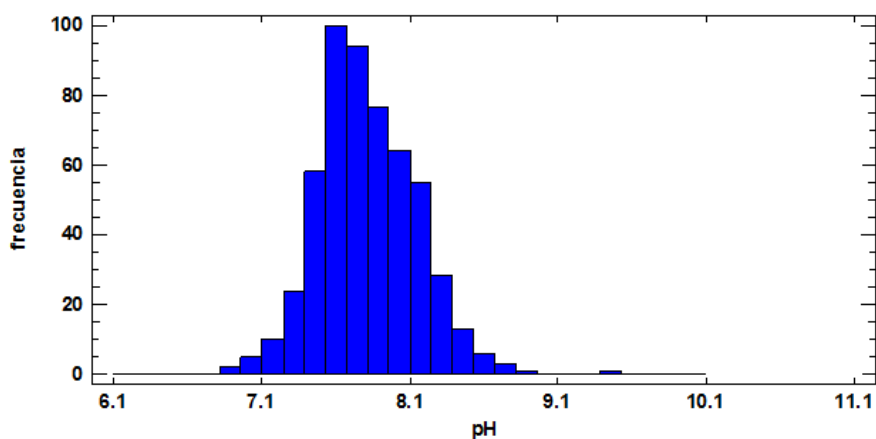


Figura 75: Histograma de la variable pH en las acequias.

El histograma (figura 75) nos muestra esa tendencia a la normalidad del pH, entre otras cosas por el escaso rango de variación entre valores como demuestran los estadísticos del coeficiente de variación así como el coeficiente de asimetría.

La distribución anual de los valores de pH medio para el conjunto de las acequias no varía de forma considerable estipulándose su variación media en menos de 1 unidad (figura 76). Espacialmente no hay diferencias significativas en cuanto a los sectores de riego ni a los diferentes orígenes de agua (ríos Júcar y Turia, depuradoras Pinedo, Albufera Sur, retornos de riego, etc.). A modo de resumen el pH es bastante homogéneo en todo el parque con pequeñas variaciones puntuales que no tienen repetición anual o mensual.

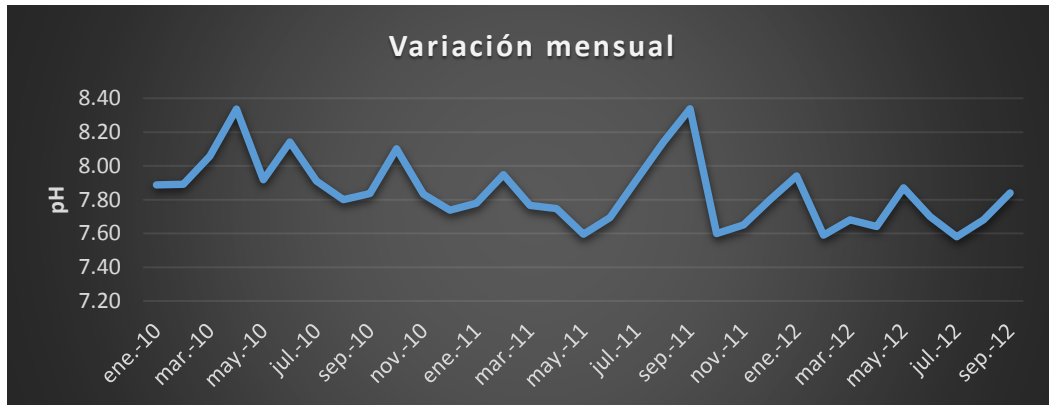


Figura 76: Variación mensual del pH medio en el conjunto de acequias.

4.2.1.2.- Cationes y aniones principales

Los estadísticos de los cationes y aniones principales nos reflejan que las muestras presentan datos hidroquímicos bastante homogéneos en cuanto a concentración de los principales cationes y aniones. Así pues los cationes predominantes son el sodio y el calcio, mientras que los aniones principales son el cloruro y el sulfato (tabla 46). La concentración máxima se da en el anión cloruro (2.331,28 mg/l) y en el catión sodio (1.558,48 mg/l) en una muestra del sequiol del Racó de L’Olla en mayo de 2011. Por lo que respecta a los valores mínimos se dan en magnesio, potasio, sulfato y bicarbonato.

Tabla 46: Estadísticos de cationes y aniones principales en acequias (meq/l).

	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Cloruro	Sulfato	Bicarbonato
Media	6,31	4,26	7,36	0,26	8,82	6,06	3,3
Desviación Estándar	3,06	2,26	4,99	0,47	5,05	2,23	2,31
Mediana	5,49	3,96	6,61	0,11	8,02	6,06	3,2
Coefficiente de Variación (%)	48,52	53	67,76	180,51	57,23	36,8	70,2
Mínimo	0,77	0,01	0,93	0,01	1,8	0,02	0,01
Máximo	18	19,2	65,91	3,91	65,67	13,93	19,9
Coefficiente de asimetría	9,58	13,88	60,72	47,12	50,16	3,36	9,43
Curtosis Estandarizada	4,01	20,95	321,27	140	234,96	0,65	20,45

La no normalidad de los datos se refleja claramente en los histogramas de todos los cationes y aniones principales, cuyas muestras manifiestan la misma tendencia que la figura 77 con valores de Curtosis elevados que reflejan su no normalidad y coeficientes de asimetría positivos y elevados que reflejan una distribución en la que los valores medios son mayores a los de la mediana para cada variable.

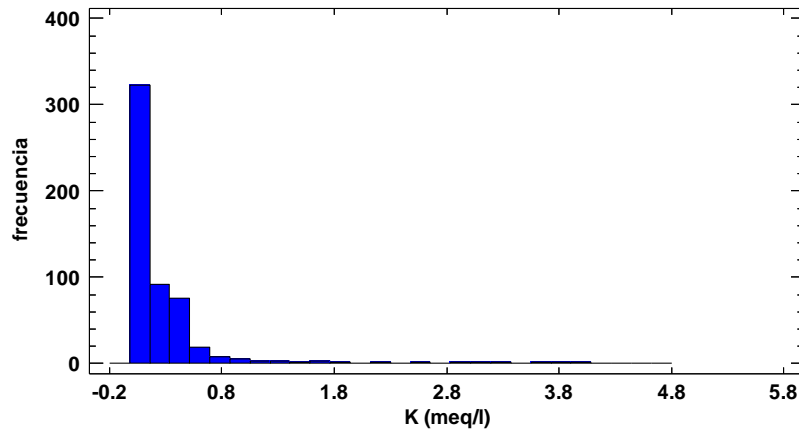


Figura 77: Histograma del catión potasio (meq/l) en acequias.

Los valores obtenidos de cada compuesto químico coinciden con los valores registrados en la bibliografía sobre el control de la calidad de acequias en el parque (CMA, 2001; García, 1979) siendo sus rangos mucho más pequeños que los encontrados para algunos aniones y cationes en este estudio. Su variación temporal y espacial no presenta ningún patrón preestablecido y a priori aunque se creía que las aguas en la zona norte iban a presentar una carga mayor por su procedencia (depuradora) no ha sido el caso. Sí que es cierto que las aguas procedentes del Júcar presentan menores contenidos en sales que la zona norte, pero su diferencia no es estadísticamente significativa.

El sodio y el cloro presentan una mayor concentración en la zona con contacto directo con la restinga, siendo el potasio y el bicarbonato los que se dan en mayor medida en los sectores norte.

4.2.1.3.- Relación de Adsorción de Sodio

La relación de adsorción de sodio (RAS) es uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta en las aguas de riego, pues el aporte de cationes monovalentes de sodio puede provocar desajustes en la estructura del suelo, perdiendo permeabilidad y por lo tanto empeorando sus características para el cultivo.

Desde el punto de vista de la estadística descriptiva el RAS presentó un valor medio de 3,38 (tabla 47), muy por debajo del riesgo de sodificación que en el cultivo del arroz fue estipulado por Honey (1982) en 10. El valor mínimo registrado es de 0,37 y el máximo de 42,13, presentando en este caso un severo riesgo de sodificación. Este valor que se da en el sequiol de l'Olla es un valor atípico y sugiere la existencia de filtraciones de la capa freática en la zona, puesto que la textura arenosa favorece la incorporación de sales (sobre todo ClNa). Esta acequia es el colector final del agua de los campos de arroz y se encarga de recoger las aguas sobrantes de las parcelas y devolverlas directamente al mar por la Gola del Perellonet. Presenta los peores datos hidroquímicos del parque y los valores más elevados de salinidad (anejo IV).

Tabla 47: Estadísticos descriptivos de la variable RAS en acequias.

Estadísticos	Valor
Media	3,38
Desviación Estándar	2,64
Mediana	3,02
Coefficiente de Variación (%)	78,13
Mínimo	0,37
Máximo	42,13
Coefficiente de asimetría	80,24
Curtosis Estandarizada	523,04

4.2.1.4.- Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica media de las acequias que vierten agua al parque es de 1,74 dS/m por lo que podemos clasificarla como agua de buena calidad para el riego (tabla 48). El valor mínimo encontrado es de 0,42 dS/m en octubre de 2011 en la acequia del Romaní (A.16) mientras que el valor máximo de 9,95 dS/m se registró en el sequiol de l'Olla (A.27) en mayo de 2011 (su ubicación puede observarse en el mapa de acequias dispuesto el capítulo materiales y métodos). La asimetría es bastante acusada como se puede observar en el histograma (figura 78) debido principalmente a esos valores máximos recogidos en la acequia A.27.

Tabla 48: Estadísticos descriptivos de la CE en acequias.

Estadísticos	Valor
Media	1,74
Desviación Estándar	0,75
Mediana	1,59
Coefficiente de Variación (%)	43,64
Mínimo	0,42
Máximo	9,95
Coefficiente de asimetría	73,32
Curtosis Estandarizada	289,14

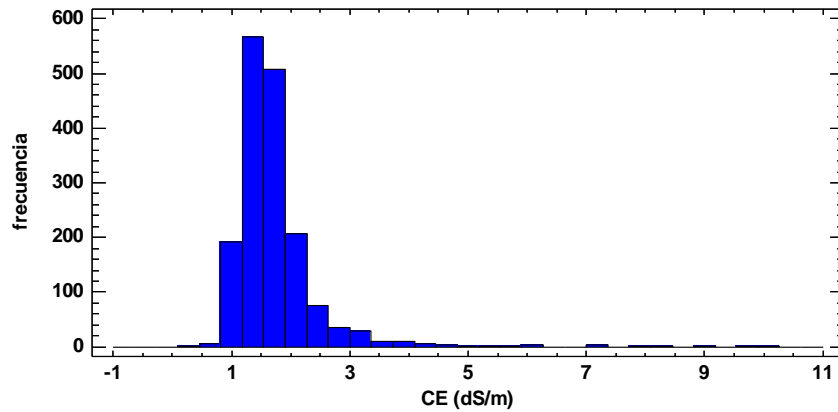


Figura 78: Histograma de la CE de las acequias.

El comportamiento de las acequias es bastante homogéneo y se diferencian dos periodos claramente: el estival donde encontramos valores más elevados en la zona de la restinga y en la zona norte y el de inundación en el que se produce un descenso generalizado de los valores de la CE.

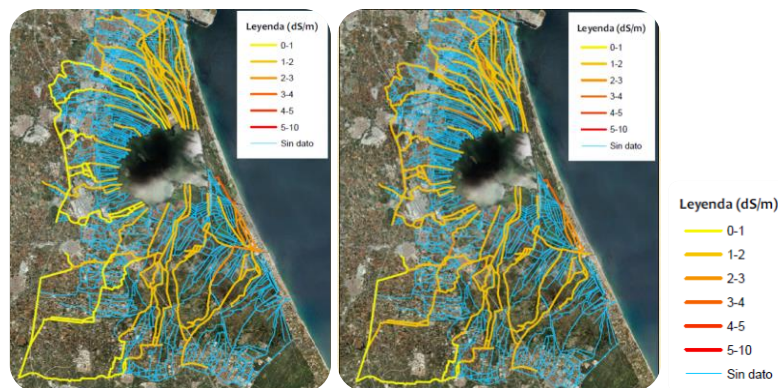


Figura 79: Variación espacio-temporal de la CE en acequias a) junio 2010 y b) enero 2012.

Aunque se presentan picos puntuales de la CE que no responden a ningún patrón definido y estipulado el comportamiento de las acequias se puede clasificar en 3 grandes grupos. La mayoría de las acequias (63%) presentan un comportamiento homogéneo a lo largo de todo el periodo estudiado con valores medios comprendidos entre 1,8 y 1,2 dS/m y que en la figura 80 se representa como ejemplo de este comportamiento la acequia (A.5). Por otro lado tenemos las acequias que tienen un comportamiento homogéneo como las anteriores pero que presentan un pico de forma puntual muy destacado (25% del total de acequias). El ejemplo de la Acequia de Senillera A.10 es un claro patrón de este comportamiento. Las acequias que se incluyen en este grupo son la acequia carrera de el Saler (A.49) en julio de 2011; la acequia de Foia (A.18) en agosto de 2010; el sequiol de Torisana (A.20) en octubre y en junio de 2011; la acequia del Oro en junio de 2012; la acequia del port de Silla (A.38) en junio de 2011 y 2012; sequiol dels Catalans (A. 40) en junio de 2011; el puerto de Catarroja (A.42) en abril de 2012; el sequiol de Romero (A.43) en

junio de 2011 y mayo de 2012; la acequia del escorredor fondo (A.44) en mayo de 2010 y 2011 y en agosto de 2012 y por último la acequia de Rabisanxo (A.45) en julio de 2011 y julio de 2012.

Por último el 11,5 % de las acequias tienen un comportamiento irregular durante los tres periodos estudiados y quedan reflejadas con el sequiol de l'Olla (A.27) en la figura 80. El resto de acequias que tienen este comportamiento son la acequia de la Junsa (A.2); la acequia Reina (A.1); el reguerot de Cavila (A.25) y la acequia del Perellonet (A.26).

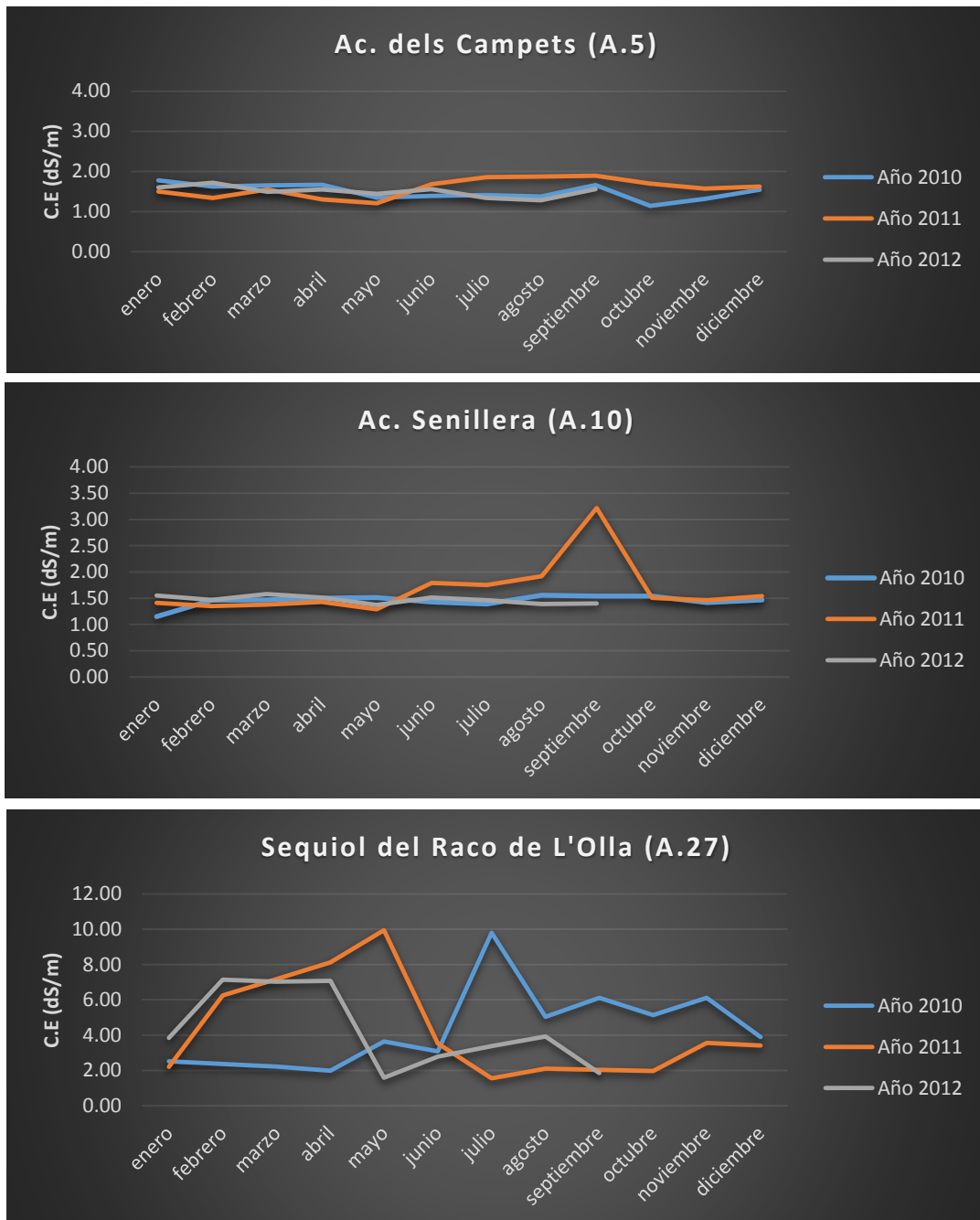


Figura 80: Variación mensual de la CE (dS/m) en tres acequias diferentes (A.5, A.10 y A.27).

Si situamos gráficamente las acequias que representan mayor variabilidad en sus datos y que no responden a un patrón de comportamiento fijo (grupo acequias A.27) con la ayuda del mapa de situación que disponemos en el capítulo anterior, podremos observar que todas las acequias citadas son las encargadas de trasladar desde el lago las aguas de salida hacia el mar por la gola del Perelló. De este modo dichas acequias presentan valores de CE que provienen del lago y que son modificados por los retornos de los campos que se encuentra en el camino hacia el mar, de ahí los picos y variaciones tan características de estas muestras de agua.

Las 5 acequias que presentan un valor medio más alto de CE son la A.27, A.49, A.44, A.26 y A.43, situadas todas ellas en el tramo final de la red de acequias o en la zona de la restinga, por lo que se puede decir que en el tramo final de la red de acequias la CE es más elevada que en cabecera.

De los datos recogidos en la bibliografía podemos observar como desde 1985 hasta la actualidad los valores de CE en la acequia Overa no han sufrido prácticamente variaciones, manteniéndose los valores constantes a lo largo de todo el año (figura 81). La poca continuidad en el muestreo de datos analíticos en el parque no permite la reproducción de las variaciones de acequias como la que aquí se presenta.

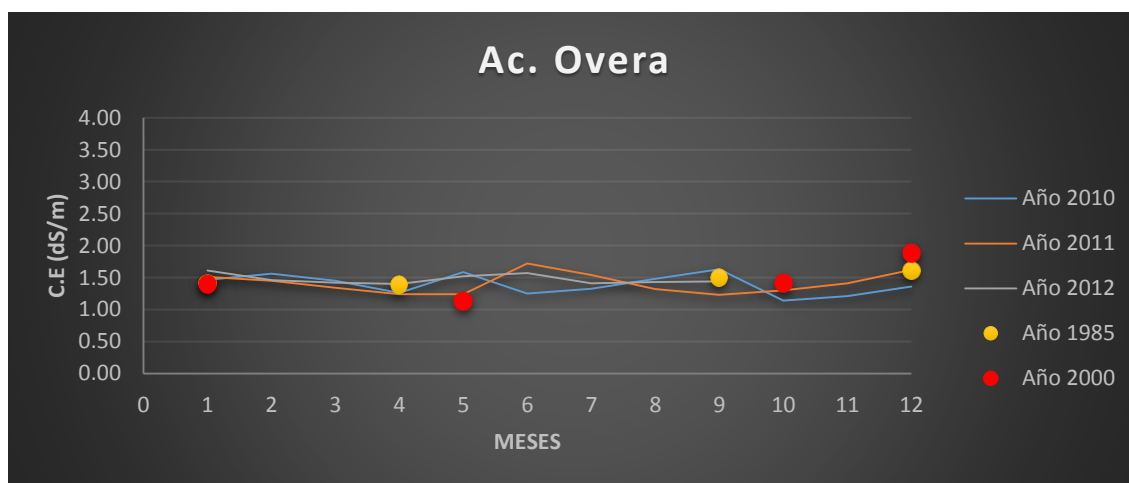


Figura 81: Datos analíticos de la acequia Overa en diferentes años.

Respecto a la variación mensual y temporal de la CE a nivel de todo el Parque Natural, podemos observar en el anejo IV como con el ciclo del cultivo del arroz la CE aumenta generalmente en las acequias cercanas al lago y las que limitan con la restinga arenosa que son las encargadas de recoger el agua de los campos de arroz y dirigirla hacia el lago en la zona norte por medio de la acequia de la carrera del Saler (A.47; A.48; A.49) o en la zona Sur hacia la gola del Perellonet por medio de la acequia del racó de L'Olla (A.27) y la acequia de la carrera de la Junsá (A.2). La conductividad de las acequias que nacen del Júcar se mantiene prácticamente constante y únicamente varía en la zona oeste cuando entra dentro de los límites del parque natural y se mezcla con el agua de la lámina libre en los campos. La zona norte presenta CE mayores en general

siendo el sector de la acequia de Oro el que peores valores ofrece. Los incrementos de CE puntuales en las acequias se deben principalmente al contacto del agua de riego con el suelo, pues se puede observar como los valores en origen, si exceptuamos los de la depuradora de Pinedo, presentan valores de CE por debajo de 1,5 dS/m pero antes de llegar al lago han alcanzado valores en torno a 2 - 2,5 dS/m. La coincidencia de los tramos de mayor CE con el sector de riego de los tancats sugiere que la recirculación de aguas que se produce en ellos presenta influencia sobre su salinidad y por lo tanto la acumulación de sales explicaría también dicho incremento.

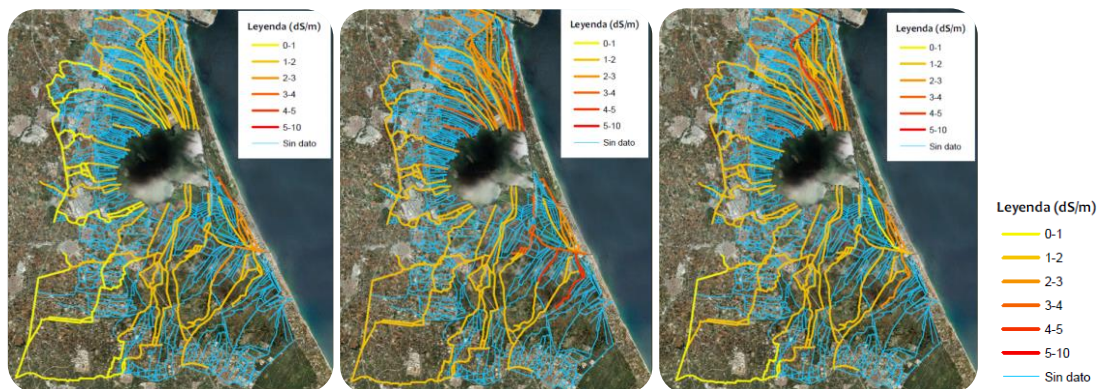


Figura 82: Variación espacio-temporal de la CE en acequias en los meses de junio de a) 2010, b) 2011 y c) 2012.

4.2.1.5.- Tipos de agua y correlaciones entre variables

Las acequias estudiadas en el presente trabajo de investigación ofrecen en general una buena calidad para el cultivo del arroz pues sus valores son inferiores a 2 dS/m que es el límite estipulado por Soria *et al.*, (2005) para el mantenimiento de las condiciones óptimas del lago en relación a la salinidad de éste. Aunque no se han determinado parámetros utilizados para medir la eutrofización del lago tales como fósforo total, clorofila, nitrógeno total, nitratos, nitritos, DBO o DQO, pues no era el objetivo del estudio se sabe que el lago presenta problemas de eutrofización por los nutrientes que se han aportado y que en la actualidad hay varios proyectos impulsados por la C.H.J. que pretenden reducir dichos niveles. En este sentido no podemos clasificar dichas aguas en base a esto, pero sí que lo podemos hacer en base a los cationes y aniones que las acequias aportan al lago (destino final del humedal).

Desde el punto de vista de la clasificación de aguas las acequias de la Albufera de Valencia presentan facies cloruro sódicas (47%) seguidas por aguas cloruro cálcicas (23%) y posteriormente por aguas sulfatadas (23%) (figura 83). La clasificación de estas aguas sigue la tendencia que posteriormente veremos en lámina libre y capa freática pero con mayor diferencia porcentual entre clases.

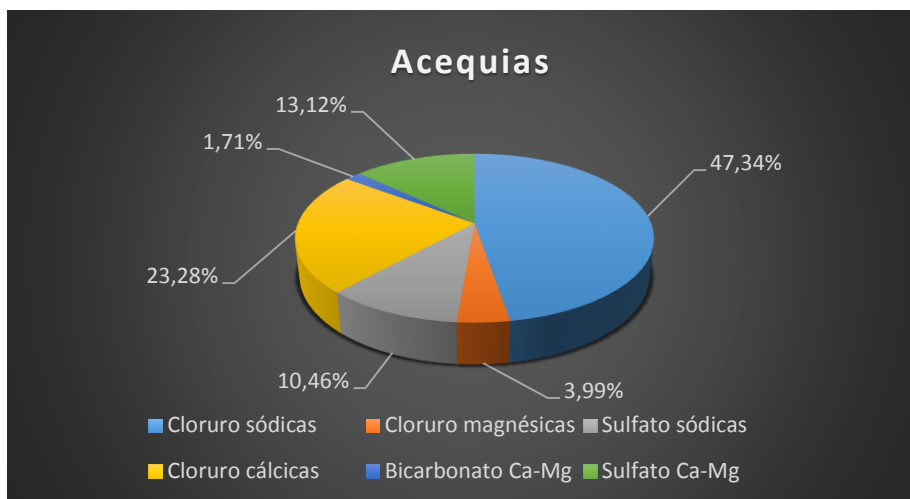


Figura 83: Porcentajes de cada una de las facies encontradas en el conjunto de acequias.

Es de destacar la reducción de las facies cloruro sódicas en un 15% aproximadamente al contemplar únicamente el estudio de las muestras de acequias de fuera de los límites del parque con respecto al conjunto (figura 84). Los grupos de aguas sulfatadas y cloruro cálcicas aumentan en detrimento de las cloruro sódicas. Esto refleja un cambio en la composición de las aguas desde la cabecera hasta las zonas más cercanas al lago en las acequias debido al aporte de las aguas sobrantes de los campos de arroz hacia las acequias de salida, o lo que es lo mismo, las aguas del humedal empeoran la calidad general del agua suministrada mediante acequias al aumentar el porcentaje de aguas cloruro sódicas.



Figura 84: Facies de las aguas de acequias en función de su ubicación.

Los diagramas radiales y de Stiff nos muestran gráficamente la composición química de las aguas, viéndose que los cationes más abundantes identificaran el tipo de aguas registradas. Los diagramas son bastante homogéneos y las variaciones mensuales y anuales no son muy significativas como es el caso de las acequias A.11, A.20, A.19 y A.10.1 que representan al grupo de acequias que no sufren grandes variaciones estacionales (figuras 85 y 86). Sus diagramas son simétricos y están compensados a diferencia de los que presentaremos en el apartado de lámina libre y capa freática que presentan tendencias muy marcadas hacia los ejes Na+K y Cl por su elevado carácter salino.

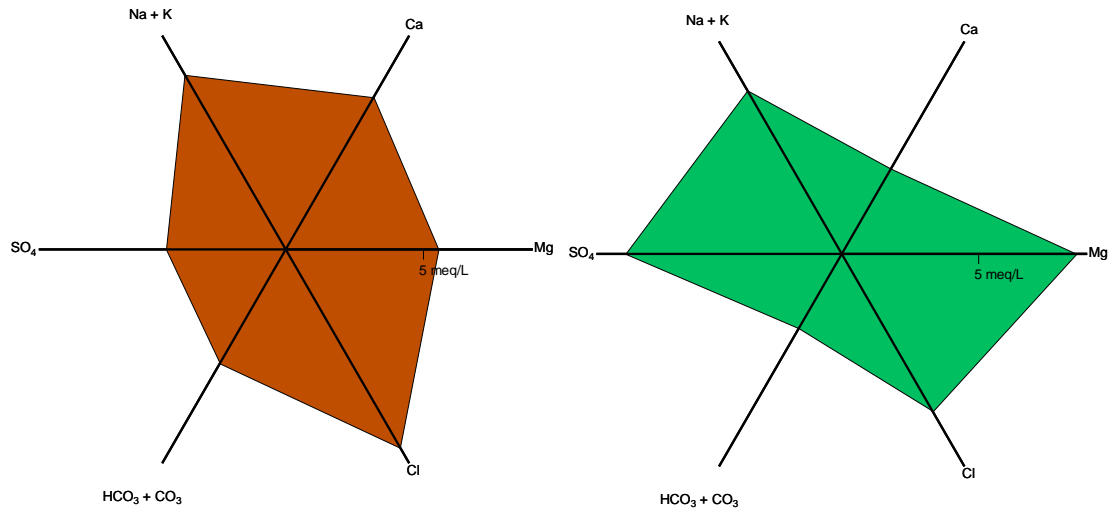


Figura 85: Diagramas radiales en a) A.11 y b) A.20.

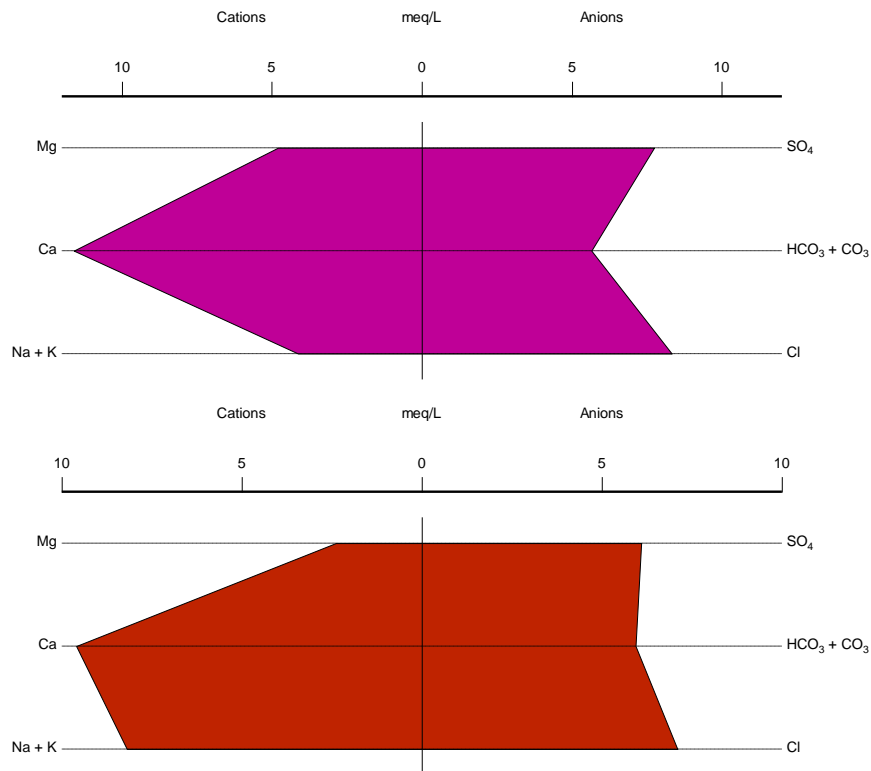


Figura 86: Diagramas de Stiff en a) A.19 y b) A.10.1.

Por último destacar que en base a la clasificación de aguas de Riverside la mayoría de las aguas se clasifican con una salinidad media o alta (78%) (C3) y una sodicidad baja (S1) (figura 87). Las acequias como se puede ver en la figura 88 presentan mejores resultados de calidad en la zona exterior al límite del parque que no cuando están en él. Esto ya ha sido comentado anteriormente y es debido a los retornos en los campos de arroz. Es significativamente destacable como las aguas con mayor riesgo de salinización y sodificación se dan en el interior del parque, puesto que la mayoría de aguas en la zona exterior se clasifica como C3-S1. Este resultado es coincidente con los datos recogidos por García (1979) que clasificaba las aguas de las acequias estudiadas como C3-S1 principalmente. Goberna (2002) en su estudio sobre las aguas de riego, establece que el grupo de aguas que más predomina en el parque es el C4-S2 con un 42% seguido de las clasificadas como C3-S1 con un 36% del total de muestras analizadas.

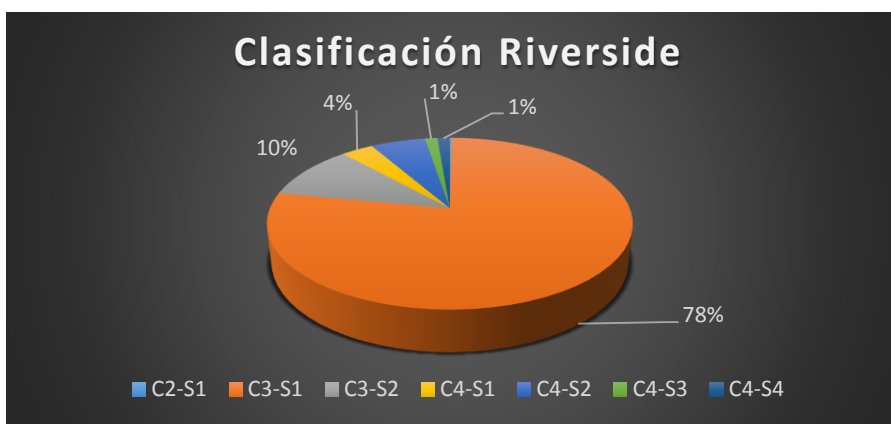


Figura 87: Clasificación del conjunto total de las aguas en acequias según Riverside.

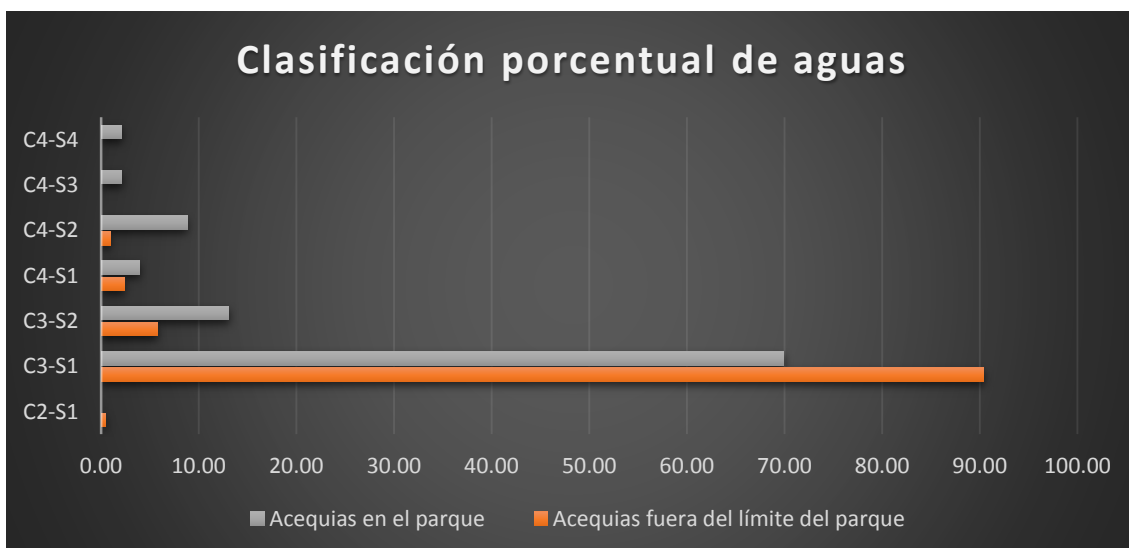


Figura 88: Clasificación de las aguas de acequias según Riverside y su posición respecto a los límites del Parque Natural.

Por otro lado y tras tener caracterizadas y clasificadas las muestras se procedió a establecer las relaciones entre los diferentes parámetros analizados con la ayuda de correlaciones bivariadas, cuyo coeficiente Rho de Spearman (tabla 49) nos indica el grado de significancia y su correlación.

Tabla 49: Correlaciones bivariadas de las muestras de agua en acequias.

		Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Bicarbonato	Sulfato	Cloruro	pH	CE
Calcio	ρ	1	0,01	-0,02	0,12	0,60	0,32	0,26	-0,18	0,34
	Sig		0,75	0,70	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Magnesio	ρ		1,00	-0,10	-0,04	0,24	0,28	0,09	0,15	0,16
	Sig			0,02	0,31	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01
Sodio	ρ			1,00	0,46	-0,21	0,23	0,75	-0,33	0,62
	Sig				<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Potasio	ρ				1,00	-0,01	0,06	0,51	-0,19	0,46
	Sig					0,89	0,14	<0,01	<0,01	<0,01
Bicarbonato	ρ					1,00	-0,03	0,01	0,04	0,13
	Sig						0,49	0,79	0,32	<0,01
Sulfato	ρ						1,00	0,10	-0,11	0,39
	Sig							0,02	0,01	<0,01
Cloruro	ρ							1,00	-0,27	0,70
	Sig								<0,01	<0,01
pH	ρ								1,00	-0,29
	Sig									<0,01
CE	ρ									1,00
	Sig									

Valores en negrita= estadísticamente significativos al 95 y 99%; y ρ = coeficiente de Spearman.

Observando los resultados de la tabla, la CE es el parámetro con mayor relación, siendo estadísticamente significativa a un nivel de confianza mayor del 99% con todos los parámetros analíticos. Los coeficientes Rho de Spearman muestran una relación fuerte entre la CE y cloruro y sodio, y una relación moderada entre la CE y el resto de variables exceptuando los bicarbonatos y el magnesio con valores de $\rho < 0,20$. La fuerte relación entre cloruros y sodio con la conductividad eléctrica es normal en zonas costeras y más concretamente en la capa freática, siendo un claro indicador del factor de intrusión marina. Es por ello que si las acequias poseen dicha carga iónica que es menor en los puntos de cabecera que en su tramo final indica que la mezcla de aguas durante su paso por el parque provoca el aumento de este tipo de iones que también puede deberse a la lluvia y las brisas marinas cargadas con ClNa que pueden ejercer un marcado carácter salinizador sobre los recursos de agua dulce por la cercanía a la costa.

4.2.1.6.- Influencia sobre la CE de las variables físicas, climáticas y de manejo

El agua de riego que se reparte mediante la extensa red de acequias por el Parque Natural presenta orígenes bastante diversos por lo que produce variaciones de la calidad del agua de forma constante y sin seguir un patrón preestablecido. Las variables de manejo, así como los factores ambientales favorecen o perjudican la calidad de origen de esas aguas. En este apartado se ha pretendió estudiar dichos factores mediante el uso de pruebas no paramétricas (Kruskal – Wallis y Mann-Whitney) en las que se combinó la variable métrica CE del agua con variables métricas convertidas en ordinarias dando lugar a un factor con diversos niveles de codificación como se expuso al principio del presente capítulo.

El primer análisis se realizó entre la CE y la cota a la que se encontraban las acequias, pues se observó que había una gradación en cuanto a los niveles de salinidad de las aguas (anejo IV) que podía atender a su posición geográfica. En este sentido el test de Kruskal –Wallis indica que dicho factor es estadísticamente significativo a un nivel de confianza superior al 99% para la variable CE (tabla 50). Esto corrobora que hay un empeoramiento de la salinidad de las aguas a lo largo de la línea de riego en el Parque Natural debiendo a continuación ver las interacciones de manera biconjunta entre los tres grupos en los que se ha clasificado la cota del terreno: menor a 10 m sobre el nivel del mar (código 1), entre 10 y 20 (código 2) y más de 20 m (código 3).

Tabla 50: Estadísticos de contraste para la CE en acequias y el factor físico cota según el test Kruskal –Wallis.

Estadísticos de contraste	Factor cota
Chi-cuadrado	377
Sig. asintót.	<0,01

Del gráfico que se muestra en la figura 89 podemos observar que las acequias situadas a cotas inferiores a 10 m (código 1) presentan mayores valores de CE, aunque todas son inferiores a 1,9 dS/m. Este dato está íntimamente ligado a la ubicación del punto de muestreo de las acequias, siendo las más altas en cota las que mejor CE presentan y por lo tanto menor concentración de sales tiene. El resultado estadísticamente significativo a un nivel de confianza mayor del 99% entre los tres grupos codificados corrobora lo escenificado en el anejo IV mediante los mapas de cartografiado temporal y espacial de la variable CE del agua en acequias.

Aunque los datos no presentan grandes variaciones, mediante el coeficiente de variación que se vio en la tabla 49, se observó que la correlación es clara y siempre que se registren valores inferiores a 2dS/m no presentarían ningún problema. Si no fuese así se deberían de establecer

soluciones centradas en únicamente aquellas zonas (código 1 y 2) donde a priori la salinidad es más elevada.

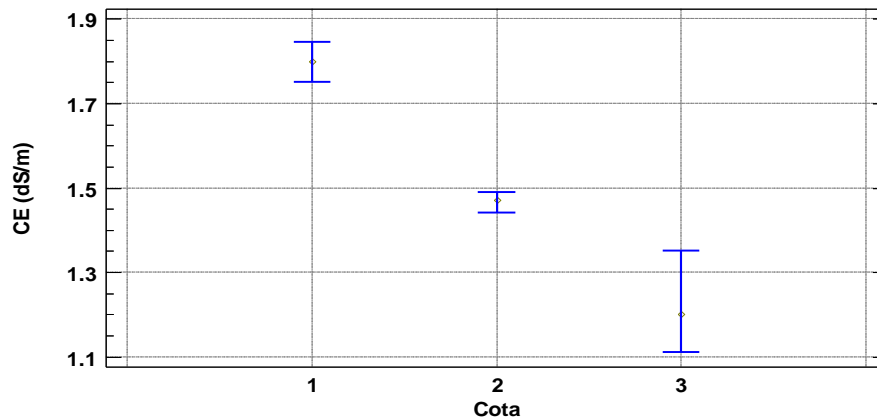


Figura 89: Gráfico de comparación de medianas para el factor cota y la CE.

Soria et al. (2001) y Soria y Vicente (2002) concluyen que en los momentos de lluvia, estas proporcionan mayor aporte a las acequias y su CE es mucho menor por el efecto de dilución de las sales. En nuestro caso (figura 90) aunque el valor medio y su mediana son menores (tabla 51) en las épocas donde la precipitación es mayor que la precipitación media, los resultados no son estadísticamente significativos ($p=0,31$) como para concluir dicha afirmación. En este sentido se ha de señalar que el estudio realizado en cuanto a la variable precipitación establece como valor umbral la precipitación media, reflejándose para cada mes cuál ha sido la precipitación entre tomas para poder codificar dicho mes como “lluvioso” o “seco”. Que en el momento de la precipitación haya una dilución de las aguas es un hecho lógico pero que la precipitación en general mejora la salinidad de las aguas no es una afirmación (según nuestros datos) estadísticamente significativa.

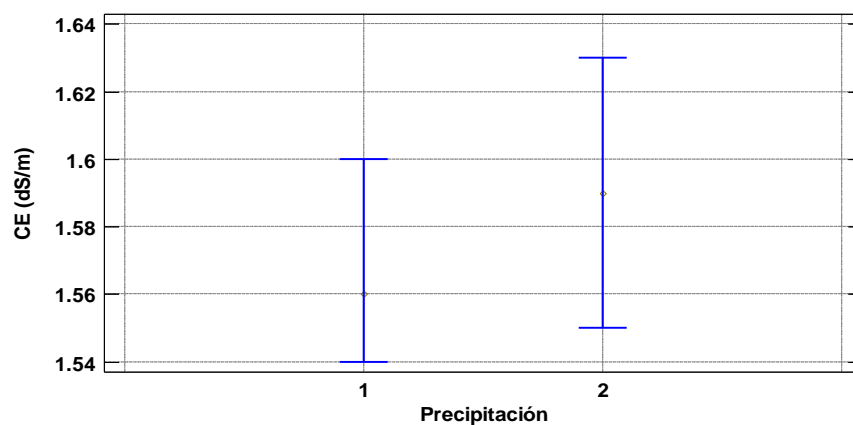


Figura 90: Gráfico de comparación de medianas para el factor precipitación y la CE.

Tabla 51: Descriptivos estadísticos de la CE (dS/m) para los dos códigos estudiados del factor precipitación.

Estadísticos	Niveles	
	1	2
Media	1.67	1.72
Desviación Estándar	0.67	0.75
Mediana	1.56	1.58

Igual que la precipitación, la evaporación en la lámina libre de las acequias y la evapotranspiración general en la zona podrían aumentar la salinidad de ésta al concentrar las sales como Soria (1997) y Soria *et al.* (2005) destacan con la elevación de hasta el doble en verano que en invierno la CE. Mediante el test de Mann-Whitney comprobamos que el factor evapotranspiración no es estadísticamente significativo y por lo tanto la evapotranspiración no afecta a la salinidad del agua en las acequias ($p=0.059$) aunque estamos en el límite de la significancia. La figura 89 muestra como cuando la EVT es mayor que la media calculada hay un aumento de la salinidad en las muestras (código 1 frente a 2), pero la diferencia en cuanto a la variación no excede más de 0,8 dS/m. El gran espesor de lámina libre que existe en las acequias y el flujo continuo en éstas evita que la evaporación produzca un efecto salinizador destacado al evitar la precipitación de sales.

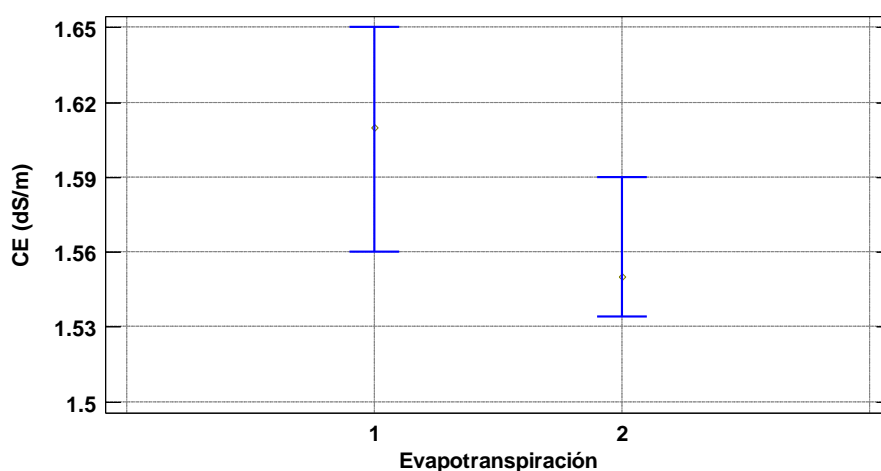


Figura 91: Gráfico de comparación de medianas para el factor evapotranspiración y la CE en acequias.

El ciclo es otro de los factores que pueden influir sobre la CE de las acequias, puesto que el manejo en ambos períodos (inundación y cultivo) varía considerablemente dentro del Parque Natural. Al realizar el test de Mann-Withney se comprobó que el factor ciclo no afecta significativamente a la salinidad de las acequias ($p=0,23$), dato a priori lógico si consideramos el hecho de que el aporte de aguas desde la cabecera es ajeno a dicho ciclo, es decir no por estar en pleno ciclo del cultivo el agua del Júcar o Turia va a tener mejor calidad por naturaleza.

No obstante y aunque las acequias no deben por naturaleza cambiar su salinidad por el ciclo, sí que es verdad que la influencia de los retornos de campos de arroz a las acequias, en su paso por las zonas intermedias del Parque, y la incidencia de la recirculación de aguas en las zonas terminales podría haber cambiado esta tendencia. Se ha corroborado que hay influencia de la cota a la que está situada la acequia, siendo mayor la conductividad en aquellas acequias a menor cota (más cercanas al lago). Esto es debido a la recirculación de las aguas extraídas mediante bombeo de los campos de arroz y que son de nuevo vertidas a la acequia para volver a regar alguna parcela. Con este proceso se provoca un aumento de la salinidad y se ha visto reflejado en la incidencia sobre la variable cota. Del mismo modo, en las zonas intermedias del lago las acequias reciben aguas de la acequia de cabecera y de los retornos de los campos. Esto significa que la acequia principal reparte el agua a los campos de arroz trascurriendo por éstos el agua. En la zona más baja del campo una acequia recoge el agua y la vuelve a verter a la acequia principal. Este hecho provoca una salinización de las aguas (en menor medida que en la zona de recirculación) y por lo tanto en la época de cultivo esto es más acusado. Con estas premisas podría esperarse que si la tendencia general en las acequias es a aumentar la salinidad en verano durante el ciclo del arroz, debería de ser estadísticamente significativo el ciclo frente a la CE. Que no haya sido significativo en este caso se debe a la imposibilidad de sectorizar y controlar puntualmente las acequias y a la imposibilidad de localizar y separar las que sufren efectos del retorno en el tratamiento general. La combinación de los datos de las acequias tanto en la zona alta como la baja se mezclan en este análisis enmascarando este efecto. Así pues aunque no hemos encontrado diferencias estadísticamente significativas sí que se puede resaltar que durante el periodo de inundación, la CE es menor de forma general que durante el ciclo de cultivo, aunque su variación es menor al 0,01 dS/m.

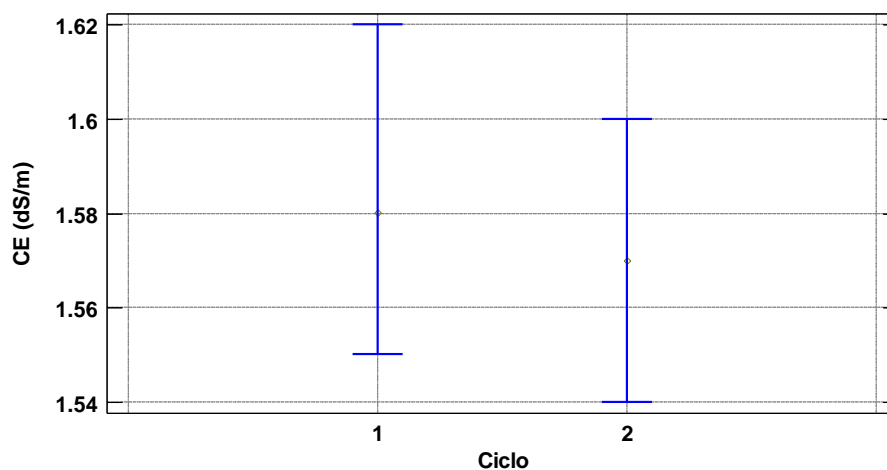


Figura 92: Gráfico de comparación de medianas para el factor ciclo y la CE en acequias.

Por último el origen de las muestras de aguas escenificado en los sectores de riego puede representar diferencias significativas de cara a un mejor entendimiento de la variable CE de las acequias. Tras comprobar que sí que es estadísticamente significativa la variable sector de riego frente a CE mediante el test de Kruskal-Wallis (tabla 52) se realizaron combinaciones código a código (tabla 53) con el fin de determinar su influencia dando lugar a diferencias estadísticamente significativas entre todas las combinaciones excepto entre las aguas analizadas en el sector de los tancats y el sector de riego de Sueca ($p=0,94$).

Tabla 52: Estadísticos de contraste para la CE y sector de riego según el test Kruskal –Wallis.

Estadísticos de contraste	Factor Sector de riego
Chi-cuadrado	332,18
Sig. asintót.	<0,01

Tabla 53: Valores del test Mann-Whitney para la CE y entre los sectores de riego.

Estadísticos de contraste	Códigos				
	1-2	1-3	1-4	1-5	2-3
U de Mann-Whitney	11.557	7.978	5.633,5	28.479,5	19.353
W de Wilcoxon	16.213	12.634	10.289,5	400.432,5	48.756
Z	-0,07	-3,95	-2,73	-5,02	-5,72
Sig. asintót. (bilateral)	0,94	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Estadísticos de contraste	Códigos				
	2-4	2-5	3-4	3-5	4-5
U de Mann-Whitney	14.183	66.735,5	14.875,5	33.261,5	26.839
W de Wilcoxon	43.586	438.688,5	25.901,5	405.214,5	398.792
Z	-3,45	-8,57	-2,07	-15,5	-11,27
Sig. asintót. (bilateral)	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01

En la figura 93 se muestra como los sectores con peores valores de salinidad son el sector de la acequia de Oro (código 3) y el sector de Favara (código 4). Ambos vierten a la Albufera aguas procedentes de las depuradoras de Pinedo y Quart-Benacher respectivamente y aunque se ha mejorado la calidad de estas aguas porque antaño proveían a la albufera de aguas de baja calidad con vertidos industriales incontrolados (Verdú *et al.*, 1999), desde el punto del estudio general de los aportes, continúan siendo los que peores datos de CE ofrecen. En contraposición a estos resultados encontramos el sector de la Acequia Real del Júcar que es el que menores valores de CE aportan al parque (código 5). Los sectores de Sueca (código 2) y el sector tancats con recirculación y bombeo en algunos casos de agua, presentan los valores medios en esta investigación.

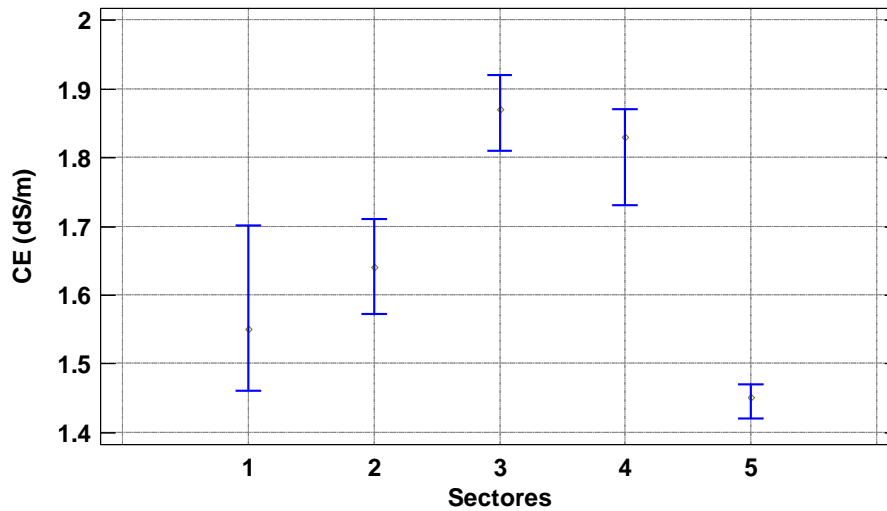


Figura 93: Gráfico de comparación de medianas para el factor sectores de riego y la CE.

4.2.2.- Lámina libre

Las analíticas de puntos representativos de lámina libre en el parque se pueden consultar en el anejo III donde se presentan algunas muestras de ejemplares de agua analizadas según la metodología oficial y que presentan un error analítico inferior al 5%.

Las aguas de lámina libre del Parque Natural de la Albufera de Valencia presentan una gran heterogeneidad en función de las condiciones del entorno. Las variables analizadas en el laboratorio: calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonato, sulfato, cloruro, pH y CE muestran una distribución no normal, hecho habitual en cualquier parámetro natural. Esta afirmación se basa en la significancia obtenida en las pruebas de Kolmogórov-Smirnov y la de Shapiro–Wilk (tabla 54) cuyo valor de significancia estadística es menor de 0,01 y por lo tanto las muestras no son normales.

Este resultado condiciona el estudio estadístico de las variables de cara a su caracterización, puesto que no se pueden aplicar técnicas estadísticas para variables normales, aplicando por tanto test y pruebas no paramétricas. La asimetría de nuestros datos y al descartar la hipótesis que las muestras atípicas no son “naturales” impidió la transformación de las variables a normales mediante logaritmos u otros algoritmos.

Tabla 54: Estadísticos de pruebas de normalidad de los parámetros analíticos.

Pruebas de normalidad				
Parámetros	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.
Calcio	0,17	<0,01	0,76	<0,01
Magnesio	0,05	<0,01	0,98	<0,01
Sodio	0,18	<0,01	0,58	<0,01
Potasio	0,28	<0,01	0,47	<0,01
Bicarbonato	0,14	<0,01	0,73	<0,01
Sulfato	0,09	<0,01	0,84	<0,01
Cloruro	0,19	<0,01	0,56	<0,01
pH	0,08	<0,01	0,86	<0,01
CE	0,16	<0,01	0,62	<0,01

La justificación gráfica de dicha no normalidad se representa mediante los gráficos Q-Q (figura 94) donde el desajuste entre datos y recta nos informa del comportamiento no paramétrico de cada una de las variables analizadas para el conjunto de aguas de lámina libre tomadas en los campos de arroz de la Albufera de Valencia.

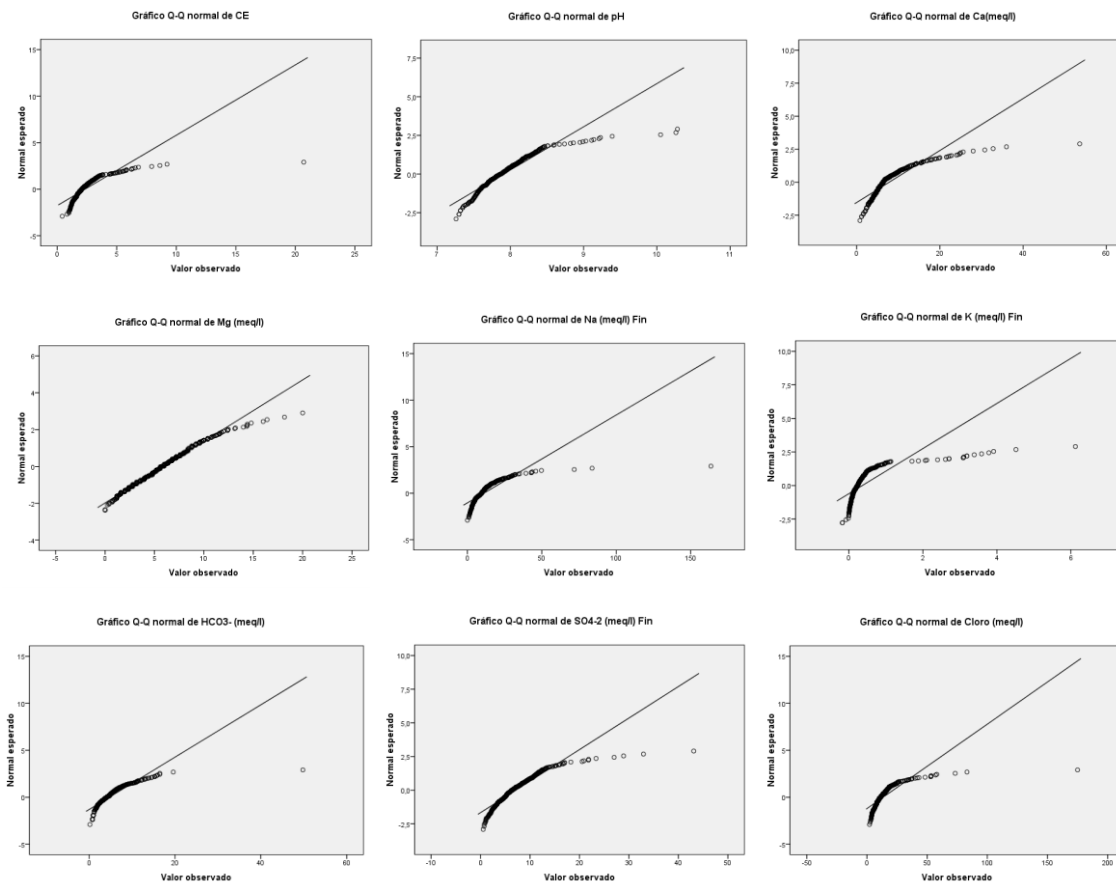


Figura 94: Gráficos Q-Q de las muestras de lámina libre a) pH b) CE c) calcio d) magnesio e) sodio f) potasio g) bicarbonato h) sulfato i) cloruro.

4.2.2.1.- pH

Los valores de pH registrados por las muestras de lámina libre presentan un valor medio de 7,79 con un valor máximo de 8,98 en el S.77 en mayo de 2010 y un valor mínimo de 6,91 en el S.16 en junio de 2010 (tabla 55). Las fluctuaciones del valor del pH en cada sondeo no siguen un patrón establecido y su distribución es bastante homogénea como se puede observar en el histograma de la figura 95. El pH se clasifica en el rango de neutras a básicas, siendo el valor medio clasificado como débilmente alcalino.

Tabla 55: Estadísticos descriptivos de la variable pH en lámina libre.

Estadísticos	Valor	Estadísticos	Valor
Media	7,79	Mínimo	6,91
Desviación Estándar	0,3	Máximo	8,98
Mediana	7,77	Coefficiente de asimetría	6,65
Coefficiente de Variación (%)	3,85	Curtosis Estandarizada	10,80

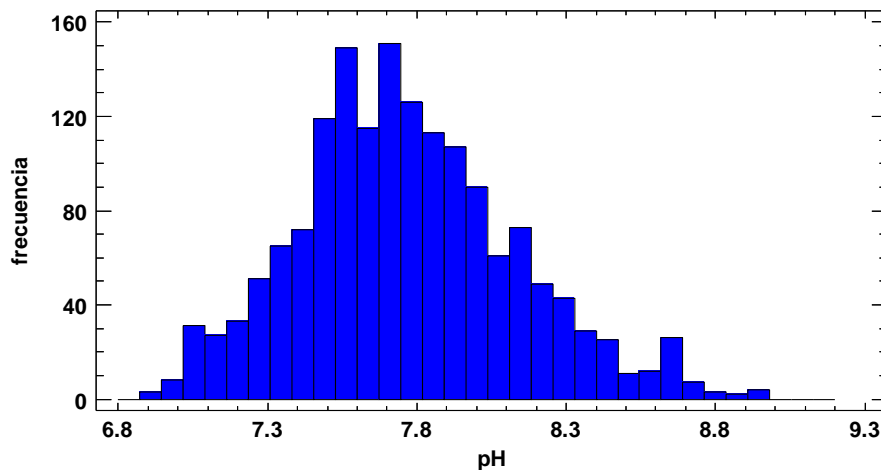


Figura 95: Histograma del pH en lámina libre.

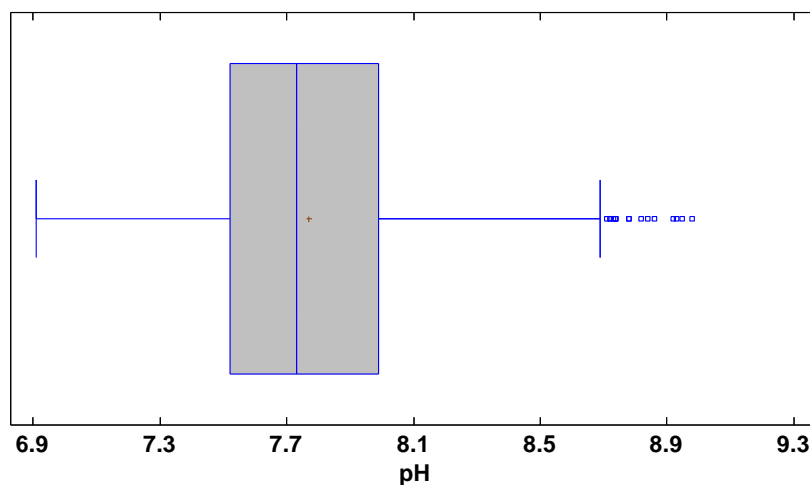


Figura 96: Diagrama Box and Whisker del pH en lámina libre.

Los valores atípicos que observamos en la figura 96 se corresponden a valores normales en una zona calcárea donde por disolución de las calizas se puede producir un aumento en el contenido de bicarbonatos dando lugar a variaciones de pH hacia valores más alcalinos. En este sentido, la variación mensual del pH no sigue un patrón repetitivo año tras año si comparamos su valor medio (figura 97). Este efecto tampoco se reproduce espacialmente como se puede observar en la figura 98, ni tampoco temporalmente (figura 99). Lo que sí que se observa es que el pH predominante se encuentra entre 7 y 8.



Figura 97: Variación del pH durante el periodo de estudio.

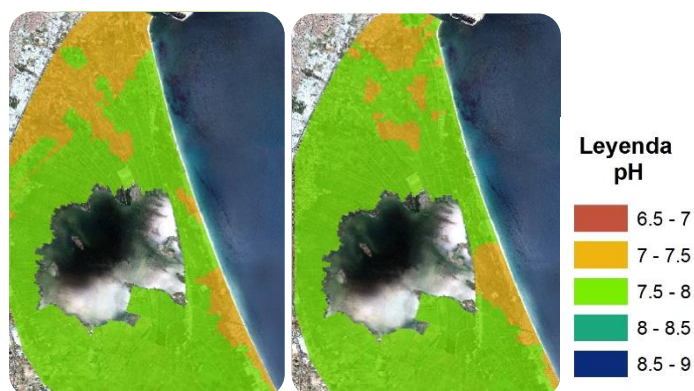


Figura 98: Variación espacio-temporal del pH en los meses de junio a) 2010 y b) 2012.



Figura 99: Variación espacio-temporal del pH en los meses de: a) mayo 2010, b) septiembre 2011 y c) julio 2012.

4.2.2.2.- Cationes y aniones principales

Los estadísticos de los iones principales en las aguas de lámina libre del parque reflejan la heterogeneidad de éstas en relación a la carga iónica de cada muestra de agua (tabla 56). Los iones sodio y cloruro seguidos de calcio y sulfato presentan los valores medios más altos. La existencia de cloruro y sodio nos inducen a pensar en alguna influencia o mezcla con aguas de mar cargadas de cloruro sódico.

Tabla 56: Estadísticos de cationes y aniones principales en lámina libre (meq/l).

	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Cloruro	Sulfato	Bicarbonato
Media	7,36	5,38	13,10	0,33	14,98	6,77	4,44
Desviación Estándar	5,34	3,05	10,33	0,28	11,06	4,42	3,68
Mediana	6	5,16	10,99	0,27	12,79	6,05	3,72
Coefficiente de Variación (%)	72,61	56,63	78,88	84,49	73,83	65,22	82,94
Mínimo	0,4	0,01	0,94	0,01	2,1	0,01	0,19
Máximo	53,6	20	163,57	2,61	175	36,09	49,78
Coefficiente de asimetría	26,36	8,01	70,77	23,48	68,93	17,20	41,71
Curtosis Estandarizada	67,02	6,62	435,38	55,14	417,79	34,04	206,98

Los histogramas de todos los cationes y aniones principales muestran la misma forma con una tendencia asimétrica hacia valores más elevados (figuras 100 y 101). Los coeficientes de Curtosis junto con los coeficientes de asimetría positivos describen la forma y el comportamiento de los datos que reflejan una distribución en la que los valores medios son mayores a los de la mediana para cada variable.

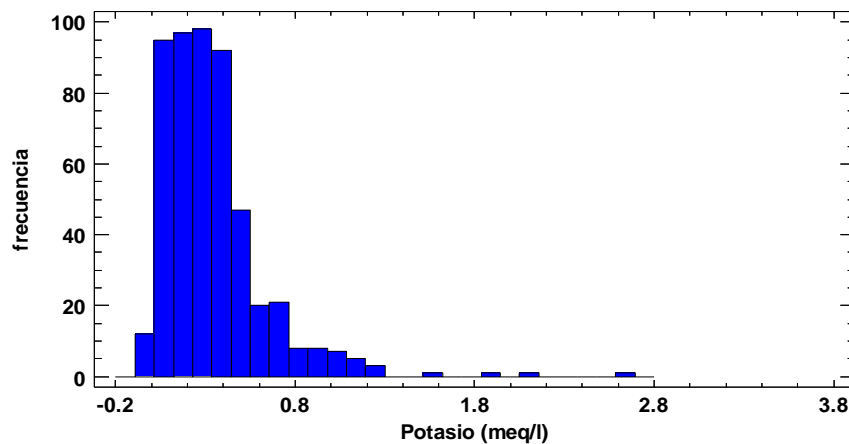


Figura 100: Histograma de los valores de Potasio en lámina libre.

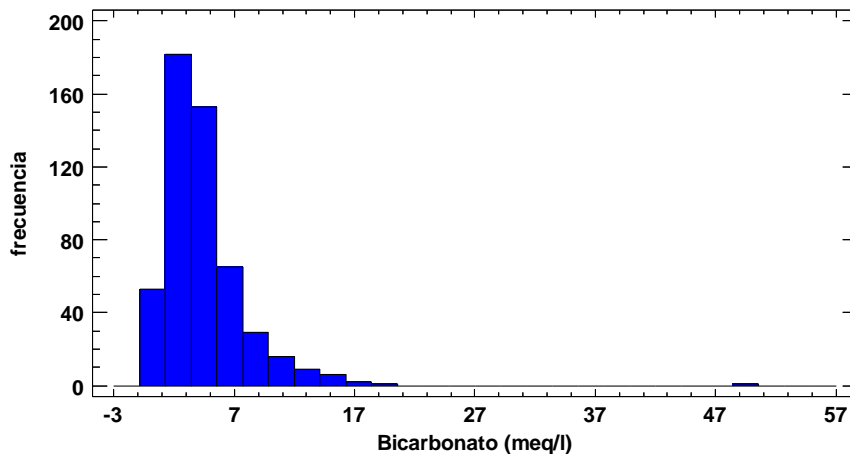


Figura 101: Histograma de los valores de Bicarbonato en lámina libre.

Los máximos valores en cuanto a concentración de cationes se dan en el sodio (3.762,11 mg/l) mientras que en el cloruro presenta el máximo valor de todos los aniones (6.212,5 mg/l). Por el contrario los valores mínimos de cationes y aniones son magnesio, potasio y sulfato con 0,01 meq/l (0,12; 0,39 y 0,48 mg/l respectivamente). La abundancia de ClNa se traduce en un aumento de la salinidad del agua de riego que transcurre por las parcelas y que no beneficia al cultivo del arroz al reducir su rendimiento, el peso de las plantas, así como el tamaño de las semillas (Clermont-Dauphin *et al.*, 2010; Quantin *et al.*, 2008; Reza, 2010; Scardaci *et al.*, 1996; Sreenivas *et al.*, 2012; Zeng *et al.*, 200; Zeng *et al.*, 2001).

Si describimos cualquier analito mediante diagramas Box and Whisker se observan algunos valores atípicos (aquellos que serían eliminados al no reproducir la tendencia habitual de la variable). No obstante aunque el dato sea aparentemente muy atípico en el caso del cloruro (figura 102), se ha de destacar que cuando se trabaja con variables naturales, estos casos son habituales y reflejan aunque de modo puntual desajustes o comportamientos espaciales que deben de ser tomados en consideración en la discusión.

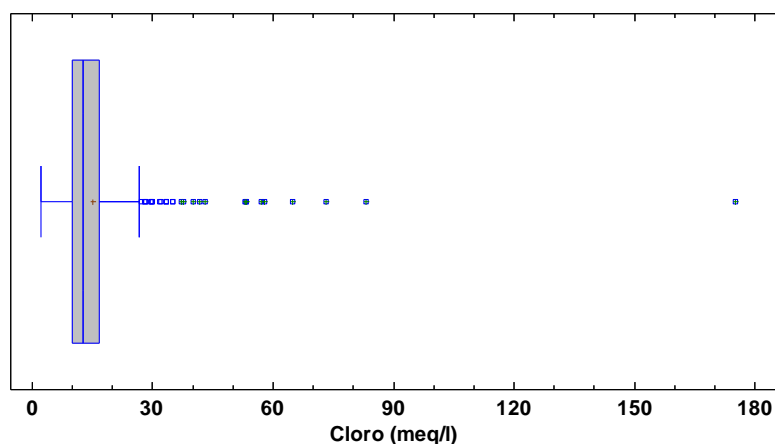


Figura 102: Gráficos Box and Whisker del cloruro en lámina libre.

Los humedales costeros como ecosistemas frágiles que son presentan desajustes medioambientales severos cuando el agua, principal agente de las zonas húmedas, sufre alguna modificación natural o antropológica que pueda promover cambios ambientales en el entorno y por tanto dar lugar a una nueva condición ecológica. Ya se ha discutido sobre la calidad de los aportes por medio de las principales acequias estudiadas, pero también es cierto que aparte de que es necesario un aporte continuo de agua de calidad hacia la albufera para evitar su salinización, también es necesario controlar la evolución de las aguas superficiales sobre los campos de arroz e interpretar cómo la intrusión marina puede afectar al cambio de la calidad de estas aguas, que en origen presentan valores de calidad aceptables para riego. Vicente (2011) recoge los problemas de salinidad acaecidos en 1995 después de un periodo de sequía, caracterizados por aportes escasos y de mala calidad. Las aguas superficiales que entran por las acequias de *repartiment* en los puntos altos de los campos de arroz, recorren las parcelas sufriendo cambios en su calidad. La posibilidad que las aguas freáticas salinizadas colaboren con dichos cambios para empeorar el estado de calidad del agua de lámina libre es una realidad. La cuestión es dónde se produce esa zona de mezcla entre agua dulce y agua salada, pues si ocurriera en zonas cercanas a la superficie el arroz sufriría pérdidas en su rendimiento. La Generalitat Valenciana en su informe sobre la importancia del cultivo del arroz en la Albufera de Valencia resalta el especial efecto sobre la intrusión marina que tiene la lámina de agua, pues su presencia mantiene el frente salino alejado de la superficie (GVA, 2002).

Bajo esta premisa se pretende establecer que grado de afección sufren las aguas de lámina libre por acción de la capa freática y para ello una herramienta útil es el uso de ratios iónicos. El rCl/Na^+ , rMg^{+2}/Ca^{+2} y el ratio rCl/HCO_3^- son relaciones iónicas utilizadas en aguas subterráneas para estipular el grado de intrusión marina, puesto que se conocen sus valores en agua de mar (El Moujabber *et al.*, 2006; Mondal *et al.*, 2006).

Los resultados obtenidos de la combinación de estas relaciones iónicas se reflejan en la figura 103, donde podemos observar que el cumplimiento de las tres condiciones mostradas para clasificar un agua como salina solamente la cumple un 1% de todas las muestras analizadas.

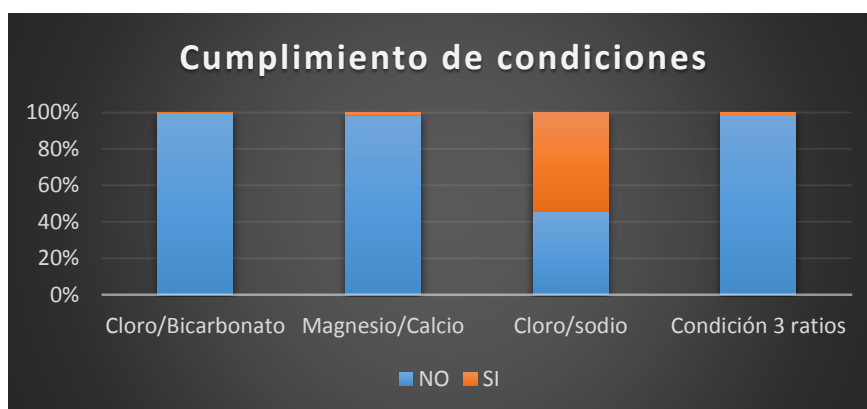


Figura 103: Porcentaje de muestras de lámina libre que cumplen con los valores límite de ratios.

El valor límite que el agua de mar presenta para el ratio rCl^-/HCO_3^- es 20, mientras que para el ratio rMg^{+2}/Ca^{+2} es 5. De este modo sólo el 0,6% y el 1,7% de las muestras analizadas superan dichos valores para el conjunto de muestras analizadas.

El caso del rCl^-/Na^+ es distinto, pues un 54% de las muestras presentan valores por encima del valor de referencia. De este modo y si nos fijamos únicamente en este ratio diríamos que la mitad de las muestras analizadas están sufriendo procesos incipientes de salinización por agua de mar. Si representamos dicho ratio gráficamente observamos diferencias bastante significativas que se reproducen anualmente (con variaciones puntuales). Se puede observar en la figura 104 como aumenta el ratio de intrusión según avanza el ciclo del cultivo, apareciendo muy marcado en la zona norte y en la zona este. Mientras en el mes de junio de 2011 se observa un aumento en la zona norte, en julio de ese mismo año la zona con un ratio mayor a 0.86 se extiende por toda la zona norte del lago y por la zona colindante a la restinga. La influencia de la capa freática como posteriormente veremos es clara, dándose el caso que en la zona sur (con aguas procedentes del Júcar de mucha mejor calidad), dicho proceso no se produce. Estos procesos cíclicos anualmente se revierten con el periodo de inundación que comienza a mediados de octubre, observándose como únicamente y de forma puntual aparecen áreas donde dicho ratio es superior al del agua del mar. Así pues junto con la calidad de los inputs, veremos como la capa freática con una menor tasa de renovación en la zona norte influye en la carga de sales sobre aguas superficiales.



Figura 104: Representación espacio-temporal del ratio Cl^-/Na^+ en los meses de a) junio 2011, b) julio 2011 y c) noviembre 2011.

Por lo que respecta a la evolución temporal y espacial de cada catión y anión en lámina libre se puede decir que no se sigue un patrón establecido (datos aportados en el anejo VII) lo cual demuestra la heterogeneidad de aguas presente en el Parque Natural.

4.2.2.3.- Relación de Adsorción de Sodio

La relación de adsorción de sodio (RAS) es el parámetro utilizado para determinar el posible riesgo de sodificación del suelo por adición de cationes de sodio por parte de las aguas de riego. El valor límite que Honey (1982) estableció para el cultivo del arroz es un RAS de 10, momento a partir del cual se pueden producir intercambios en la estructura de las arcillas entre el sodio y los cationes divalentes (Ca^{+2} y Mg^{+2}) dando lugar a una pérdida de la permeabilidad y estructura del suelo.

El análisis de las muestras de aguas de lámina libre registró un valor medio de 5,29, con un mínimo de 0,33 y un máximo de 27,6 del S.122 en julio de 2011 (tabla 57). El coeficiente de variación es del 56% con un coeficiente de asimetría y un valor de Curtosis que nos indican un histograma con una distribución no normal desplazado por asimetría hacia la derecha.

Tabla 57: Estadísticos descriptivos de la variable RAS en lámina libre.

Estadísticos	Valor
Media	5,29
Desviación Estándar	2,99
Mediana	4,69
Coeficiente de Variación (%)	56,5
Mínimo	0,33
Máximo	27,6
Coeficiente de asimetría	28,6
Curtosis Estandarizada	78,5

Los valores superiores a 10 que se muestran en la figura 105, se sitúan en los sondeos: 77, 76, 29, 88, 46 del primer transecto y en el transecto 17 (sondeos: 47, 48, 8, 7, 6 y 5) que conforman de norte a sur el primer conjunto de piezómetros. Además de en estos puntos encontramos también valores altos en los sondeos: 122, 127 y 121 de los tancats de Pipa y Sardina, así como en el transecto 2 (sondeos 13, 14, 15, 19 y 20). Espacialmente y de forma puntual aparecen junto al municipio de el Palmar valores de 10,36 en el S.131 y 25 en el sondeo S.57. De este modo del total de muestras analizadas sólo el 5% presentaría riesgo de sodificación al presentar valores de RAS superiores a 10, y aunque parezca un valor muy pequeño la localización concreta en la que se repiten dichos datos refleja que no hay un peligro de sodificación en el Parque, pero sí de modo puntual en esas zonas.

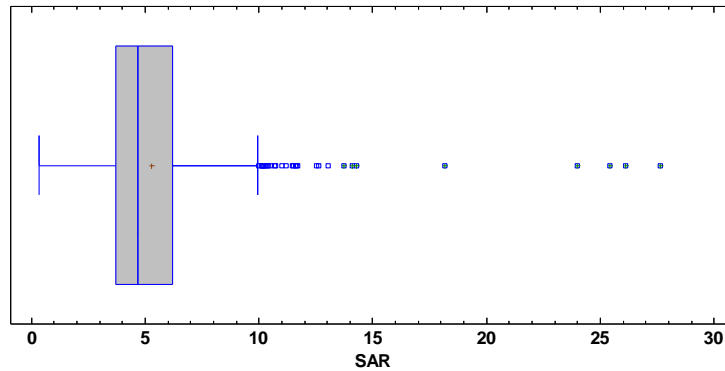


Figura 105: Diagrama Box and Whisker del RAS en lámina libre.

4.2.2.4.- Conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica es un parámetro de fácil medida que aporta una idea general de la cantidad de sales que posee un agua. Para el caso de la lámina libre en el Parque Natural de la Albufera de Valencia el valor medio de las muestras analizadas es de 2,10 dS/m (tabla 58). Presenta un valor mínimo en el S.106 de 0,15 dS/m en el mes de agosto de 2010, así como un máximo de 14,4 dS/m en septiembre de 2012 en el S.127.

Tabla 58: Estadísticos descriptivos de la CE en lámina libre (dS/m).

Estadísticos	Valor
Media	2,10
Desviación Estándar	1,04
Mediana	1,86
Coefficiente de Variación (%)	49,68
Mínimo	0,15
Máximo	14,40
Coefficiente de asimetría	87,67
Curtosis Estandarizada	355,77

Si analizamos el valor promedio en cada mes para todo el conjunto de sondeos (figura 106) observaremos como hay una disminución de la CE de las aguas con el final de la campaña del cultivo del arroz y el inicio del periodo de inundación de los campos. Esta tendencia se transloca con el inicio del periodo de preparación de los campos en marzo. Es durante los meses de marzo y abril cuando menor número de muestras se han recogido debido a que los campos se encontraban prácticamente secos en su totalidad.

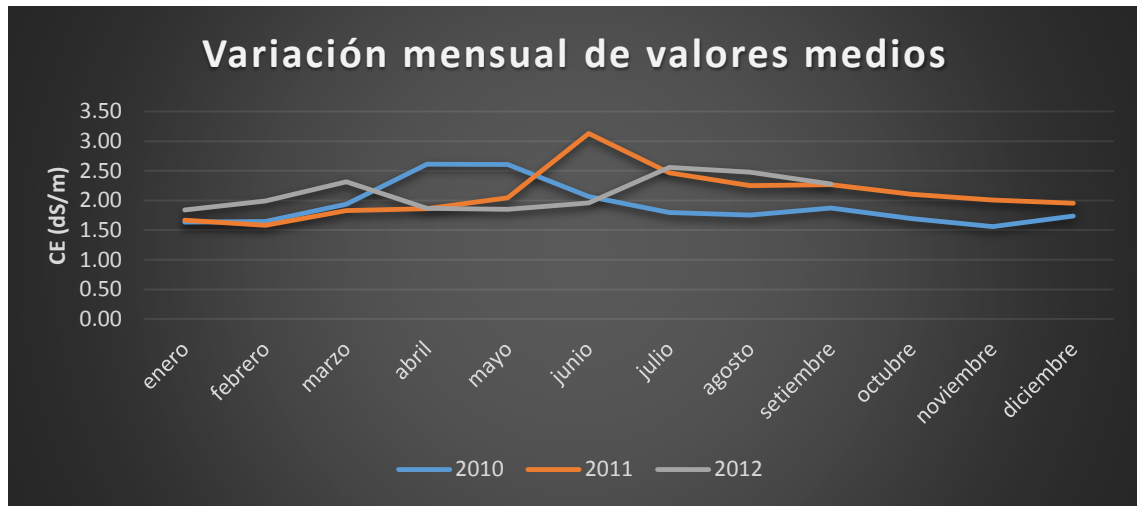


Figura 106: Variación mensual de la CE (dS/m) en el conjunto de lámina libre.

El histograma (figura 107) refleja el coeficiente de asimetría positivo y elevado que simboliza una distribución en la que el valor medio es mayor al de la mediana y por eso exhibe una asimetría desplazada hacia la derecha por la existencia de valores extremos de CE.

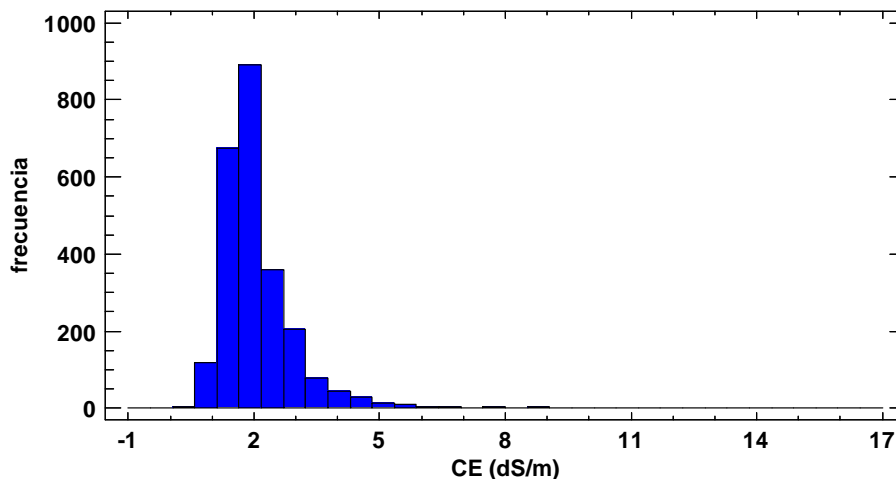


Figura 107: Histograma de la Conductividad eléctrica de la lámina libre.

El gráfico de dispersión reflejado en la figura 108 nos muestra que aunque una mayoría de valores se sitúan por debajo de una CE de 2 dS/m, algunas muestras de lámina libre presentan CE superiores. El arroz que es una planta moderadamente tolerante a la salinidad, puede reducir su rendimiento entre un 10-18% por cada unidad de la CE a partir de un valor umbral de 2 dS/m. Así pues el 41,1% de las muestras recogidas presentaban una CE superior a 2 dS/m, y un 4,07% una CE superior a 4 dS/m. De este modo podemos decir que hay zonas del Parque Natural cuyas aguas superficiales no son aptas para el riego del arroz puesto que producen mermas en su rendimiento, teoría que Ballesteros (2007) expuso en su estudio sobre la implantación de una red de control en el Parque Natural, puesto que detectó valores medios elevados en el agua de los

tancats que suponen una amenaza para el ecosistema agrícola. Este problema es una realidad actualmente y los agricultores, conocedores de la buena calidad del agua del Júcar, desean que ésta llegue para inundar sus campos y que las dosis se mantengan constantes durante el ciclo, pues son una garantía de producción.

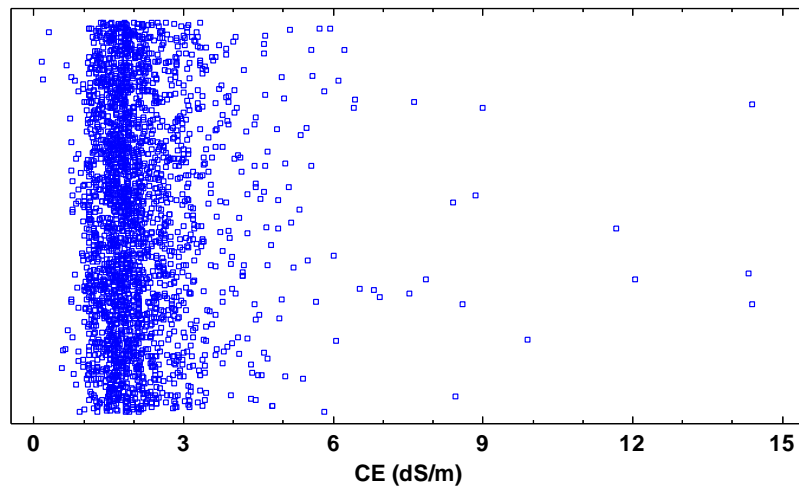


Figura 108: Gráfico de dispersión de la CE de la lámina libre.

Los sondeos con mayor CE media son S.32, S.28, S.127, S.33, S.85, S.46 y S.41 con valores medios que oscilan entre 3 y 3,57 dS/m. Todos ellos se encuentran en la zona noroeste del lago siendo el primero o segundo piezómetro del transecto más cercano al lago. En el transecto 1 tenemos el S.46, situado junto a la estación de bomberos del Saler, seguido de los sondeos S.85 y S.127 en el Tancat de Pipa y los S.28 en el transecto 4, S.32 y S.33 en el transecto 5, S.37 en el transecto 6 y S.41 en el transecto 7.

En el mismo sentido tenemos los sondeos con mayores valores de CE registrados (tabla 59), destacando los S.85 y S.127 pertenecientes al Tancat de Pipa y el S.14 perteneciente al transecto 2 en el término municipal de Alfafar junto a las turbinas. Estos puntos presentan valores en torno a 14 dS/m en los meses de septiembre de 2011 y septiembre de 2012. En estas épocas los campos han sido secados para proceder a cosechar el arroz y es posible que se produzcan filtraciones desde la capa freática hacia la escasa lámina libre existente. En este sentido se producirá un aumento de la salinidad de la muestra de agua al incorporar a la lámina libre sales procedentes de la capa freática. La zona con mayores valores registrados se encuentra en la zona norte del lago, concretamente en los tancats de Pipa y Sardina, así como la zona de las turbinas al otro lado del barraco del Poyo.

La influencia del tancat de Pipa, como posteriormente se verá en capa freática es bastante importante en el registro de salinidad de las aguas del Parque Natural de la Albufera de Valencia. Sabemos que el uso del filtro verde Tancat de Pipa como humedal para tratar las aguas eutrofizadas del lago de la Albufera presenta buenos datos de reducción de sólidos solubles, fósforo, nitrógeno total y nitratos (Martín *et al.*, 2013), pero aunque el tancat presente buenos resultados de reducción de elementos nutrientes, su ejecución presentó un problema que se ve reflejado actualmente con los valores de CE en lámina libre y en capa freática como posteriormente veremos. Un humedal artificial debe de ser diseñado con un cierre estanco en su base que impida la filtración hacia capas profundas (Vymazal *et al.*, 2006). En el caso de un humedal como la Albufera de Valencia situado cercano al mar, el problema no se presenta por las filtraciones que se puedan producir, si no por el ascenso de la capa freática que pueda dar lugar a salinización del perfil del suelo en aquellos periodos en el que el humedal no está con lámina libre. Este es el caso encontrado con el tancat de Pipa (figura 109 a)), en el que se registraron valores elevados de CE en la acequia perimetral a las parcelas de depuración debido a su escaso nivel de agua y a un flujo de filtraciones desde la capa freática (suprayacente a la superficie en el piezómetro) (ubicación en figura 109 b)). Otro aspecto que corrobora dicho estado es la zona no inundada colindante al camino perimetral en la zona sur del tancat, donde no hay crecimiento de especies vegetales en la base (a diferencia de los taludes) y el suelo se presenta disgregado y sin estructura además de existir en los meses de verano precipitaciones salinas en las grietas de desecación. La necesidad de mantener una lámina de agua de buena calidad (sin recirculación de aguas) para evitar la acumulación de sales es una premisa necesaria en esta zona que como veremos posteriormente presenta los mayores valores de CE en capa freática además de presentar los niveles freáticos más bajos.



Figura109: a) Ubicación del canal perimetral con suelo salinizado en el tancat de la Pipa
b) Ubicación de los filtros verdes Tancat de Pipa (amarillo) y T. de Milia (rojo).

Tabla 59: Valores medios máximos de CE (dS/m) del conjunto de sondeos.

orden	Sondeo	Valor máximo (dS/m)	orden	Sondeo	Valor máximo (dS/m)
1	S.127	14,4	9	S.122	8,39
2	S.14	14,39	10	S.110	7,53
3	S.85	14,32	11	S.17	6,92
4	S.118	9,89	12	S.119	6,80
5	S.46	8,99	13	S.125	6,43
6	S.13	8,84	14	S.8	6,41
7	S.120	8,57	15	S.5	6,23

Los valores de CE en los sondeos se suelen mantener constantes a lo largo de tiempo como podemos ver en la figura 110, aunque pueden presentarse altibajos debido a situaciones puntuales como la comentada en el S.127 del tancat de Pipa. A continuación se representan dos gráficos representativos del conjunto de muestras de lámina libre en el Parque Natural.

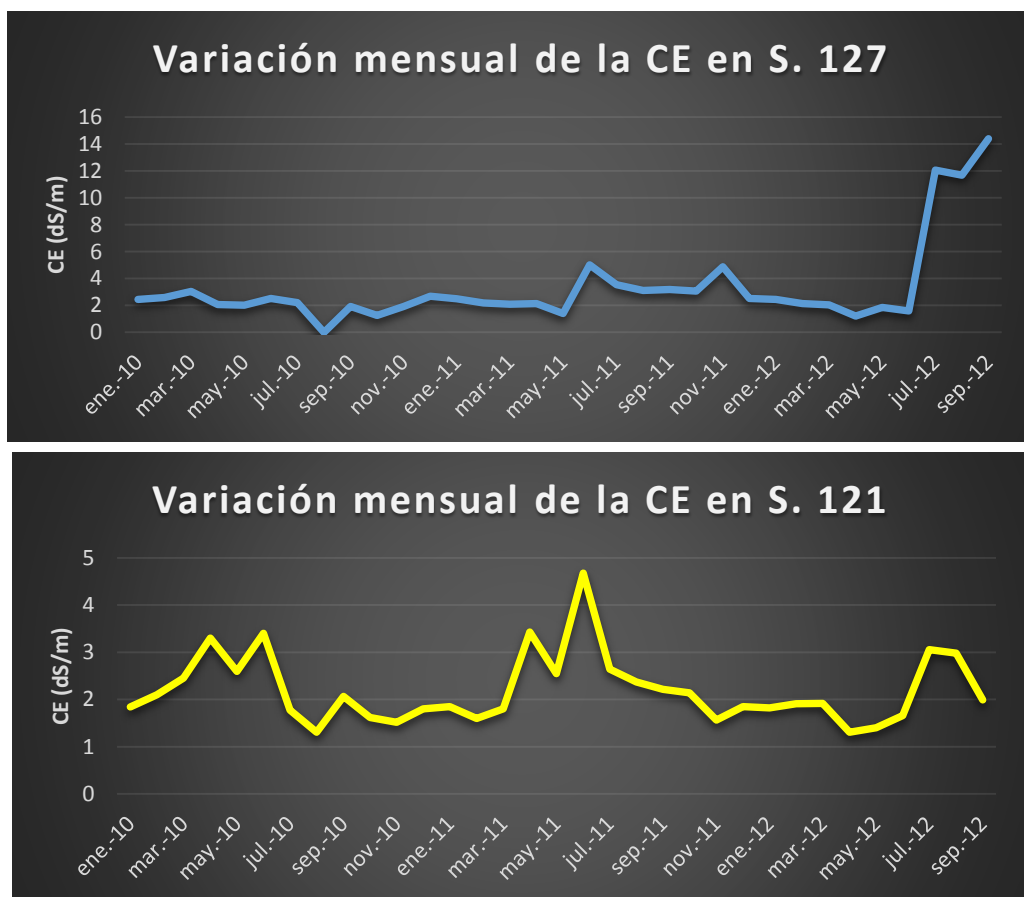


Figura 110: Evolución anual de la CE de la lámina libre en los sondeos a) S.127 y b) S.121.

La representación cartográfica del periodo de estudio en referencia a la CE de la lámina libre se encuentra en el anejo V, donde se puede observar que la lámina libre suele ser bastante homogénea espacial y temporalmente. No obstante se observan puntos de incremento de CE con

valores superiores a 10 dS/m en abril de 2010, junio, agosto y septiembre de 2011 y julio, agosto y septiembre de 2012. Dichas zonas siempre se sitúan en la zona norte del lago y más concretamente sobre el tancat de Pipa y el transecto 2 a la altura del tancat de Pipa y Sardina (S.13). Durante los meses de inundación, la CE se mantiene constante en todo el parque en valores que rondan entre los 1-3 dS/m. Con el comienzo del ciclo del arroz, se producen los primeros picos de aumento en la salinidad de lámina libre que se acrecientan con los meses de verano en pleno ciclo. No obstante no se puede obtener ningún patrón espacial de la CE puesto que anualmente se producen variaciones ajenas al propio funcionamiento del arrozal. Es de destacar que la suelta de aguas en todo el parque no es homogénea, dando lugar a que mientras algunos están completamente inundados para la plantación del arroz, otros permanecen completamente secos o comienzan a disponer de una pequeña capa de agua que humedece los terrones nivelados del terreno siendo ese momento el que más contrastes se producen en el lago al recibir algunos tancats aguas “frescas” de buena calidad, mientras que otros están secos y sus aguas en acequias colindantes están estancadas siendo éstas de mala calidad.

4.2.2.5.- Tipos de agua y correlaciones entre variables

El conjunto de muestras de lámina libre estudiadas en el presente trabajo tienen como principales iones el cloruro y el sodio como hemos visto en apartados anteriores, y es por ello que el grupo de aguas más abundante son las cloruro sódicas con un 48% de las muestras analizadas (figura 111), seguidas de un 16,51% de muestras cloruro cálcicas y un 15,23 % de muestras cloruro magnésicas.

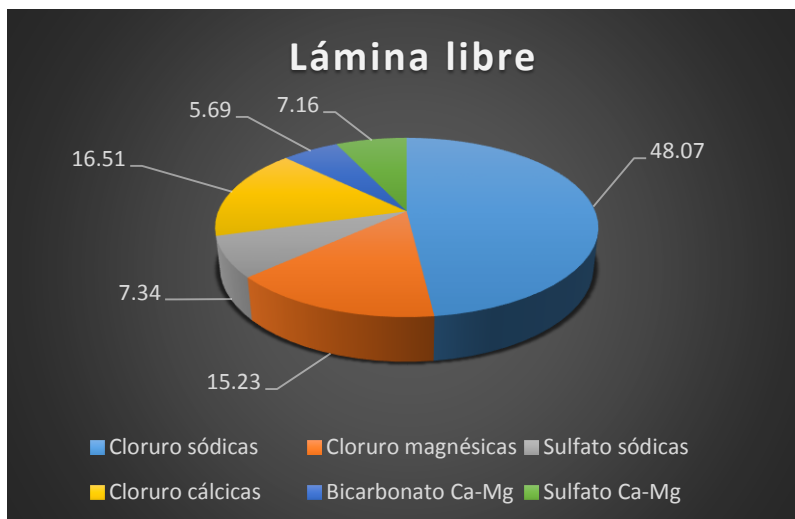


Figura 111: Porcentajes de cada una de las facies encontradas en aguas de lámina libre.

El 79,8% de las muestras son cloruradas, mientras que el 14% presentan facies sulfatadas y el 5,6% restante facies carbonatadas. Como veremos a continuación las aguas freáticas presentan principalmente facies cloruradas, por lo que es la mezcla de sales entre ambas aguas se produce de forma habitual a lo largo de los campos de arroz.

Los diagramas radiales y los de Stiff (figuras 112 y 113) muestran la composición iónica de las aguas y la heterogeneidad de las aguas superficiales en el parque. Podemos observar como las muestras presentan una dirección acusada hacia los ejes de cloruro y sodio en el diagrama radial mucho menos marcados que en el caso de las aguas freáticas donde la tendencia Cl-Na da lugar a diagramas muy característicos. El equilibrio de estos iones con el resto: calcio, magnesio, sulfato, bicarbonato varía en espacio y tiempo en las muestras. Lo mismo ocurre con los diagramas de Stiff cuya base es más pronunciada en aquellas muestras clasificadas como cloruro sódicas, pero que varía en los puntos muestreados sin seguir un patrón constante.

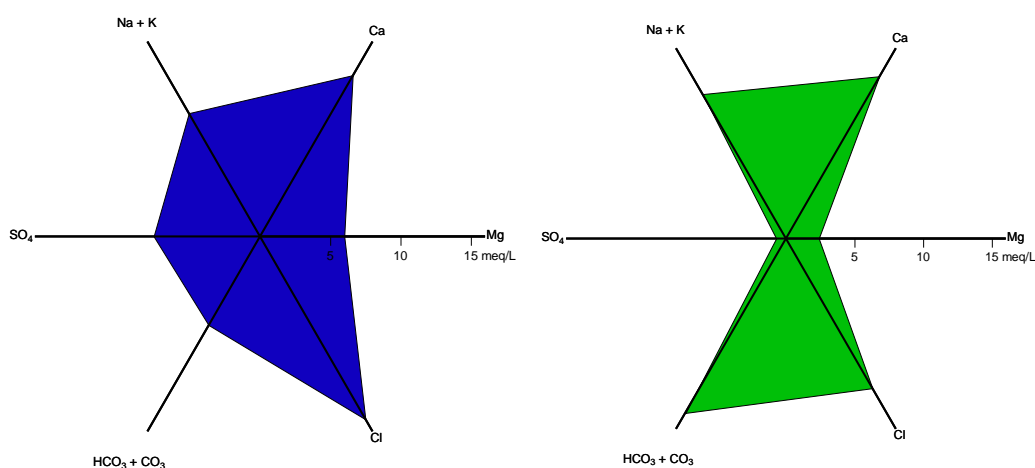


Figura 112: Diagramas radiales de muestras de lámina libre en a) S.84 y b) S.102.

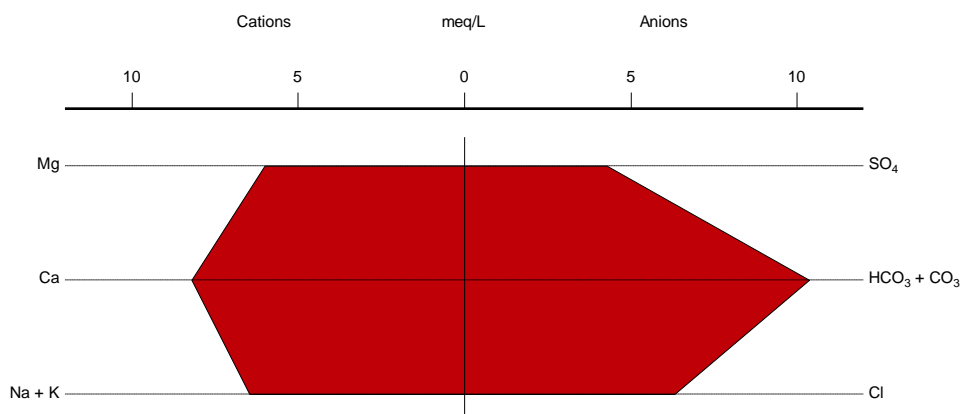


Figura 113 (a): Diagramas de Stiff en muestras de lámina libre S.60.

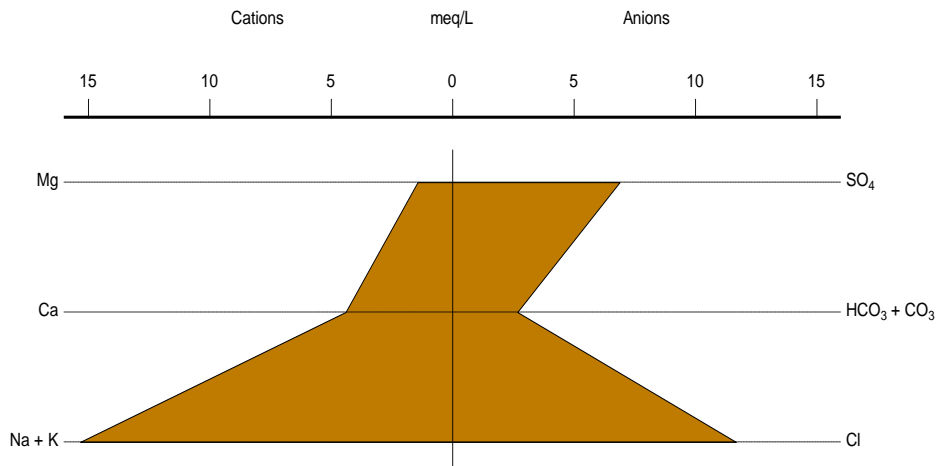


Figura 113 (b): Diagramas de Stiff en muestras de lámina libre S.79.

Por último destacar que en base a la clasificación de aguas el 47,5% de las muestras se clasifican con una salinidad media-alta (C3), siendo el resto de muestras clasificadas como aguas de salinidad alta (figura 114). Si comparamos estos datos con los obtenidos en el estudio de acequias donde el 73% de las muestras tienen una salinidad media-alta observamos como el paso de las aguas por las parcelas de arroz provocan una acumulación de sales presentes en el suelo que modifican las características de calidad de las aguas respecto al origen de éstas.

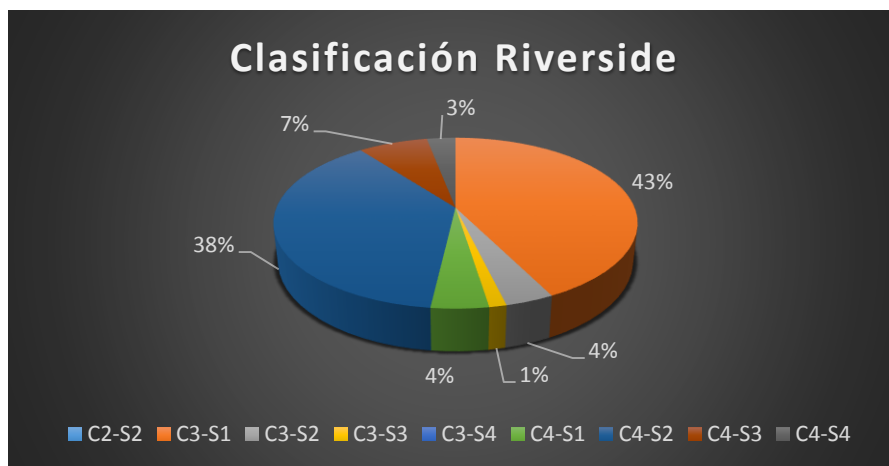


Figura 114: Clasificación de las aguas de lámina libre según Riverside.

Por lo que respecta a la sodicidad el 88% de las muestras presentan niveles bajos o medios de sodio (S1-S2), únicamente presentando problemas de sodio el 12% restante (S3 y S4). Si combinamos ambos conceptos un 3% de las aguas analizadas presentaría problemas de salinidad y sodicidad (C4-S4) en condiciones normales y no deberían de utilizarse para el riego. Las filtraciones de capa freática anteriormente comentadas son las responsables de este grupo de aguas cuyo control debe ser tenido en cuenta para evitar problemas de salinización de suelos y desplazamiento de especies vegetales por intolerancia al medio salino.

Las correlaciones bivariadas entre datos hidroquímicos reflejan la gran relación entre la CE y el resto de cationes y aniones como era de esperar así como la relación entre los aniones y cationes utilizados como ratios (tabla 60). El calcio es otro de los analitos que presenta relación con el resto de variables con coeficientes de correlación moderados.

Tabla 60: Correlaciones bivariadas de la lámina libre.

		Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Bicarbonato	Sulfato	Cloruro	pH	CE
Calcio	ρ	1	-0,31	0,43	0,22	0,40	0,32	0,49	-0,12	0,55
	Sig		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Magnesio	ρ		1,00	-0,07	0,05	-0,19	0,32	0,03	-0,04	0,17
	Sig			0,10	0,26	<0,01	<0,01	0,48	0,33	<0,01
Sodio	ρ			1,00	0,47	0,14	0,50	0,91	-0,23	0,82
	Sig				<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Potasio	ρ				1,00	-0,19	0,41	0,52	0,06	0,53
	Sig					<0,01	<0,01	<0,01	0,15	<0,01
Bicarbonato	ρ					1,00	-0,33	0,11	-0,24	0,13
	Sig						<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sulfato	ρ						1,00	0,42	-0,15	0,61
	Sig							<0,01	<0,01	<0,01
Cloruro	ρ							1,00	-0,16	0,94
	Sig								<0,01	<0,01
pH	ρ								1,00	-0,22
	Sig									<0,01
CE	ρ									1,00
	Sig									

Valores en negrita= estadísticamente significativos al 95 y 99%; y ρ = coeficiente de Spearman.

La fuerte correlación existente entre la CE y el cloruro y sodio nos indica que a mayores valores de CE, mayor será la concentración de dichos iones. El cálculo de rectas mediante métodos de regresión puede facilitar tanto la interpretación de datos espaciales como calcular dichos parámetros en función de un único análisis, es decir, el cálculo de la CE a partir de la concentración de cloruro o sodio o viceversa.

La recta de regresión obtenida respecto al sodio es una regresión lineal entre la CE y el Sodio para muestras de lámina libre y presenta la siguiente ecuación:

$$CE(dS/m) = 0,946294 + 0,116664 \times Na(meq/l)$$

El valor de significancia calculado es menor de 0,01, y es por ello que existe una relación estadísticamente significativa entre CE (dS/m) y Sodio (meq/l) con un nivel de confianza del 99%. El coeficiente de correlación de 0,84, además de presentar un R² de 84 % reflejado en el ajuste de la gráfica, nos destaca una alta relación entre ambas variables.

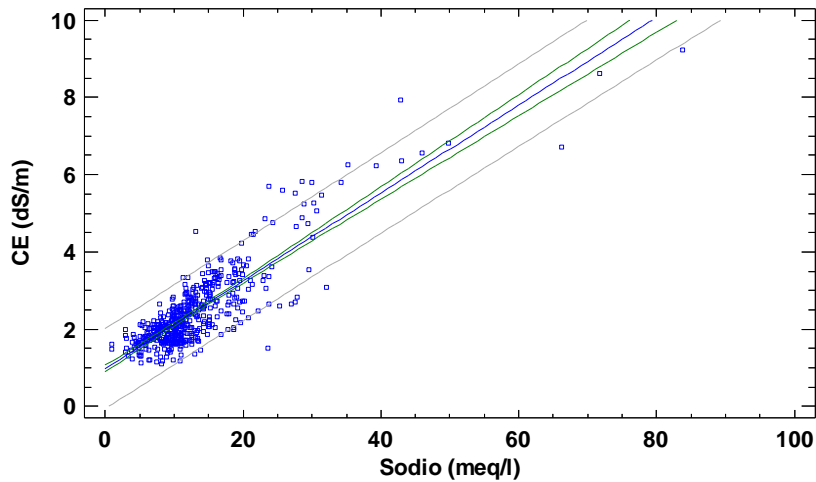


Figura 115: Gráfica de regresión lineal entre CE y el sodio en lámina libre.

En referencia al cloruro la recta de ajuste de regresión presenta un coeficiente de correlación del 0,94. Su valor positivo indica un aumento de la CE con el aumento de la concentración de cloruro, siendo el coeficiente de determinación del 89,70%.

$$CE(dS/m) = 0,787252 + 0,112633 \times Cl(meq/l)$$

Puesto que el valor de significancia es menor de 0,01 existe una relación estadísticamente significativa entre CE (dS/m) y cloruro (meq/l) con un nivel de confianza mayor al 99 %, (figura 115).

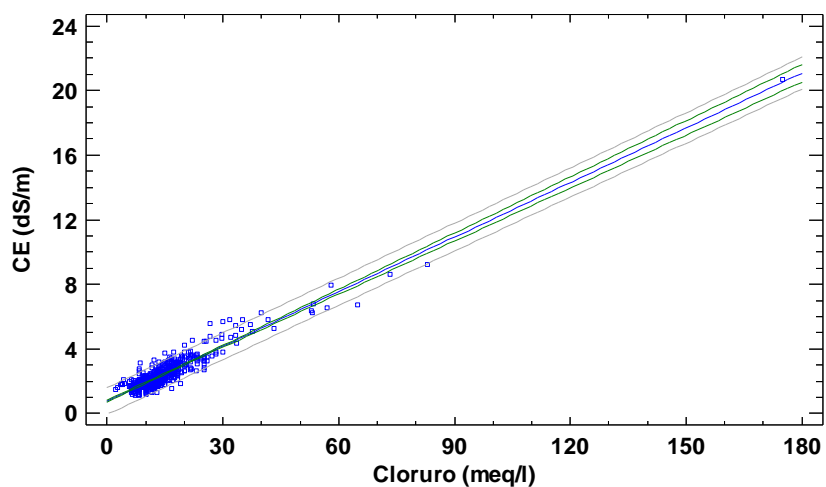


Figura 116: Gráfico de regresión lineal entre CE y cloruro.

4.2.2.6.- Influencia sobre la CE de las variables físicas, climáticas y de manejo.

En zonas áridas o semiáridas donde la lluvia se produce de forma estacional el aporte de aguas tanto superficiales como subterráneas puede ser más determinante que una alta evapotranspiración en el proceso de salinización de los suelos. No obstante, los humedales en estas zonas no viven ajenos a estos fenómenos y sufren episodios de salinidad severa debido a altas tasas de evapotranspiración y poca entrada de aguas (Islam y Gnauck, 2007; Jolly *et al.*, 2008; McEwan *et al.*, 2006). La Albufera de Valencia es uno de estos humedales puesto que mantiene su estatus de humedal en verano gracias a las dosis de riego empleadas en el cultivo del arroz.

Para poder explicar dicho recurso se han planteado varias pruebas estadísticas no paramétricas (Kruskal-Wallis y Mann-Whitney) con el objetivo de ver la influencia de factores físicos, climáticos y de manejo sobre la calidad del agua de la lámina libre.

La correlación bivariada entre las variables físicas y la CE (tabla 61) muestra que tres son significativamente estadísticas a un nivel de confianza superior al 99%, aunque sus coeficientes rho de Spearman de signo negativo indican que la CE disminuye cuando mayores son los valores de las variables físicas.

Tabla 61: Correlaciones bivariadas entre variables físicas y la CE de la lámina libre.

		Distancia al lago	Distancia a la costa	Cota
CE	ρ	-0,10	-0,26	-0,19
	Sig	<0,01	<0,01	<0,01

Vista la correlación entre la CE y las variables físicas se agruparon los puntos de muestreo según las condiciones y códigos estipulados al principio del capítulo encontrando los siguientes resultados al aplicar pruebas no paramétricas (Kruskal-Wallis y Mann-Whitney).

Mediante el test de Kruskal-Wallis (tabla 62) se muestra que las tres variables físicas estudiadas son significativamente estadísticas a un nivel mayor al 99 % corroborando los datos obtenidos en el estudio de correlación bivariado.

Tabla 62: Estadísticos de contraste para la CE y los factores físicos según el test Kruskal –Wallis.

Estadísticos de contraste	factores		
	Distancia al lago	Distancia a costa	Costa
Chi-cuadrado	66,62	205,48	199,54
Sig. asintót.	<0,01	<0,01	<0,01

Si analizamos la variable ordinaria distancia al lago frente a la conductividad eléctrica de la lámina libre (figura 117) los datos de significancia del test de Mann-Whitney reflejan que los niveles de estudio dentro del factor distancia al lago son estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 99% entre la combinación de códigos 1-2 y 2-3, mientras que la combinación 1-3 presenta también diferencias significativas pero a un nivel de confianza del 95%. La diferencia de valores está comprendida entre 0,1 dS/m y 0,23 dS/m. Así pues se observa que la lámina de agua presenta menor CE en la zona comprendida entre 1 y 3 Km, siendo superior en las zonas más alejadas del lago.

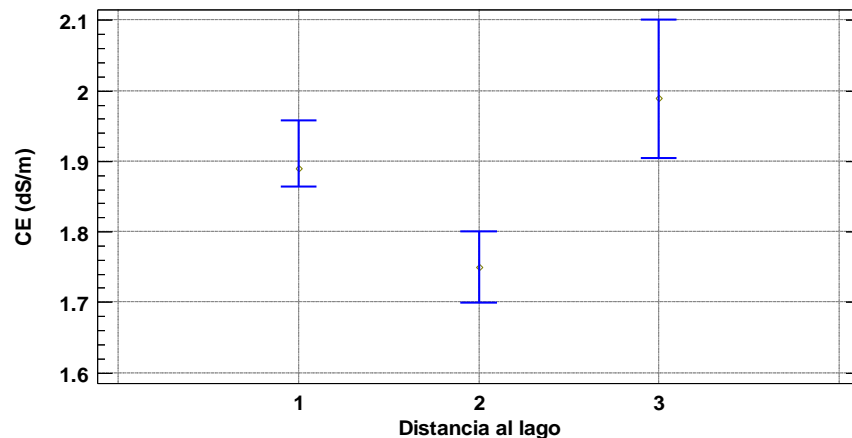


Figura 117: Gráfico de comparación de medianas para el factor distancia al lago y la CE.

Por otro lado, si analizamos de la misma forma la variable cota de los sondeos frente a la CE de la lámina libre se observa (figura 118) que las muestras que se encuentran a cotas inferiores a -0,5 metros (código 1) presentan diferencias significativas respecto al resto de grupos establecidos a un nivel de confianza mayor al 99% ($p < 0,01$). Lo mismo ocurre entre los grupos 2 (cota entre -0,5 y 0,5 m) y 3 (cota $> 0,5$ m) cuya significancia es mayor al 99%. Diferencias de entre 0,3 dS/m (1-2), 0,5 dS/m (1-3) y 0,8 dS/m (2-3) marcan las diferencias significativas entre grupos. De este modo los piezómetros situados a cotas más altas presentan una menor concentración de sales (CE más baja) y por lo tanto mejor calidad de agua para el riego. Con el paso del agua por las parcelas estas se cargan de sales y dan lugar a aguas con un valor de mediana de 2 dS/m.

El comportamiento entre la distancia al lago y la cota debería de mantener la misma tendencia puesto que su estudio de correlación bivariado es estadísticamente significativo al 99%, presentando un coeficiente de correlación moderado de 0,40. El aceptar que a mayor cota mejor es la calidad del agua podría asemejarse a que a mayor distancia al lago mayor es también la calidad de ésta. Que en el anterior apartado haya salido que los puntos más alejados presenten el mayor valor de CE, únicamente se puede basar en la forma propia de la zona de estudio. Distancias al lago superiores a 6 km únicamente se pueden dar en la zona norte, donde como se puede comprobar en el anejo IV el agua procedente de la depuradora de Pinedo y de las acequias de Favara y Faitanar presenta valores elevados de CE.

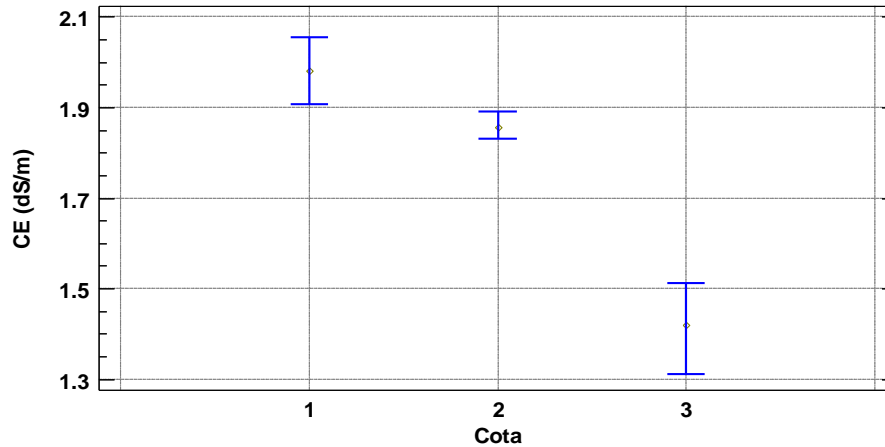


Figura 118: Gráfico de comparación de medianas para el factor cota y la CE.

Por último si analizamos la variable física distancia a la costa (figura 119) se observan diferencias estadísticamente significativas al 99% entre todos los grupos. El grupo de sondeos más cercanos a la costa (distancia menor de 3 km) presentan las aguas cargadas con más sales, mientras que las más alejadas son las que mejor calidad presentan. Este resultado es similar al observado en las acequias, donde las aguas en la toma inicial presentan menos carga que las aguas cercanas al lago y a la costa. La influencia de la textura del suelo y las filtraciones pueden explicar dicho comportamiento en la zona cercana a la costa.

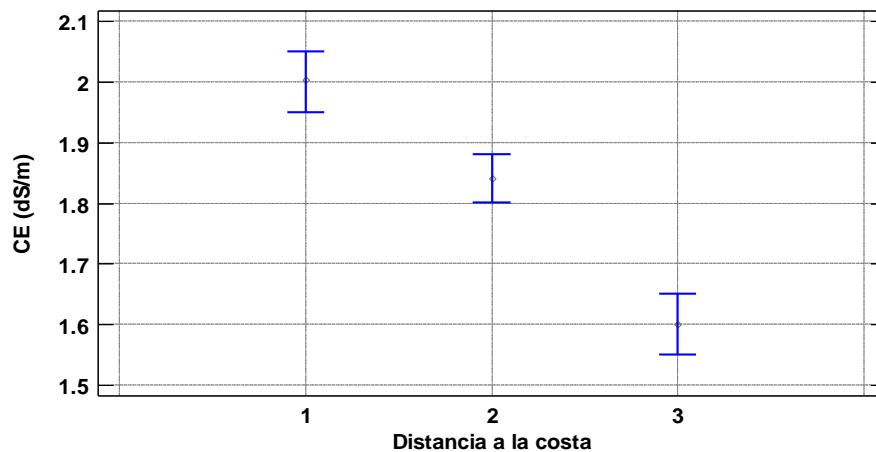


Figura 119: Gráfico de comparación de medianas para el factor distancia a la costa y la CE.

Por otro lado, en referencia a la variable factor ciclo, en el que se reflejan los dos estados principales a los que el hombre somete al Parque Natural: cultivo (1) o inundación (2) la CE de la lámina libre es estadísticamente significativa al 99% de confianza. La diferencia de 0,26 dS/m entre ambos periodos muestra que durante el periodo de inundación las sales se diluyen y la calidad del agua es en general mucho mejor en todo el Parque. Por el contrario cuando comienza el ciclo del arroz la variabilidad de la salinidad es mucho mayor. Esto se refleja en el rango de valores entre ambos periodos (6,25 en el periodo de inundación y 14,24 en el periodo de cultivo).

Tabla 63: Valores del test Mann-Whitney para la CE y el factor ciclo.

CE	
U de Mann-Whitney	506.827
W de Wilcoxon	877.918
Z	-10,70
Sig. asintót.	<0,01

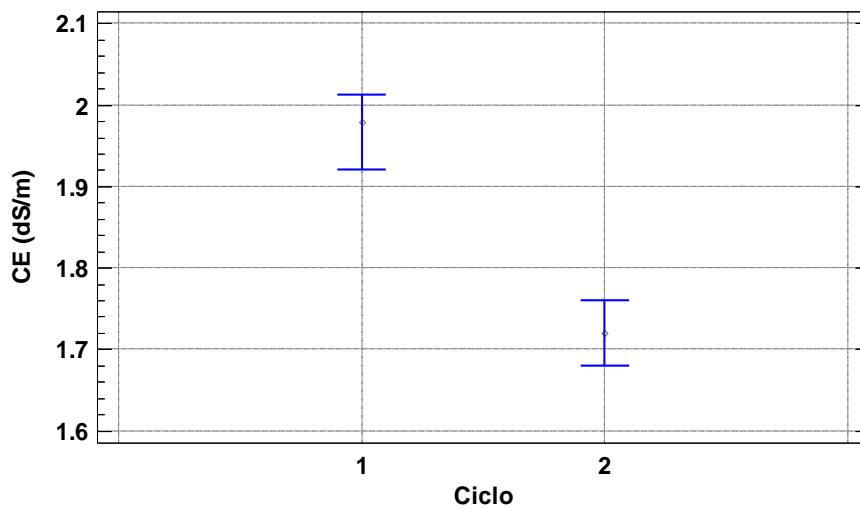


Figura 120: Gráfico de comparación de medianas para el factor ciclo y la CE.

Por último la climatología en las zonas áridas y semiáridas juega un papel importante en la salinización de aguas y suelos por lo que se pretende comprobar en qué grado esta influye sobre las sales del agua de la lámina libre. Mientras que la precipitación no muestra efecto sobre la lámina libre (tabla 64), la evapotranspiración (figura 121) es estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 99%. Cuando la evapotranspiración supera el valor medio de la zona, las aguas acumulan sales en la lámina libre por efecto de las sales del suelo o de la capa freática.

Tabla 64: Valores del test Mann-Whitney para la CE y los factores evaporación y precipitación.

Estadísticos de contraste	Precipitación	Evapotranspiración
U de Mann-Whitney	711.955,5	544.573,5
W de Wilcoxon	1.254.316,5	1.022.326,5
Z	-1,38	-10,32
Sig. asintót.	0,16	<0,01

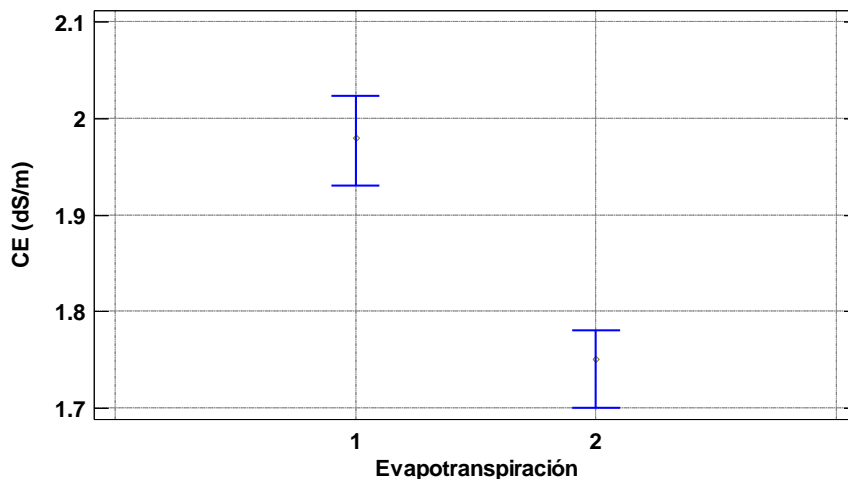


Figura 121: Gráfico de comparación de medianas para el factor evapotranspiración y la CE.

4.2.3.- Capa freática

Los resultados analíticos de las muestras de capa freática pueden verse el anejo III, donde se adjuntan algunos ejemplos de las fichas desarrolladas con Filemaker para la caracterización y clasificación de las aguas. Todas las muestras analizadas han presentado un error analítico inferior al 5%.

Si estudiamos sus principales características en base a las variables analizadas: pH, CE, calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonato, carbonato, sulfato y cloruro, al igual que las variables calculadas, RAS, RAS_{ajustado} y sólidos disueltos totales (TDS), podemos describir las aguas freáticas de la Albufera de Valencia, destacando debido a su carácter natural su comportamiento no normal o paramétrico (Harris *et al.*, 1987; Helsel y Hirsch, 1992), es decir que los datos de cualquiera de las variables utilizadas no presentan un histograma en forma de campana de Gauss ajustado a las condiciones de normalidad de las muestras. La afirmación de que las muestras no presentan dicho comportamiento se justifica de forma empírica con el test de Kolmogorov-Smirnov y el de Shapiro-Wilk cuya significancia refleja dicho carácter (tabla 65).

Tabla 65: Estadísticos de pruebas de normalidad de los parámetros analíticos.

Pruebas de normalidad				
Parámetros	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.
Calcio	0,196	<0,01	0,743	<0,01
Magnesio	0,256	<0,01	0,627	<0,01
Sodio	0,193	<0,01	0,773	<0,01
Potasio	0,252	<0,01	0,489	<0,01
Bicarbonato	0,143	<0,01	0,789	<0,01
Sulfato	0,236	<0,01	0,657	<0,01
Cloruro	0,205	<0,01	0,762	<0,01
pH	0,518	<0,01	0,035	<0,01
CE	0,509	<0,01	0,021	<0,01

Gráficamente la justificación de distribuciones no normales se basa en el ajuste a la distribución ideal escenificada por la recta calculada entre los valores observados y los esperados. Esto se refleja mediante los gráficos Q-Q (figura 122) donde la no coincidencia entre datos y recta nos informa del comportamiento no paramétrico de cada una de las variables de las aguas freáticas.

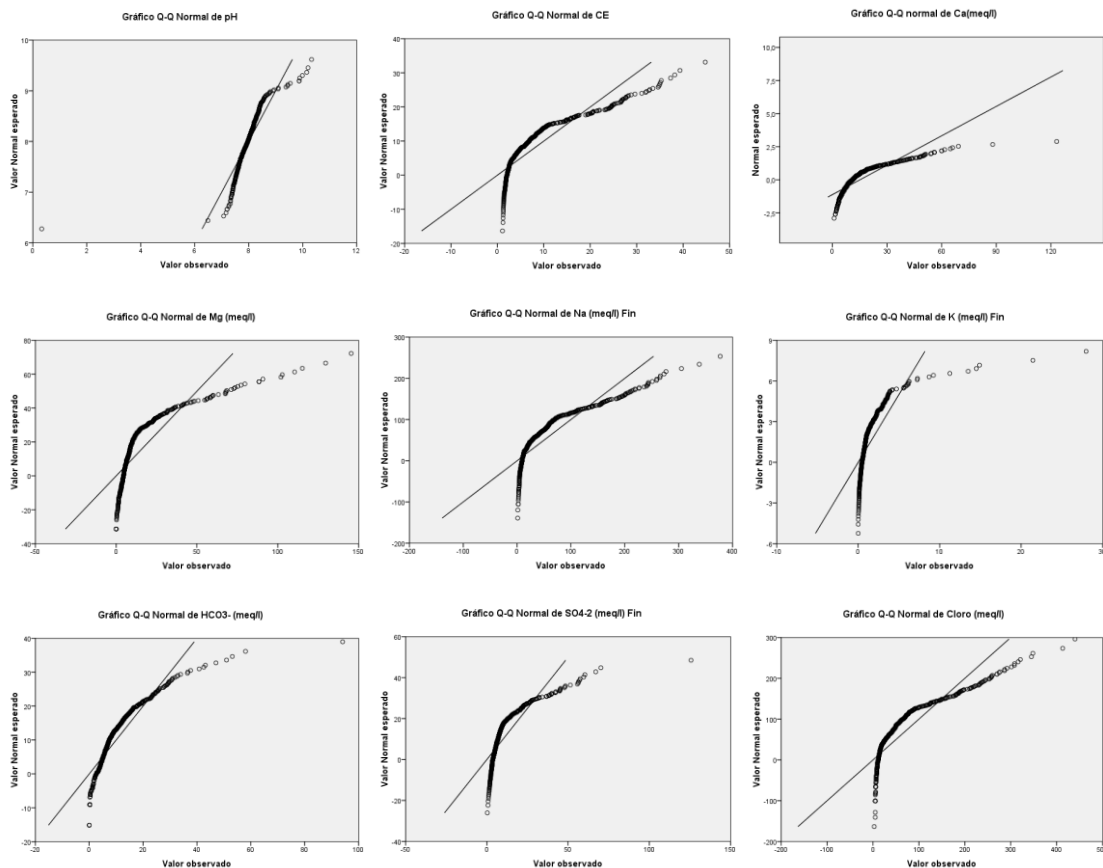


Figura 122: Gráficos Q-Q de las muestras de agua freática a) pH b) CE c) calcio d) magnesio e) sodio f) potasio g) bicarbonato h) sulfato i) cloruro.

4.2.3.1.- pH

Las muestras de aguas de los sondeos se caracterizan por presentar un pH uniforme con un valor medio de 7,86 y una desviación estándar de 0,45 unidades. El valor mínimo es de 6,20 registrado en abril de 2012 en el S.49, mientras que el valor máximo de 9,89 se registró en abril de 2010 en el S.85 (tabla 66). La distribución anual y espacial del pH es prácticamente constante, pues los valores de pH son bastante homogéneos (figura 123) variando entre 7 y 9 principalmente y reflejándose mediante el coeficiente de variación que es del 0,06%. Las fluctuaciones del valor del pH en cada sondeo no siguen un patrón establecido y aunque se observan ligeros aumentos del pH en períodos de precipitación o lluvias intensas, este aumento no es significativamente estadístico. De este modo el pH de las aguas freáticas lo podemos clasificar entre débilmente ácido, alcalino y básico.

Tabla 66: Estadísticos descriptivos del pH en aguas freáticas.

Estadísticos	Valor
Media	7,86
Desviación Estándar	0,45
Mediana	7,81
Coefficiente de Variación (%)	0,06
Mínimo	6,20
Máximo	9,89
Coefficiente de asimetría	5,99
Curtosis Estandarizada	1,19

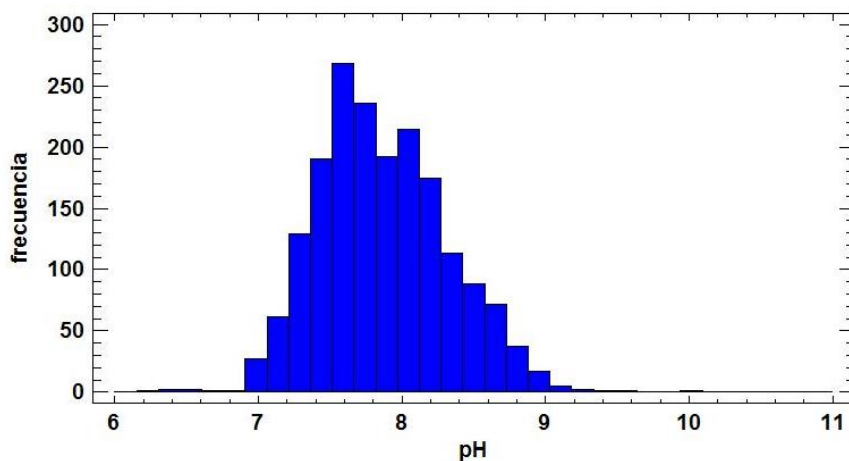


Figura 123: Histograma de la variable pH en las aguas subterráneas.

Los valores extremos que se muestran en la figura 124, reflejan la existencia de muestras levemente ácidas cuando el pH es menor de 6,6 y fuertemente y extremadamente alcalino cuando el pH es mayor de 8,4. El acuífero sobre el que se asienta la Albufera de Valencia es completamente calcáreo y los valores elevados de pH se deben a un aumento puntual de bicarbonatos en las aguas. Por el contrario los valores inferiores reflejan los procesos de gleyzación en el suelo por lavado de hierro y manganeso, puesto que dichos valores se registran en marzo que es el período de preparación de los campos donde la parte superficial está oxidada y se produce la acumulación de estos iones en profundidad por efecto de la capa freática fluctuante.

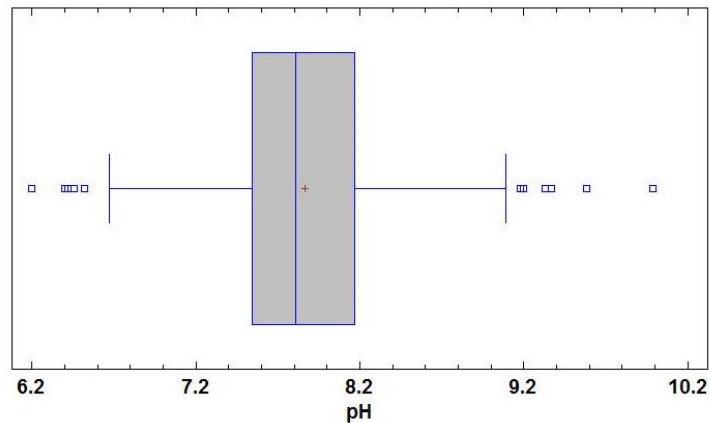


Figura 124: Diagrama Box and Whisker del pH en aguas freáticas.

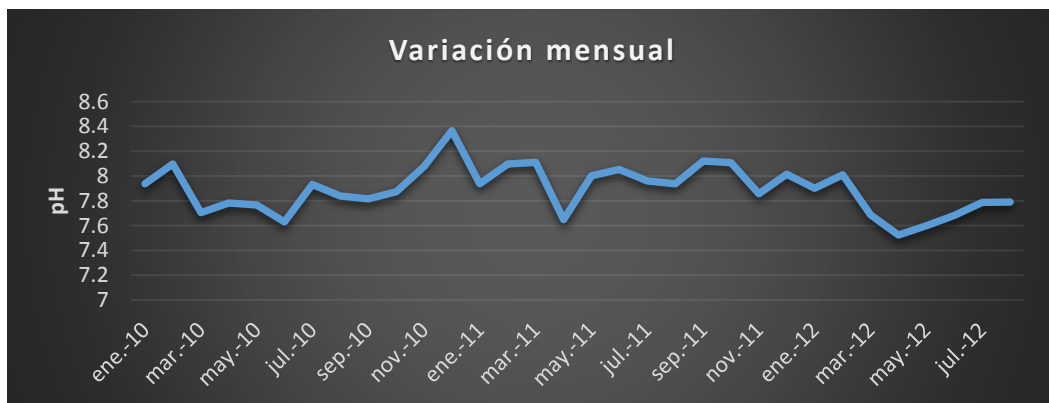


Figura 125: Variación del pH durante el periodo de estudio.

En este sentido la distribución del pH espacial y temporalmente no sigue ningún patrón establecido apareciendo de modo puntual en varios meses, valores atípicos inferiores a 7, del mismo modo que aparecen valores cercanos a 9 en los puntos más alejados del lago y durante los meses de otoño e invierno. No obstante el rango 7,5-8,5 es el que predomina de forma general en el Parque (figuras 126, 127 y 128).



Figura 126: Variación espacio-temporal del pH en los meses de junio a) 2010, b) 2011, c) 2012.

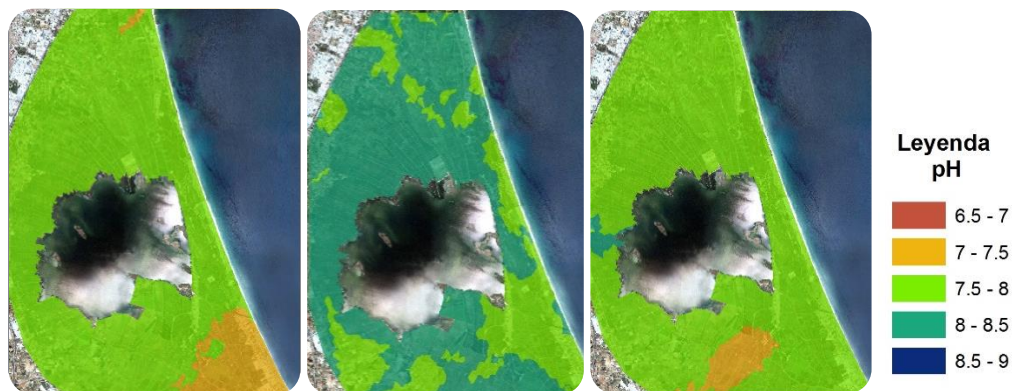


Figura 127: Variación espacio-temporal del pH en los meses de julio a) 2010, b) 2011, c) 2012.

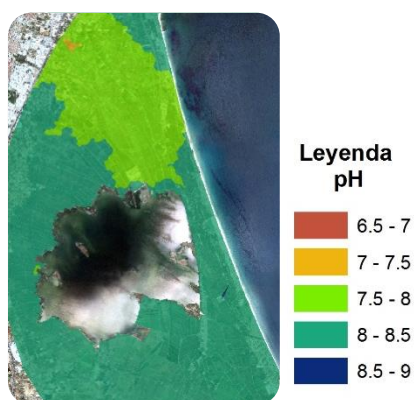


Figura 128: Variación espacial del pH en el periodo de inundación: Otoño 2011.

4.2.3.2.- Cationes y aniones principales

Los estadísticos de los cationes y aniones principales nos reflejan la heterogeneidad de valores en relación a la carga iónica de cada muestra de agua (tabla 67). Íntimamente ligados a las facies del agua podemos observar como los iones sodio y cloruro, seguidos de magnesio, sulfato, calcio y bicarbonato definirán las características de éstas que se pueden encuadrar en los últimos estados de la secuencia de Chebotarev. La gran variabilidad en cada parámetro se refleja en elevados coeficientes de variación.

Tabla 67: Estadísticos de cationes y aniones principales en aguas freáticas (meq/l).

	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Cloruro	Sulfato	Bicarbonato
Media	13	14,6	56,2	1,1	64,9	10,9	9,1
Desviación Estándar	12,7	19,7	67,1	1,2	77,8	12,9	9,7
Mediana	8,4	7,4	23,2	0,7	26,6	6,4	6,3
Coefficiente de Variación (%)	97,7	134,9	119,4	109	119,8	118,3	105,7
Mínimo	0,4	0,2	1,2	0,02	2,2	0,02	0,05
Máximo	88	145,4	377,1	11,2	413,2	125,7	94,1
Coefficiente de asimetría	20,1	27,2	15,9	27	15,6	29,4	26,6
Curtosis Estandarizada	24,7	49,5	11,3	62,2	10,3	73,5	66,8

Los histogramas de todos los cationes y aniones principales muestran la misma tendencia (figura 129) con valores de Curtosis elevados que reflejan su no normalidad y coeficientes de asimetría positivos y elevados que reflejan una distribución en la que los valores medios son mayores a los de la mediana para cada variable.

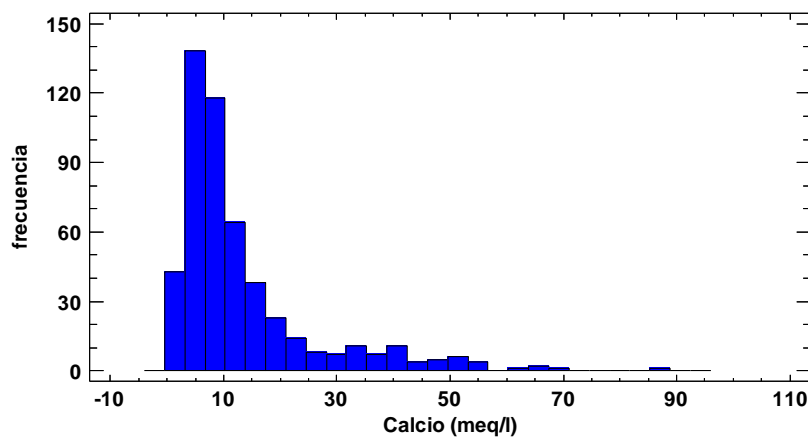


Figura 129: a) Histograma del catión calcio.

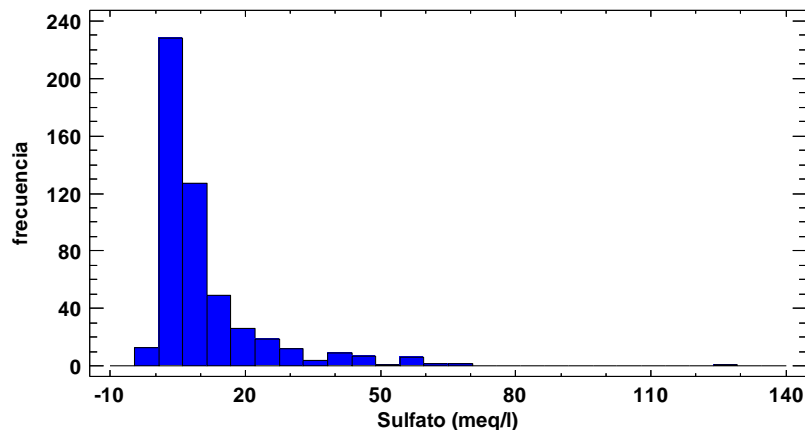


Figura 129: b) Histograma del anión sulfato.

Los máximos valores en cuanto a concentración de cationes se dan en el sodio (377 meq/l, equivalentes a 8.671 mg/l) mientras que en los cloruros se da el máximo valor de todos los aniones (14.668,6 mg/l). Por el contrario los valores mínimos de cationes y aniones son el potasio y el sulfato con 0,02 meq/l (0,78 mg/l y 0,96 mg/l respectivamente).

En este sentido si comparamos el valor medio de cloruro obtenido (2.303,95 mg/l) frente a los ofrecidos por los informes de la confederación Hidrográfica del Júcar se observa un desajuste bastante importante, ya que en 2010 en la masa de aguas subterránea (MAS) Plana de Valencia Norte (sector Albufera Norte – Alcacer) se registró un valor de 138 mg/l, mientras que en la MAS Plana de Valencia Sur (sector Albufera Sur) el valor fue de 105 mg/l (IGME, 2010). En este mismo sentido en el año 2011 la tendencia fue parecida con valores de 149 mg/l en el sector Albufera Norte – Alcacer y de 113 mg/l en el sector Albufera Sur (IGME, 2011). Estos datos junto con los reflejados en el informe sobre la sequía de 2007 (IGME, 2007) donde se señalan valores máximos de 552 mg/l en junio de 2006, manifiestan que la red de piezómetros oficial no abarca la representatividad real del comportamiento de dicho acuífero. Lo mismo ocurre con los valores ofrecidos en los informes sobre el sulfato (400-500 mg/l) y magnesio (40-50 mg/l) siendo en ambos casos el valor medio obtenido en nuestra experiencia superior al encontrado en la bibliografía.

Si comparamos los valores máximos obtenidos con los valores medios del agua del mar Mediterráneo muestreada durante la experiencia (tabla 68), podemos observar que en ciertos instantes los valores de cloruro y sodio se aproximan a éstos indicándonos la existencia de una interfase salada/dulce producida por la cercanía del mar.

Tabla 68: Valores de concentración promedios del agua del mar Mediterráneo.

Catión	Concentración (mg/l)	Anión	Concentración (mg/l)
Calcio	579,6	Bicarbonato	57,4
Magnesio	237,9	Sulfato	1.313,8
Sodio	11.756,5	Cloruro	19.047
Potasio	488,1		

Los gráficos de Box and Whisker (figura 130) presentan a continuación valores atípicos de todo el conjunto de muestras en referencia al sodio y a los cloruros. Dichos valores se corresponden principalmente con los sondeos más cercanos al lago y se centran principalmente durante el ciclo del arroz.

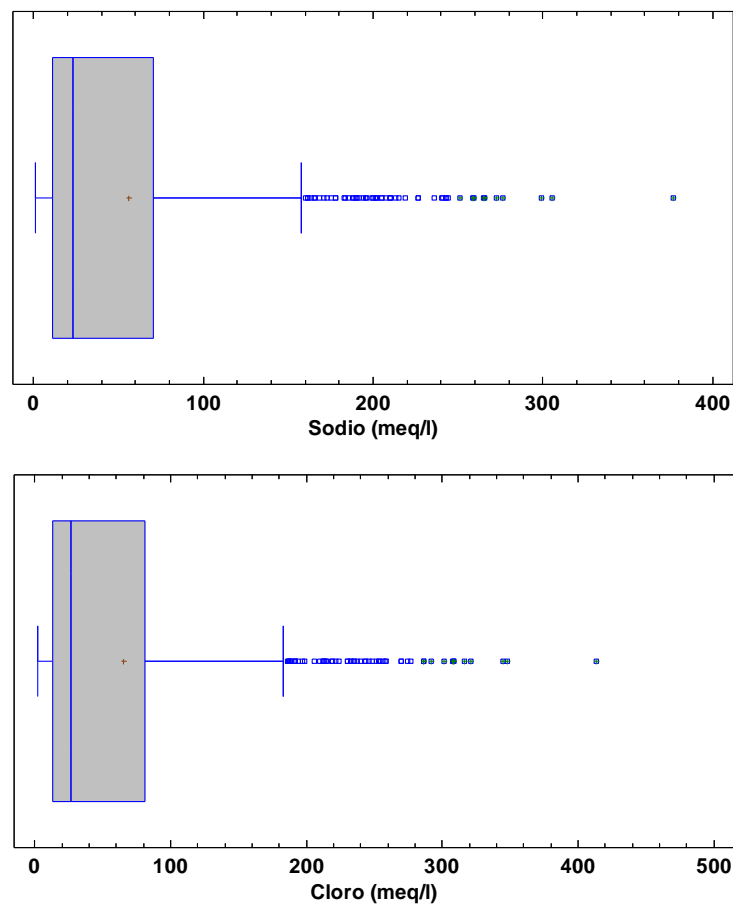


Figura 130: Gráficos Box and Whisker del catión sodio y del anión cloruro.

Es una realidad que en las zonas costeras con una elevada demanda de agua subterránea para el abastecimiento humano o para el riego de cultivos pueden producirse problemas de salinización del acuífero costero por intrusión marina. El mal uso de dicho recurso acrecentado por un clima árido o semiárido da lugar a un avance de la cuña salina sobre el agua dulce en el acuífero que puede llegar a producir desajustes medioambientales. Los humedales costeros como es el caso de la Albufera de Valencia son zonas con un alto riesgo debido a la interacción de aguas

subterráneas y superficiales. De este modo y aunque la conductividad eléctrica del agua sea el principal parámetro que puede definirnos directamente si se produce intrusión marina, la combinación del conjunto de cationes y aniones en forma de ratios salinos ofrece criterios fiables para su detección y de este modo explicar la salinidad de las muestras de agua.

Sabemos que el agua de mar tiene una composición química definida y uniforme debido al gran tiempo de residencia de los constituyentes prioritarios. La predominancia de cloruro y sodio cuyo ratio (rCl^-/Na^+) es mayor de 0,86 (El Moujabber *et al.*, 2006), así como que el ratio magnesio/calcio (rMg^{+2}/Ca^{+2}) que tiende a 5 (entre 4,5 y 5,2) debido al exceso de magnesio sobre calcio en el agua de mar o de un valor mayor a 20 entre cloruro y bicarbonato (rCl^-/HCO_3^-) pueden ayudar a establecer el origen de la salinidad. Ghabayen *et al.* (2006) reflejan una probabilidad del 50 al 80% de que la causa de salinización sea la intrusión marina cuando el rMg^{+2}/Ca^{+2} supera el valor de 4,5.

De este modo los resultados mostrados tras el cálculo de los diferentes ratios son bastante diversos (figura 131). Si nos atenemos a que las muestras analizadas han de cumplir todos los requisitos para cada ratio, únicamente podemos decir que el 21% de las muestras cumplen con las características de intrusión marina. No obstante si nos basamos en el rCl^-/Na^+ podemos afirmar que el 90% de las muestras sufren procesos de intrusión marina, es decir que las muestras de capa freática están en mayor o menor medida afectadas por dichos fenómenos.

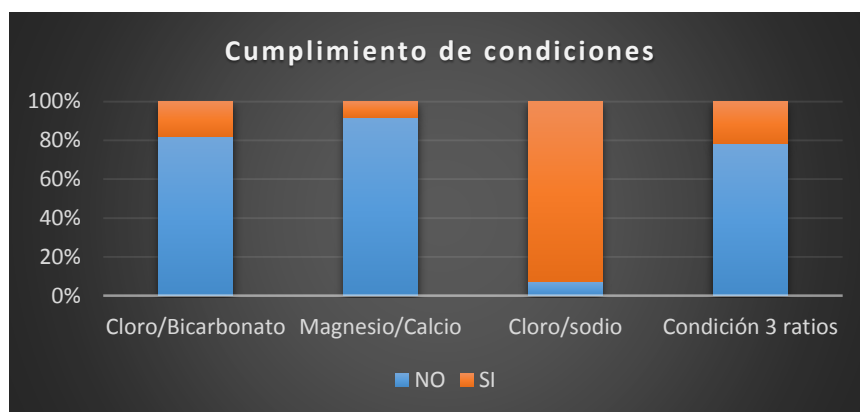


Figura 131: Porcentaje de muestras de capa freática que cumplen con los valores límite de ratios.

La dispersión que se muestra en el gráfico del rCl^-/Na^+ es bastante representativa de las características de las aguas freáticas del Parque Natural sin tener en cuenta el período ni la zona de toma de muestras (figura 132). La mezcla de aguas salinas y dulces y el elevado peso de los iones cloruro y sodio son la explicación real de porque los ratios rCl^-/HCO_3^- y rMg^{+2}/Ca^{+2} reflejan la variabilidad de los datos.

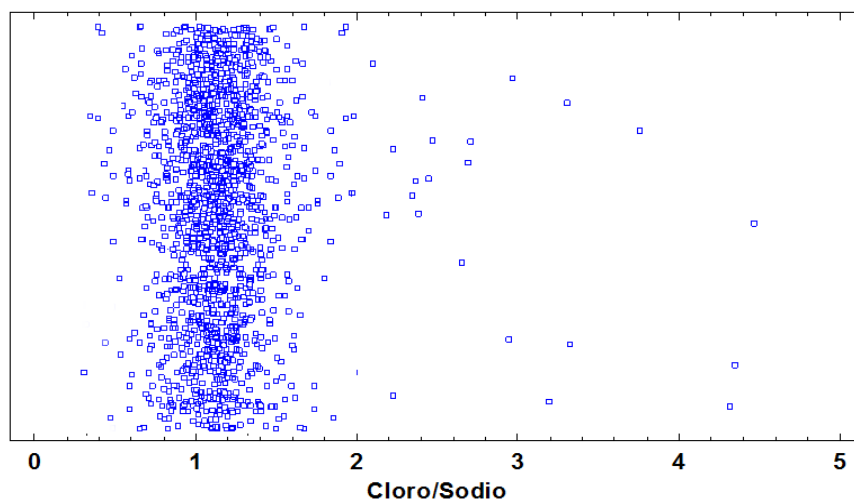


Figura 132: Gráfico de dispersión de la relación iónica Cl^-/Na^+ para aguas freáticas.

Por lo que respecta a la evolución temporal y espacial de los iones en el Parque Natural (anejo VII) se puede decir que los mayores valores registrados se sitúan en los tancats circundantes al lago en la zona noroeste. El cloruro y el sodio presentan patrones de comportamiento similar mientras que el resto de variables no presentan ningún comportamiento homogéneo y varían en función del mes. Sí que es de destacar que la zona norte del lago presenta mayores concentraciones de cationes y aniones en general debidos principalmente a que la tasa de renovación del agua freática en la zona sur es mucho mayor que en la zona norte, donde se produce una acumulación de sales. Respecto a la evolución temporal de las aguas, estas no presentan un patrón característico destacado, manteniéndose siempre los mayores valores de cationes y aniones en la zona norte, aunque también y de manera puntual encontramos aumentos de sales en la zona sur del lago.

4.2.3.3.- Relación de Adsorción de Sodio

La relación de adsorción de sodio (RAS) nos informa del peligro de sodificación del suelo, que puede dar lugar a una pérdida de la calidad de este al deteriorarse su estructura y disminuir la permeabilidad. Generalmente este parámetro se aplica a las aguas de riego superficiales por la implicación en la pérdida de calidad del suelo, pero en el caso de un humedal donde la capa freática está en íntimo contacto con la lámina de agua y con la superficie del suelo, elevados valores de RAS pueden producir el deterioro de este recurso. Honey (1982) estableció que aquellas aguas con un RAS inferior a 10 presentaban una buena calidad para el cultivo del arroz, siendo dicho valor el utilizado por Currie *et al.* (2001) en campos de arroz de Corrientes (Argentina).

El RAS presenta los siguientes valores estadísticos (tabla 69), donde se observa un coeficiente de variación bastante alto. La media de valores es de 13,69 con una desviación estándar de 12,16 unidades, por lo que se presenta riesgo de sodificación. Como el valor promedio es mayor que la mediana el histograma (figura 133) y el coeficiente de asimetría es positivo se ha de destacar que el histograma sufre un desplazamiento hacia la derecha debido a los valores atípicos registrados.

Tabla 69: Estadísticos descriptivos de la variable RAS en aguas freáticas.

Estadísticos	Valor
Media	13,69
Desviación Estándar	12,16
Mediana	8,8
Coeficiente de Variación (%)	88,8
Mínimo	0,48
Máximo	64,5
Coeficiente de asimetría	12,3
Curtosis Estandarizada	6,4

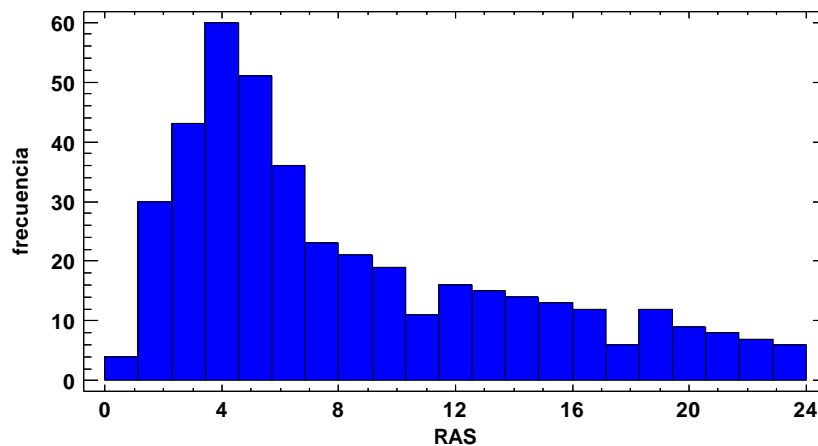


Figura 133: Histograma de la variable RAS en las aguas subterráneas

Los valores extremos que se muestran en la figura 134, se localizan en el tancat de Milia S.67, S.69, S.132 Y S.134, en el transecto 2 con los S.14 y S.15 y el transecto 5 con el S.32. Las muestras del tancat de Pipa también presentan valores elevados de RAS.

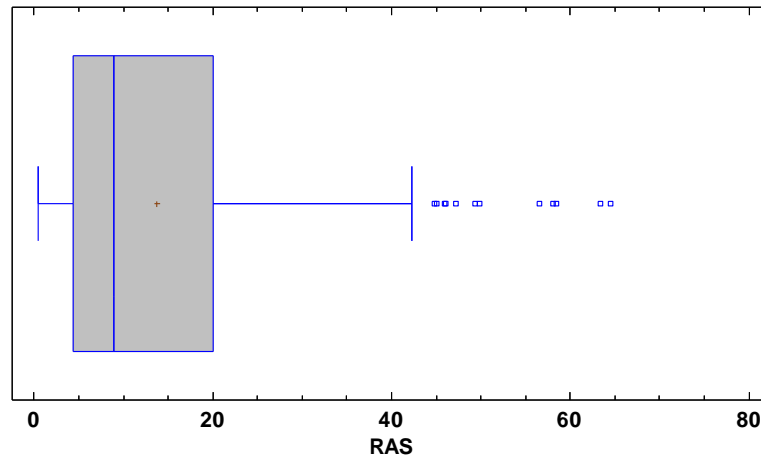


Figura 134: Diagrama Box and Whisker del RAS en aguas freáticas.

Del total de muestras analizadas el 46% presenta valores mayores de RAS por encima del valor umbral propuesto por Honey (1982) y por lo tanto su uso como aguas de buena calidad se vería restringido por el riesgo potencial de sodificación. La clasificación RIVERSIDE utiliza el RAS y la CE del agua para establecer las clases de riego aptas y no aptas. De este modo con la combinación de ambos parámetros podremos clasificar la calidad de las aguas freáticas no en el sentido estricto de agua de riego pues no es utilizada para tal en el humedal, pero si como agua altamente cargada de sales que en la interfase con el agua dulce puede dar lugar a un aumento de la salinidad en el agua superficial ya bien por filtraciones o simplemente por mezcla de constituyentes.

4.2.3.4.- Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica es el principal parámetro junto con la concentración de cloruros que indica procesos de salinización de las aguas. El valor medio del conjunto de datos analizados es de 7,25 dS/m y varía mucho del valor medio registrado por el IGME respecto a la CE del acuífero Plana de Valencia (1,4-2 dS/m) (IGME, 2007; 2008; 2010; 2011: 2013b). La razón de esta diferencia significativa es la posición de los sondeos de toma de muestra, muy alejados del parque y que se mostraron en el capítulo 1. Presenta un valor mínimo en el S.75 de 0,29 dS/m en el mes de enero de 2012, así como un máximo de 46,21 dS/m en junio de 2011 en el S.85.

Tabla 70: Estadísticos descriptivos de la CE en aguas freáticas.

Estadísticos	Valor	Estadísticos	Valor
Media	7,25	Mínimo	0,29
Desviación Estándar	7,98	Máximo	46,21
Mediana	3,61	Coefficiente de asimetría	40,38
Coefficiente de Variación (%)	110,07	Curtosis Estandarizada	34,10

Si analizamos el valor promedio en cada mes para todo el conjunto de sondeos (figura 135) observaremos como hay una disminución de la CE de las aguas durante los meses de marzo y abril donde se registran los mayores valores de precipitación en el equinoccio de primavera y en noviembre tras las lluvias abundantes de finales de septiembre y octubre. Los valores promedio de CE en la capa freática son mayores en los períodos de ciclo del arroz 8,86 dS/m frente a los 7,25 dS/m de los meses de inundación.

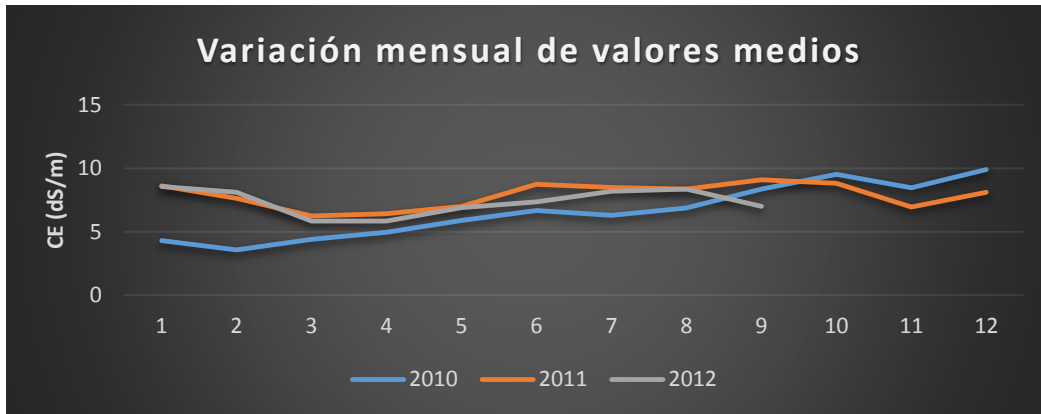


Figura 135: Variación mensual de la CE (dS/m) en el conjunto de sondeos.

El histograma (figura 136) refleja junto con los valores de Curtosis la no normalidad de la CE, además de presentar un coeficiente de asimetría positivo y elevado que representa una distribución en la que el valor medio es mayor a la de la mediana y por eso exhibe una asimetría desplazada hacia la derecha por la existencia de valores extremos de CE.

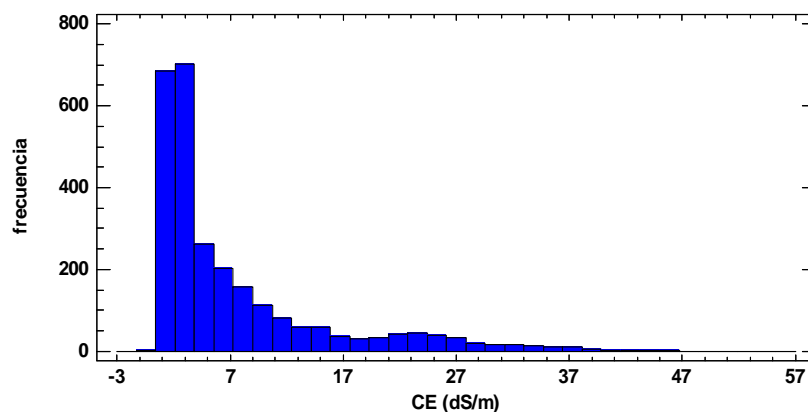


Figura 136: Histograma de la CE de la capa freática.

Los valores más altos de CE representados son principalmente de los sondeos situados en la zona norte del parque (tancats colindantes al lago) siendo el tancat de Pipa la zona con mayor salinidad (sondeos: 84, 85, 122, 123, 124, 125, 126 Y 127) junto a los sondeos 14 y 15 del transecto 2 y sondeos 28, 30 y 31 del transecto 4 (tabla 71). En la zona sur, el tancat de Milia con los sondeos 67, 111 y 134, completan la lista de los 16 sondeos con mayor salinidad media.

La característica que el tancat de Milia y el tancat de Pipa son zonas reconvertidas en filtros verdes para la depuración por lagunaje de aguas y que su manejo sea diferente al resto del arrozal puede influir en dichos valores de CE, además de que en su obra de ejecución se ha modificado la cota natural para permitir el flujo de aguas. El máximo valor promedio se localiza en el tancat de Milia (S.85) con un valor de 33,60 dS/m seguido del S.14 con una CE de 31,83 dS/m. Por el contrario los sondeos con menor CE promedio son los que se encuentran en la zona oeste del parque. Más concretamente son los sondeos más alejados del lago en dicha zona (S. 75, 91, 97, 106, 72, 107, 10, 92, 96 y 95). El mínimo valor promedio es de 1,35 dS/m en el S.91.

Tabla 71: Valores medios máximos de CE (dS/m) del conjunto de sondeos.

Orden	Sondeo	Valor medio (dS/m)	Orden	Sondeo	Valor medio (dS/m)
1	S.85	33,60	9	S.125	21,24
2	S.14	31,83	10	S.123	20,33
3	S.31	25,78	11	S.126	19,93
4	S.30	24,07	12	S.28	19,11
5	S.84	23,33	13	S.67	18,87
6	S.134	22,94	14	S.15	18,53
7	S.111	22,01	15	S.127	17,85
8	S.122	21,51	16	S.124	17,30

La CE de la capa freática es un parámetro variable en función de la cantidad de sales presentes en cada muestra. Desde el punto de vista espacial las mayores conductividades a lo largo del periodo de estudio se localizan en la zona norte, siendo el tancat de Pipa la zona con mayores valores como se ha señalado anteriormente. Los tancats situados a menor cota en la zona sur también presentan valores de CE comprendidos entre 4 y 10 dS/m, siendo el tancat de Milia, cuando comienza a funcionar (tras las obras de ejecución en 2010-2011) cuando aparece como zona de mayor salinidad de la capa freática en el sur. En este sentido la zona del Palmar y el Racó de l'Olla presentan valores de salinidad moderados. Por el contrario la zona Oeste (Sollana) exhibe siempre los valores más bajos de CE. Desde el punto de vista temporal se observa un aumento de la salinidad con el comienzo del ciclo del arroz, mientras que durante los meses de inundación la CE presenta un comportamiento menos variable. Los picos de menor CE en el año se localizan principalmente en abril (mientras se prepara el terreno) y en algunos casos en los meses de inundación (octubre-febrero). En este sentido las precipitaciones locales y la evapotranspiración influyen claramente sobre el valor de la CE en cada instante. Los meses de abril y octubre-noviembre son los que mayores precipitaciones registran en las estaciones climáticas estudiadas y aunque no hay una significancia clara en el estudio estadístico de ambas variables con la CE de la capa freática se puede señalar que junto a la gran variedad de factores (manejo, calidad de aporte, extracción de agua en pozos de zonas de cultivo, etc) favorecen el aumento o disminución de la CE de la capa freática. De este modo y como ejemplo se disponen tres gráficos representativos de los sondeos S.123, S.96 y S.14 donde se observa un comportamiento de la CE

heterogéneo (figura 137). La cota del terreno, la distancia al lago, la distancia a la costa, el nivel de la capa freática o los posibles momentos de *eixugons* son los causantes principales de dicha heterogeneidad, así como el momento de muestreo puesto que aun intentado coincidir en las mismas fechas de un año a otro el manejo muchas veces era completamente distinto. Aunque a lo largo de todo el Parque las labores del ciclo del cultivo del arroz son las mismas, la diferencia en el momento de aplicación puede ser incluso de 10 días entre unas zonas y otras, así como entre un año y otro. Es por ello que a la heterogeneidad propia del entorno en base a la variable estudiada, le hemos de añadir la ejercida por el hombre, pues el manejo de cada unidad hidrológica cerrada (*tancat*) es completamente ajena a los *tancats* colindantes.

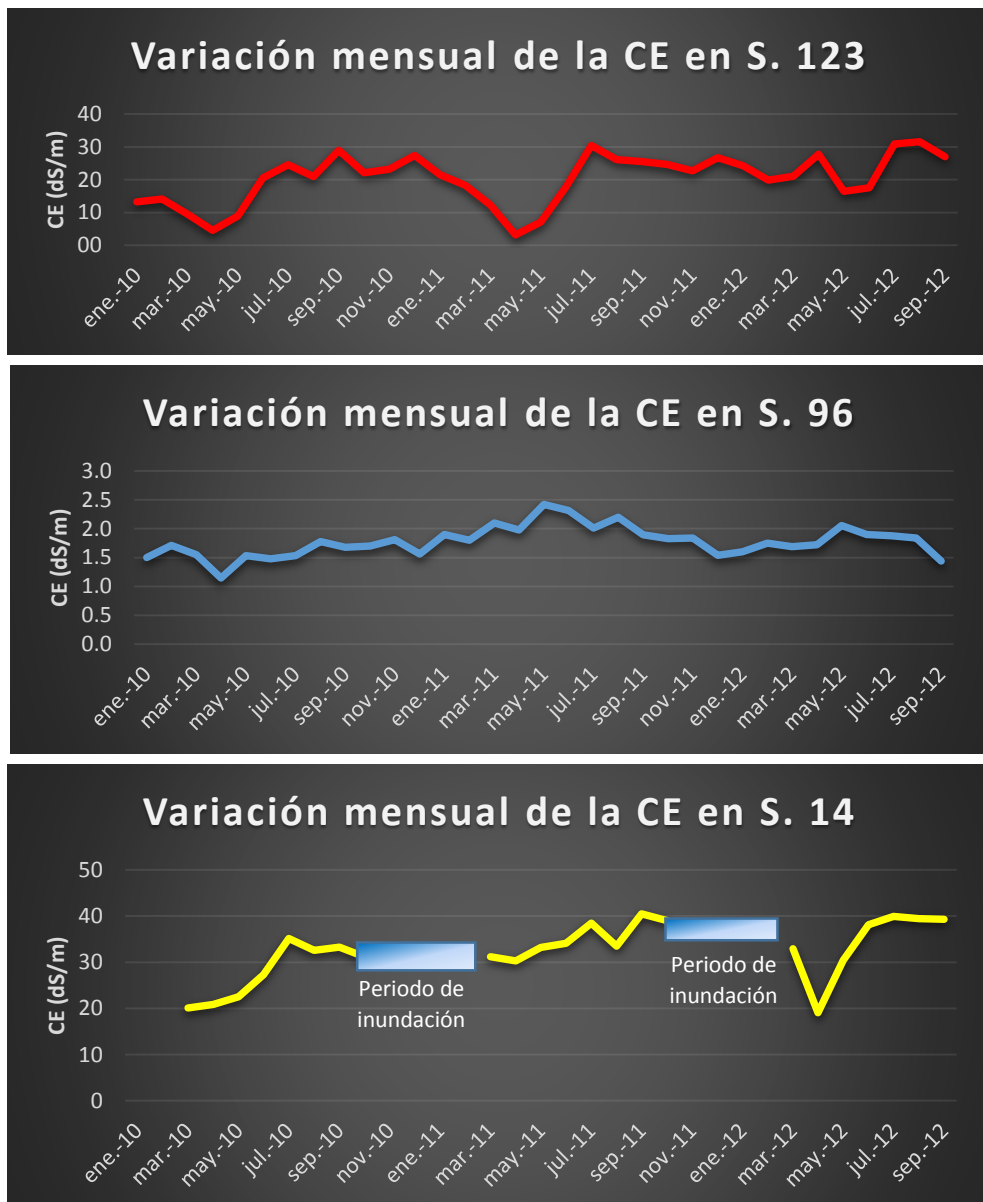


Figura 137: Evolución anual de la CE de los sondeos a) S.123, b) S.96 y c) S.14.

Los tres años estudiados presentan aproximadamente los mismos patrones de comportamiento excepto 2012 en el que comienza a destacar un aumento de la salinidad en la zona sur influenciado por el tancat de Milia que comienza a funcionar en septiembre de 2011. La zona norte y sur presentan un comportamiento totalmente distinto temporalmente pues se observa como los aportes al acuífero de la zona sur por parte del río Júcar favorecen la dilución de sales y por consiguiente unos valores de CE mucho más pequeños. Por el contrario en la zona norte la tasa de renovación del agua subterránea es inferior debido al menor aporte de aguas al acuífero por parte del río Turia ofreciendo valores de CE más elevados. En este sentido es destacable como en los meses de noviembre y diciembre de ambos años se produce un retroceso del frente de salinidad en la zona norte si lo comparamos con los meses del ciclo del arroz donde hay un aumento de la salinidad en cotas superiores. Este efecto de dilución se debe a la entrada de agua subterránea de mayor calidad por recarga del acuífero en dicha zona que dura hasta el mes de marzo con el secado y preparación de los terrenos. El efecto de la CE en el tancat de Pipa y en el transecto 2 con los S.13, S.14 y S.15 es claro puesto que en los meses de inundación presentan los valores más elevados de CE, siendo esta zona de la Albufera de Valencia la que mayor riesgo de salinización presenta por la capa freática fluctuante.

4.2.3.5.- Tipos de agua y correlación entre variables.

Las aguas freáticas estudiadas en el presente trabajo tienen como principales iones el cloruro y el sodio como hemos visto en apartados anteriores, en este sentido la clasificación de aguas por facies muestra claramente de nuevo este dato, puesto que el 72,64% de las muestras son cloruro sódicas (figura 138), seguidas de un 10% de muestras cloruro cálcicas y un 7,9% de muestras cloruro magnésicas. En este sentido y según la secuencia de Chebotarev se cumple que toda agua subterránea continental sufre una evolución hacia la composición del agua del mar. El resultado es bastante diferente a la clasificación de las aguas del IGME, pues éste organismo clasifica las aguas del acuífero Plana de Valencia como sulfatadas cálcicas, bicarbonatadas magnésicas y bicarbonatas cálcico-magnésicas. Sí que es cierto que en los respectivos informes establece que hay puntos de aguas cloruro sódicas, siendo en nuestro caso el grupo más abundante.

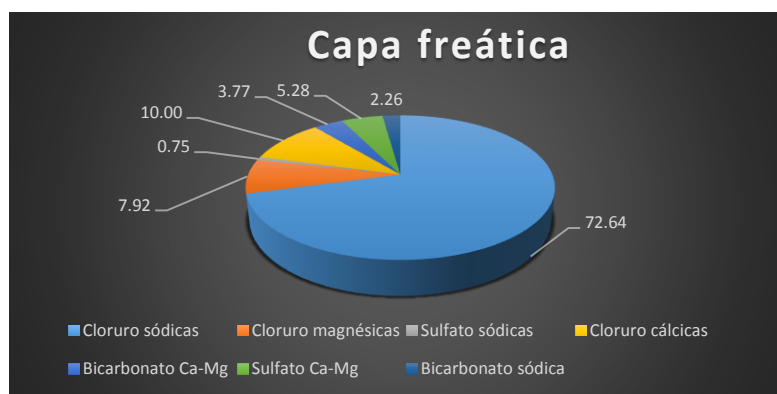


Figura 138: Porcentajes de cada una de las facies encontradas.

Si sumamos todas las aguas cloruradas podemos decir que el 90,5 % de las aguas del Parque Natural están en contacto con el agua de mar en mayor o menor grado, puesto que en las zonas litorales con acuíferos detríticos carbonatados se producen mezclas entre las aguas continentales y el agua de mar.

Esta relación está también claramente reflejada en los diagramas radiales donde se puede observar una tendencia extrema hacia los ejes en los que se encuentran los iones sodio y cloruro (figura 139) que aumenta en cada transecto con los sondeos más cercanos al lago (sobre todo en la zona norte). Este es el caso del S.14 y del S.23 que presentan un mismo comportamiento a lo largo de todo el período de estudio. Por el contrario el S.74, situado en la zona oeste no presenta dicha tendencia extrema en las aguas subterráneas y posee una alta carga iónica de bicarbonatos.

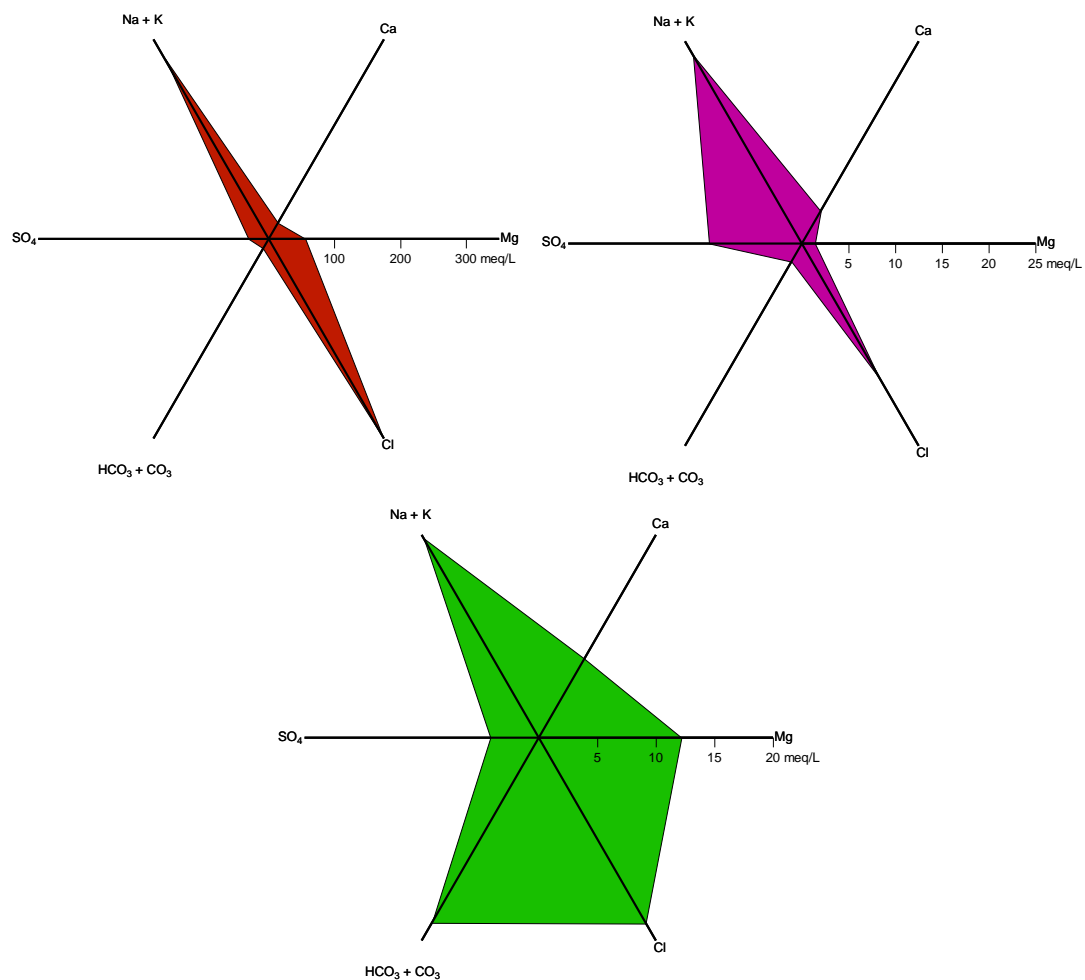


Figura 139: Diagramas radiales en a) S.14, b) S.23 y c) S.74.

La tendencia también puede verse con los diagramas de Stiff (Stiff, 1951) en los que los sondeos con menor cota presentan altos contenido en ClNa (figura 140). El sondeo 19 se encuentra a 0,43 metros sobre el nivel del mar y presenta valores elevados de ClNa, pero con unas concentraciones intermedias de bicarbonato y calcio frente a sulfatos y magnesio. Por el contrario los sondeos 31 y 101 situados respectivamente a -1,09 y -1,27 m de profundidad presentan un marcado carácter cloruro sódico.

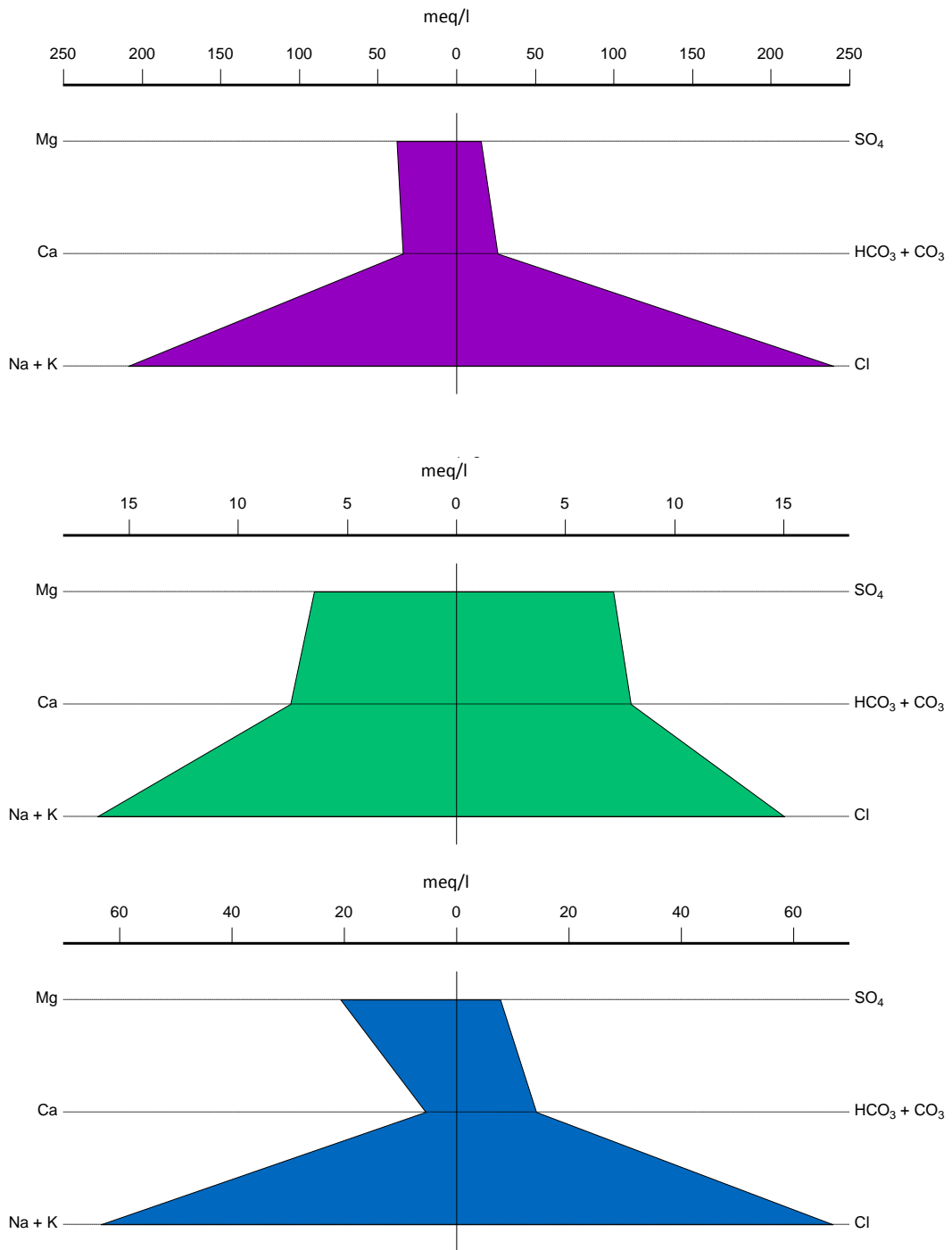


Figura 140: Diagramas de Stiff en a) S.19, b) S.31 y c) S.101.

Por último destacar que en base a la clasificación de aguas de Riverside la mayoría de las aguas se clasifican como aguas con una salinidad alta o muy alta (76,5%) que no es apropiada para el riego en condiciones normales (C4-S4) (figura 141). En el caso de la Albufera de Valencia las aguas utilizadas para riego provienen del Júcar, del Turia, de depuradoras y de retornos del lago con una calidad según Riverside de (C3-S1). La cercanía de la capa freática y el aporte de sales en la zona de interfase salina-dulce dan lugar a variaciones en la calidad superficial de las aguas. Un agua freática muy salina facilitará por tanto la salinización y producirá un deterioro de la calidad del suelo y una reducción del rendimiento del cultivo si no se controla y maneja adecuadamente el recurso. El arroz es una planta moderadamente tolerante a la salinidad, además de que el cultivo presenta siempre, exceptuando *los eixugons* (períodos de elevado riesgo), una lámina de agua que impide el ascenso de la capa freática hasta su nivel de equilibrio. Por otro lado el contenido en sodio medido por el RAS es bastante alto y puede dar lugar a procesos de intercambio catiónico de este elemento con calcio y magnesio, dando lugar a una pérdida de la estructura del suelo. Los elevados contenidos en materia orgánica presentes en los suelos hidromorfos contrarrestan en cierta medida la desestructuración e impermeabilización del suelo por efecto del catión sodio, puesto que con el aporte de dicha materia y su tasa de descomposición lenta por las condiciones reductoras, se produce una mejora y mantenimiento de la estructura del suelo.

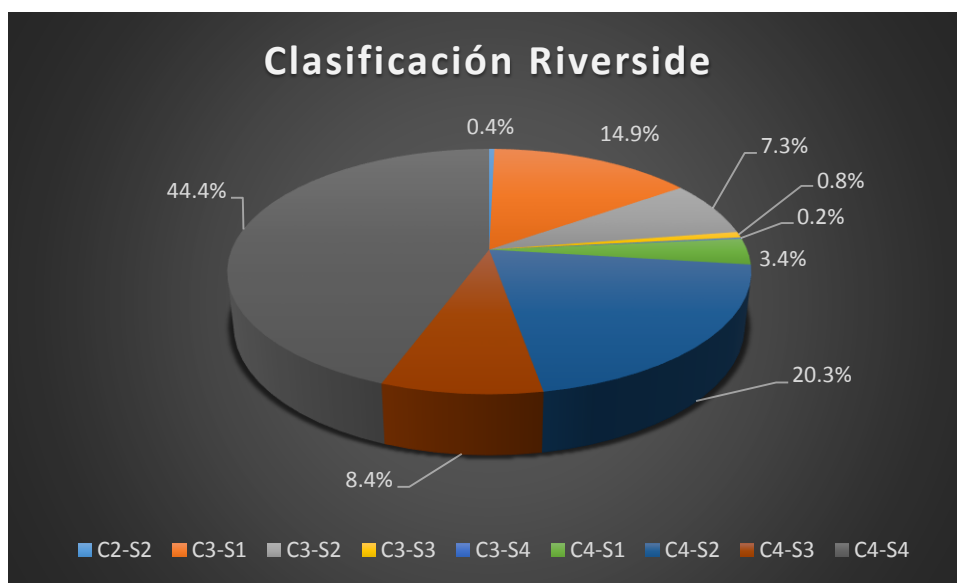


Figura 141: Clasificación de las aguas freáticas según Riverside.

Conocedores de la importancia del RAS y la CE del agua freática en el proceso de salinización en el entorno del Parque Natural de la Albufera de Valencia, se procedió tras la descripción de las variables a comprobar el nivel de correlación existente entre ellas. Para ello se realizó un estudio de correlaciones bivariadas para determinar el grado de dependencia de éstas escenificado por los coeficientes Rho de Spearman (tabla 72) debido al carácter no paramétrico de las muestras.

Tabla 72: Correlaciones bivariadas del agua freática.

		Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Bicarbonato	Sulfato	Cloruro	pH	CE
Calcio	ρ	1	0,01	0,51	0,37	0,41	0,35	0,53	-0,09	0,53
	Sig		0,87	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	<0,01
Magnesio	ρ		1	0,50	0,36	-0,03	0,43	0,56	-0,03	0,59
	Sig			<0,01	<0,01	0,45	<0,01	<0,01	0,43	<0,01
Sodio	ρ			1	0,61	0,31	0,45	0,98	0,07	0,96
	Sig				<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,11	<0,01
Potasio	ρ				1	0,14	0,43	0,64	0,10	0,66
	Sig					<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
Bicarbonato	ρ					1	-0,25	0,25	0,10	0,26
	Sig						<0,01	<0,01	0,03	<0,01
Sulfato	ρ						1	0,46	-0,08	0,50
	Sig							<0,01	0,05	<0,01
Cloruro	ρ							1	0,05	0,97
	Sig								0,23	<0,01
pH	ρ								1	0,04
	Sig									0,38
CE	ρ									1
	Sig									

Valores en negrita= estadísticamente significativos al 95 y 99%; y ρ = coeficiente de Spearman

De esta tabla resumen la CE es significativamente estadística con todos los parámetros analizados excepto el pH. Es un resultado obvio si tenemos presente que la CE es una expresión de la salinidad total de las muestras. En este sentido la relación entre la CE y el sodio y el cloruro presenta una correlación fuerte de modo que cuando aumenta la CE, ambos parámetros se incrementan. Para poder valorar dichos parámetros hemos realizado una regresión lineal entre ellos. La regresión lineal entre la CE y el sodio para muestras de capa freática presenta la siguiente ecuación:

$$CE(dS/m) = 1,42958 + 0,118916 \times Na(meq/l)$$

El valor de significancia calculado es menor de 0,01, y es por ello que existe una relación estadísticamente significativa entre CE (dS/m) y sodio (meq/l) con un nivel de confianza del 99%. El coeficiente de correlación es de 0,96 además de presentar un R² de 90,9 %.

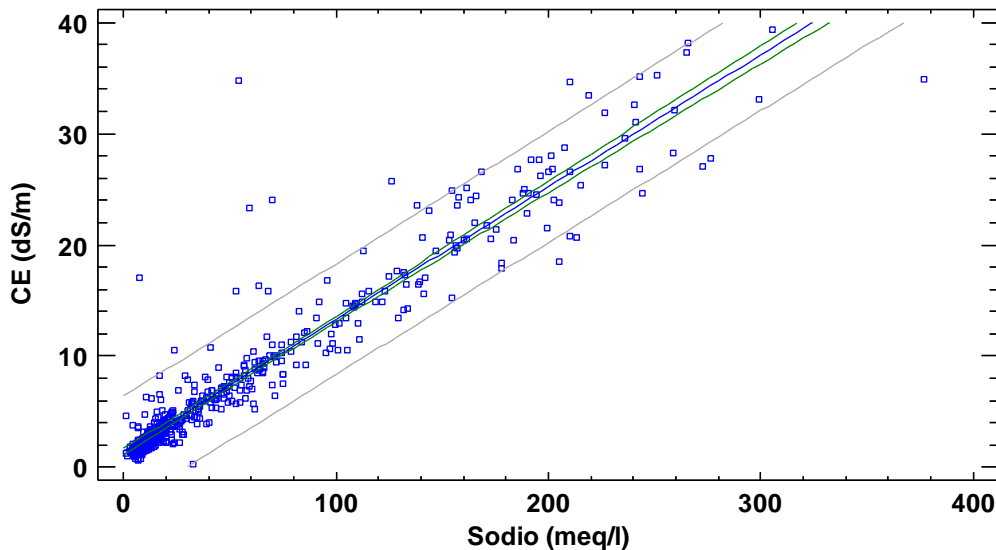


Figura 142: Gráfica de regresión lineal entre CE y el sodio.

En referencia al cloruro la recta de ajuste de regresión presenta un coeficiente de correlación del 0,97 bastante cercano al 1 por lo que el ajuste es casi perfecto. Su valor positivo indica un aumento de la conductividad con el aumento de la cloruro, siendo el coeficiente de determinación del 94%, mucho mejor que el del sodio.

$$CE(dS/m) = 1,32091 + 0,104549 \times Cl(meq/l)$$

Puesto que el valor de significancia es menor de 0,01 existe una relación estadísticamente significativa entre CE (dS/m) y cloruro (meq/l) con un nivel de confianza mayor al 99%, reflejándose en el ajuste del modelo (figura 143). Schot y Pieber (2012) encontraron en el humedal Narrdermeer de los Países Bajos con un estudio de dos años coeficientes de correlación fuertes entre la CE y el sodio y el cloruro (mayores a 0,6), mientras que para el resto de variables como el calcio y el magnesio encontraron una correlación moderada (entre 0,4 y 0,6) y por último correlaciones mucho menos intensas (menores de 0,4) para otros cationes y aniones, como el potasio, bicarbonato, sulfato, hierro, manganeso, nitratos, fosfatos, amonio y sílice. La conclusión a la que llegaron es que la variación de la calidad en las aguas subterráneas tanto espacial como temporalmente se da principalmente para nutrientes (nitratos, fosfatos, amonio y potasio), así como para los pares redox (hierro y manganeso) pero no para los cationes y aniones principales cuya variación es intermedia o baja. En este sentido, que en la Albufera de Valencia se hayan obtenido correlaciones moderadas a fuertes presenta una relación directa con lo justificado por Schot y Pieber, pero señalando que en este caso las aguas freáticas han llegado a un estado resiliente parecido al agua de mar por la característica intrínseca de ser un humedal costero.

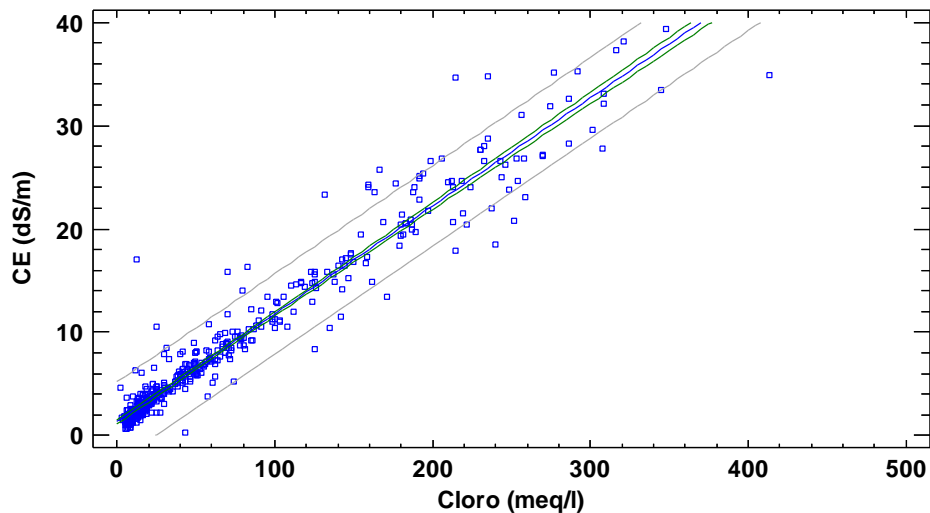


Figura 143: Gráfico de regresión lineal entre CE y cloruro.

La similitud entre los coeficientes de correlación obtenidos en el estudio en calcio y magnesio 0,53 y 0,59 con los obtenidos por Schot y Pieber (2012) de 0,57 y 0,58 nos indica un comportamiento similar de los parámetros. En este sentido la diferencia en cuanto a potasio, bicarbonato y sulfato en el que nuestros coeficientes son 0,66; 0,50 y 0,26 frente a los valores obtenidos por ellos 0,08; 0,07; y 0,37 corroboran el efecto de las disoluciones e interacciones iónicas en aguas de zonas continentales frente a las aguas de zonas costeras.

El RAS presenta las mismas correlaciones que la CE, mientras que el pH solamente tiene significancia estadística con potasio, bicarbonato, sulfato y calcio a un nivel del 95%. Sus coeficientes de correlación son muy bajos (cerca de 0) lo que indica una no dependencia lineal de las variables.

4.2.3.6.- Influencia sobre la CE de las variables físicas, climáticas y de manejo

El Parque Natural de la Albufera de Valencia por su idiosincrasia en el proceso de transformación del lago en campos de cultivo ha dado lugar a una topografía antropogénica generada a lo largo de los últimos siglos en función del beneficio humano. En opinión de los agricultores de la zona, si se continúa esta situación en unos 30 años no se podría ni plantar arroz por el salitre del agua. Posiblemente sus conocimientos basados en la propia experiencia anual del cultivo y sin datos estadísticos que lo corroboren, hayan promovido a los agricultores consultados a lanzar dicha hipótesis a corto plazo sobre un horizonte muy negativo para el cultivo y para el Parque Natural debido a la salinización. No obstante tras representar espacialmente los datos analíticos de la CE en aguas freáticas se planteó el intentar esclarecer cuáles eran los principales factores determinantes de dicho proceso. Para ello y tras comprobar que el planteamiento de la experiencia y del muestreo, realizado al azar, no se podían ajustar a un modelo ortogonal de estudio, se planteó un estudio estadístico sobre las variables físicas del

parque (cota, distancia al lago y distancia a la costa) para corroborar mediante el estudio de pruebas no paramétricas de comparación de medianas la posible influencia de estas variables y consecuentemente la incidencia de los *tancats* sobre el proceso de salinización.

Así pues se establecieron los grupos anteriormente comentados en el principio del capítulo y se procedió a realizar las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y de Mann-Whitney para corroborar la significancia estadística sobre la CE.

No obstante y previo a este paso se realizó un estudio de correlación bivariada entre las variables físicas y la CE (tabla 73). La distancia al lago y la cota (relacionadas debido al proceso de aterramiento) fueron estadísticamente significativas con un nivel de confianza superior al 99%. Sus coeficientes según Spearman de signo negativo inciden en la relación entre ambas, dando lugar a que a cotas inferiores (*tancats*) la CE es mucho mayor con unos coeficientes de correlación moderados. Por el contrario la distancia a la costa no fue estadísticamente significativa.

Tabla 73: Correlaciones bivariadas entre variables físicas y la CE de la capa freática.

		Distancia al lago	Distancia a la costa	Cota
CE	P	-0,32	0,01	-0,46
	Sig	<0,01	0,80	<0,01

Aunque en el estudio se realizaron las regresiones lineales entre la CE y las variables físicas distancia a la costa y cota, estas presentaron coeficientes de determinación muy bajos (10% y 21% respectivamente). Estos coeficientes nos indican la heterogeneidad de datos que hemos comentado en apartados anteriores siendo ilógico el presentar las ecuaciones de regresión obtenidas, pues aunque presenten significancia estadística el resultado causa-efecto de la CE en función de la posición o las distancias al lago es irrelevante e irreal.

En este sentido se planteó el estudio de la variable CE de la capa freática en función de las variables físicas mediante la creación de una variable ordinal codificada en tres niveles como se resumió al principio del capítulo y la aplicación de pruebas no paramétricas (Kruskal-Wallis y Mann-Whitney).

Mediante el test de Kruskal-Wallis (tabla 74) se muestra que las tres variables físicas estudiadas son estadísticamente significativas a un nivel mayor al 99%. Como dichas variables poseen tres niveles de codificación, mediante el test de Mann-Whitney veremos la relación de cada código en referencia al factor estudiado.

Tabla 74: Estadísticos de contraste para la CE y los factores físicos según el test Kruskal –Wallis.

Estadísticos de contraste	factores		
	Distancia al lago	Distancia a costa	Cota
Chi-cuadrado	382,06	263,24	909,70
Sig. asintót.	<0,01	<0,01	<0,01

Si analizamos la variable ordinaria distancia al lago frente a la conductividad eléctrica de la capa freática (figura 144) podemos observar que las muestras que se encuentran a menos de 1 km (código 1) presentan diferencias de 3,8 dS/m frente al resto de grupos (códigos 2 y 3). La distancia al lago, por tanto influye en la CE de la capa freática siendo estadísticamente significativa a un nivel de confianza mayor del 99% entre las muestras analizadas con menos de 1 Km respecto a las muestras de localizadas entre 1 y 3 Km (código 2) y las más alejadas al lago (más de 3 Km), representadas mediante el código 3. Desde el punto de vista estadístico no existen diferencias significativas entre los grupos 2 y 3.

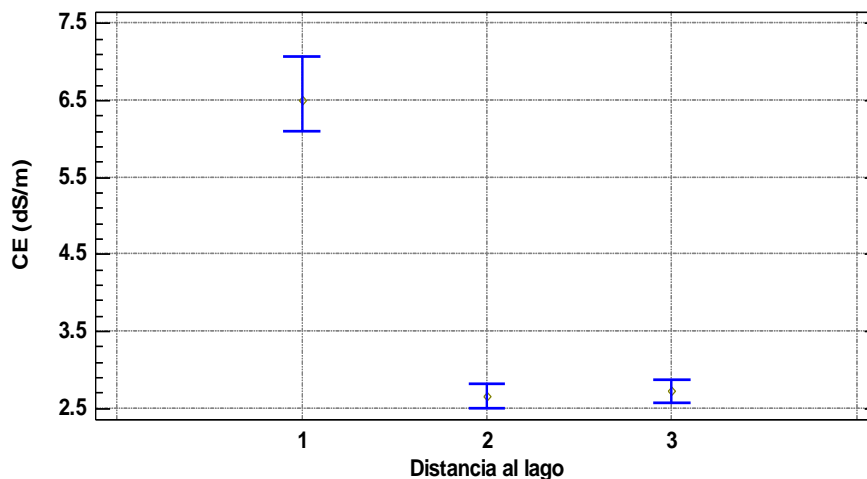


Figura 144: Gráfico de comparación de medianas para el factor distancia al lago y la CE.

Por otro lado, si analizamos de la misma forma la variable cota de los sondeos frente a la CE de la capa freática podemos observar en la figura 145 que las muestras que se encuentran a cotas inferiores a -0,5 metros (código 1) presentan diferencias en torno a 6 dS/m frente a las muestras situadas entre -0,5 metros y 0,5 metros (código 2) y una diferencia de 7,5 dS/m respecto a las muestras situadas a cotas superiores a 0,5 metros. De este modo se justifica el valor negativo obtenido anteriormente mediante la técnica de correlación bivariada de (-0,46) en la que a menor cota mayor es el valor de la CE freática. Es lógico pensar que si la cuña de agua salada en el acuífero Plana de Valencia varía en función de las condiciones ambientales, es también normal que a menor cota, mayor será el contacto con el agua del mar o interfase cercana a ésta y mayores serán los valores de CE. De este modo los tancats, situados en cotas inferiores al nivel del mar, son los que presentan según este resultado mayor riesgo de salinización por influencia de capas freáticas con

elevados contenidos en sales. Así pues mediante el test de Mann-Whitney podemos decir que los tres casos estudiados son estadísticamente significativos a un nivel de confianza mayor del 99%.

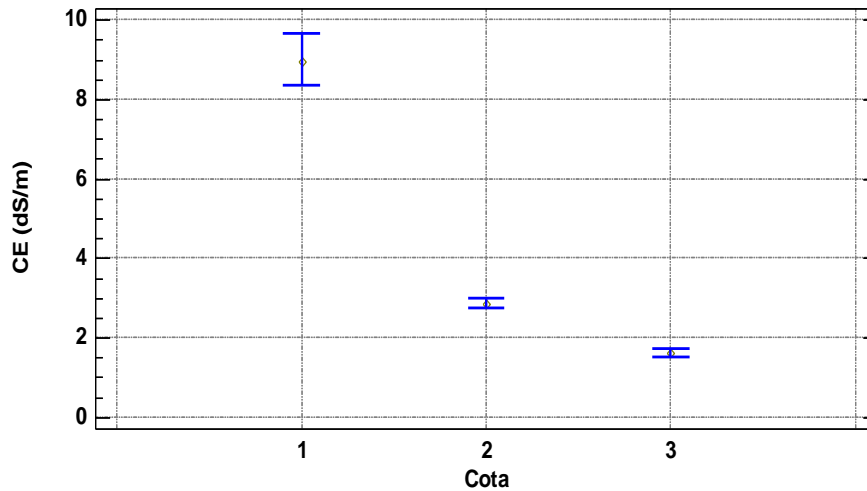


Figura 145: Gráfico de comparación de medianas para el factor cota y la CE.

Por último si analizamos la variable física distancia a la costa (figura 146) observamos como las muestras situadas entre 3 y 6 km (código 2) presentan una CE mayor que el resto. Las muestras más alejadas de la costa son las que menor CE de la capa freática presentan en general (código 3), mientras que las más cercanas a la costa (distancia menor a 3 Km) presentan un valor intermedio. A priori podríamos pensar que si se está produciendo intrusión marina la CE de los puntos más cercanos a la costa debería de ser mayor frente al resto de grupos. No obstante en este resultado hemos de reflejar dos aspectos importantes que lo explican. El primero es el flujo de aguas subterráneas que se produce en el acuífero Plana de Valencia y más concretamente en el interior del Parque Natural y que veremos posteriormente y por otro lado tenemos que tener en cuenta que la cota de los piezómetros y las profundidades de captación de agua freática no son las mismas en todo el parque, por lo que para corroborar el hecho de si la capa freática está influenciada por la distancia a la costa, deberíamos de haber dispuesto secuencias de piezómetros a la misma cota y con la misma profundidad de captación distribuidos perpendicularmente a la costa. Desde el punto de vista estadístico, los tres códigos presentan diferencias estadísticamente significativas al nivel de confianza del 99%.

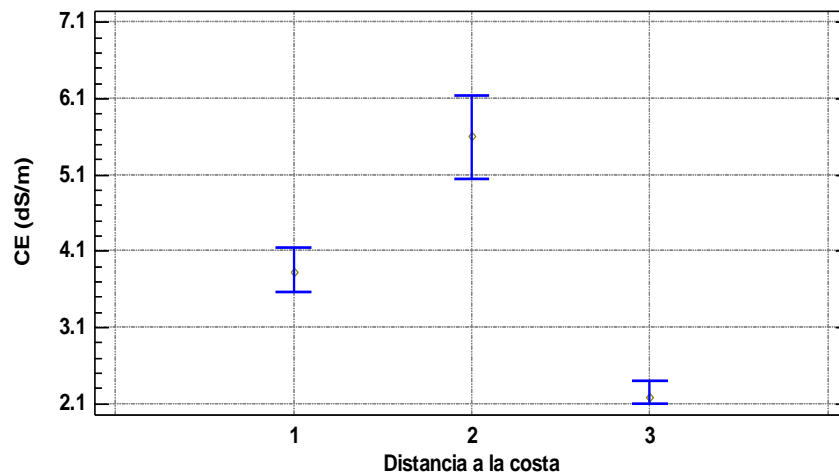


Figura 146: Gráfico de comparación de medianas para el factor distancia a la costa y la CE.

Por otro lado sabemos que el momento de máximo riesgo de aparición de sales en el suelo debido al ascenso capilar del agua freática se produce en los periodos de *eixugons* correspondientes al ciclo del arroz. El cuidado que tiene el agricultor en el momento de preparación del terreno para no dejar partes del campo más altas que otras ha sido una de las principales preocupaciones en los *tancats* a lo largo de la historia del cultivo del arroz en la Albufera. Este problema ha sido subsanado gracias a las nuevas tecnologías laser de nivelación del terreno que favorecen una homogeneización del microrelieve en cada parcela. El dejar zonas altas y bajas en un mismo campo provoca que debido a la alta evapotranspiración que se da en el parque durante los meses de verano y a la cercanía de la capa freática a la superficie, se pueda producir un ascenso capilar del agua freática dando lugar a la precipitación de sales en la zona radicular, lo que se traduciría en mermas en la producción de arroz. En este sentido se realizó un estudio comparativo del factor presencia de lámina libre [sin lámina libre (1) o con lámina (2)] respecto a la variable CE para intentar esclarecer si había relación significativamente estadística en ambos estados. De la tabla 75 se puede extraer que sí que hay una diferencia significativa entre los valores de CE en función del factor a un nivel de significancia del 99%, reflejándose en la figura 147 una diferencia de más de 1,6 dS/m entre las medianas de ambos estados. No obstante este resultado es a priori contradictorio a lo esperado, puesto que si en una zona no existe lámina libre, la capa freática ascenderá hasta su nivel de equilibrio. Es lógico pensar que la CE de la capa freática podría verse afectada por una lámina de agua superficial que diluyera la salinidad de ésta, sin embargo el resultado es contrario a esta hipótesis, pudiéndose establecer dos situaciones para poder entenderlo.

La primera se basa en la instalación propia de los piezómetros de 1,5 – 2 metros de profundidad. Al ser compartimentos estancos el único punto de comunicación entre el entorno y el agua es la base del piezómetro, indicándonos por tanto este resultado que la lámina libre no influye en la capa freática a dichas profundidades.

La segunda se fundamenta en que para el tratamiento estadístico de datos se han introducido los valores de CE de los tres años estudiados separando entre (1) dato sin lámina libre y (2) dato con lamina libre en los puntos de muestreo. En este conjunto de valores tratados se incluyen las muestras tomadas en marzo y abril (fase de preparación de los campos sin agua en superficie), por lo que se puede pensar que el peso de estos valores sobre el resto hubiera provocado que la CE fuera menor. El peso por tanto de estos datos frente a los meses del ciclo del arroz donde se dan los periodos reales de *eixugons* podría ser la causa de este resultado. Para corroborar esto se han aislado los datos de los meses del ciclo del arroz donde la ausencia de agua es debida a los *eixugons*, observándose que aunque también existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos estados, se reproduce la misma tendencia (figura 148). En este sentido la primera hipótesis sobre la no influencia de la lámina de agua en la capa freática a la profundidad de muestreo explica los resultados obtenidos y es por ello que la instalación de piezómetros en un mismo punto a diferentes alturas podrían esclarecer la afección de la lámina libre en la capa freática así como la gradación de la salinidad en profundidad, estableciendo así la fluctuación del riesgo real sobre el cultivo del arroz.

Tabla 75: Valores del test Mann-Whitney para la CE y el factor presencia de lámina libre.

CE	
U de Mann-Whitney	580.935
W de Wilcoxon	846.291
Z	-9,13
Sig. asintót.	<0,01

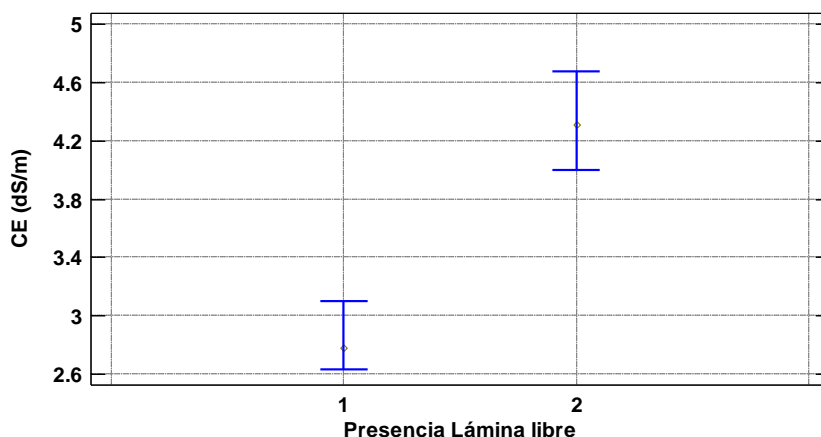


Figura 147: Gráfico de comparación de medianas para el factor presencia de lámina y la CE.

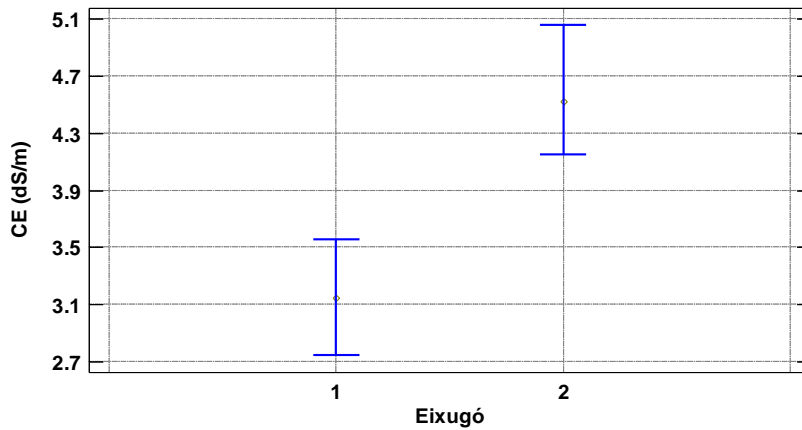


Figura 148: Gráfico de comparación de medianas para el factor *eixugó* y la CE.

Por otro lado, en referencia a la variable factor ciclo, en el que se refleja el periodo del ciclo de cultivo (1) o el periodo de inundación (2) podemos destacar que la CE es estadísticamente significativa entre ambos periodos a un nivel de confianza superior al 99% (tabla 76), reflejándose en la figura 149 una diferencia entre los valores de la mediana de 1,1 dS/m. Aunque el factor ciclo como tal puede ser importante, es necesario destacar que otros factores como el climático (evapotranspiración, precipitaciones, temperatura), así como la calidad de los aportes a la capa freática por periodos de recarga del acuífero o simplemente el manejo de la zona del arrozal están directamente relacionados con el factor ciclo que estudiamos aquí.

Tabla 76: Valores del test Mann-Whitney para la CE y el factor ciclo.

CE	
U de Mann-Whitney	797.597
W de Wilcoxon	1.458.272
Z	-7,00
Sig. asintót.	<0,01

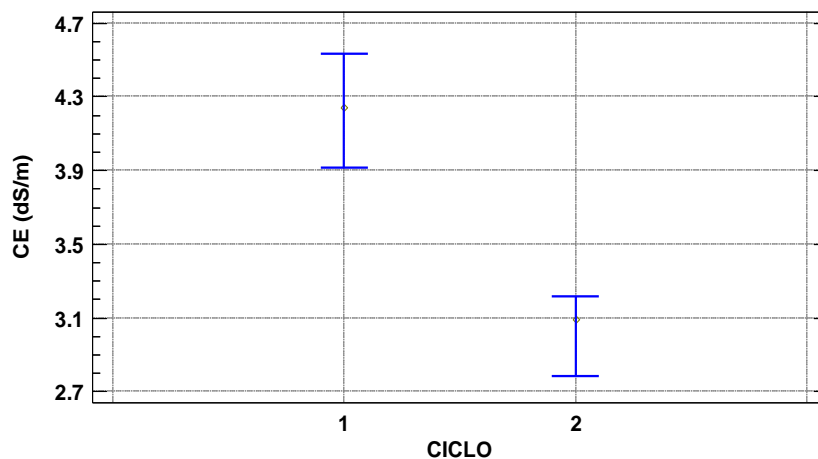


Figura 149: Gráfico de comparación de medianas para el factor ciclo y la CE.

En última instancia si enfrentamos la CE de la capa freática a las variables climáticas precipitación y evapotranspiración (tabla 77) observamos que ambas son estadísticamente significativas a un nivel de confianza mayor del 95% para la precipitación y mayor del 99% para la evapotranspiración. De este modo podemos decir que a mayor precipitación los valores de CE son menores, siendo este parámetro contrario al efecto de la evapotranspiración cuyo comportamiento es antagónico al anterior.

Tabla 77: Valores del test Mann-Whitney para la CE y los factores evaporación y precipitación.

Estadísticos de contraste	Precipitación	Evapotranspiración
U de Mann-Whitney	905.539	731.285,5
W de Wilcoxon	1.629.745	1.154.945,5
Z	-2,41	-6,50
Sig. asintót.	0,02	<0,01

4.3.- Piezometría

4.3.1.- Cotas capa freática

A partir del registro mensual de alturas realizado durante la campaña de muestreo y los datos obtenidos con la estación GPS se han calculado los valores reales de alturas de la capa freática, lámina libre y cota de la superficie del suelo, para cada mes estudiado y cada sondeo. La precisión centimétrica necesaria para el control de la lámina libre y el nivel freático fue proporcionada por el sistema VRS de identificación de alturas. Tras el cálculo de las alturas y mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) generamos mediante técnicas geoestadísticas isopiezas cada 0,5 metros (anejo VIII) con las cuales se pudo identificar la posición de la capa freática en cada instante y la dirección del flujo del agua subterránea en todo el Parque Natural.

Con los datos se pudieron levantar los perfiles topográficos de la superficie piezométrica, la superficie del terreno y la lámina libre para cada conjunto de piezómetros incluidos en un transecto en cada mes estudiado. A continuación adjuntamos los perfiles del transecto con mayor longitud (transecto 1) y uno de los que menos longitud presenta (transecto 6) (figura 150 y 151).

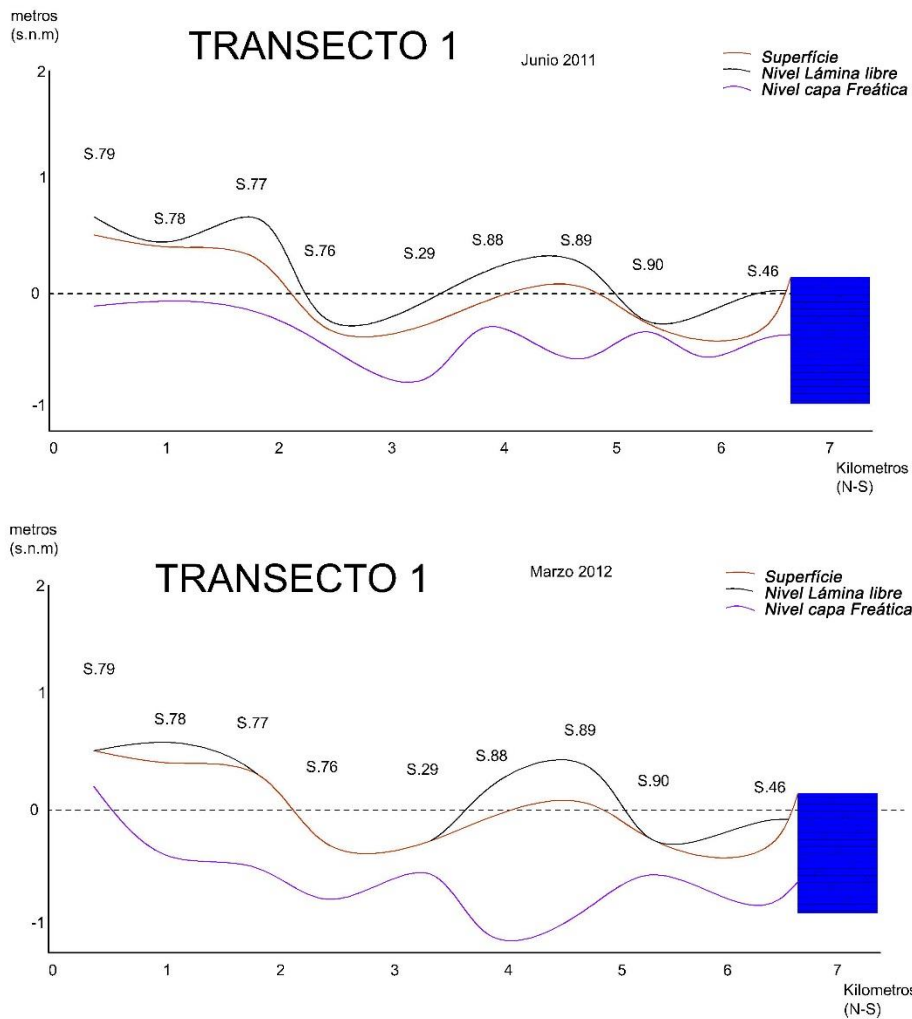


Figura 150: Representación en perfil de la superficie real y las fluctuaciones a lo largo del transecto del nivel de la lámina libre y de la capa freática para dos instantes en el transecto 1.

En el estudio de los transectos y las diferentes superficies y líneas generadas podemos observar como en ciertos instantes (septiembre 2010 y 2012 para el caso del transecto 6 – figura 150) el nivel de la capa freática se encuentra por encima de la superficie del terreno, así como momentos en los que no existe lámina libre sobre la superficie (septiembre 2011 y marzo 2012). Este fenómeno habitual en todo el parque se debe a las diferencias de carga que se producen entre los tancats y los canales perimetrales o acequias, puesto que encontramos canales o acequias cuya lámina libre está a 1 o 1,5 m por arriba de la superficie del suelo en el *tancat*, dando lugar a cargas hidráulicas que modifican la tendencia de la capa freática en las zonas colindantes a estos puntos si las comparamos con las cotas de la capa freática en el centro del *tancat* en la que la capa freática se encuentra pocos centímetros sobre o por debajo de la superficie del terreno.

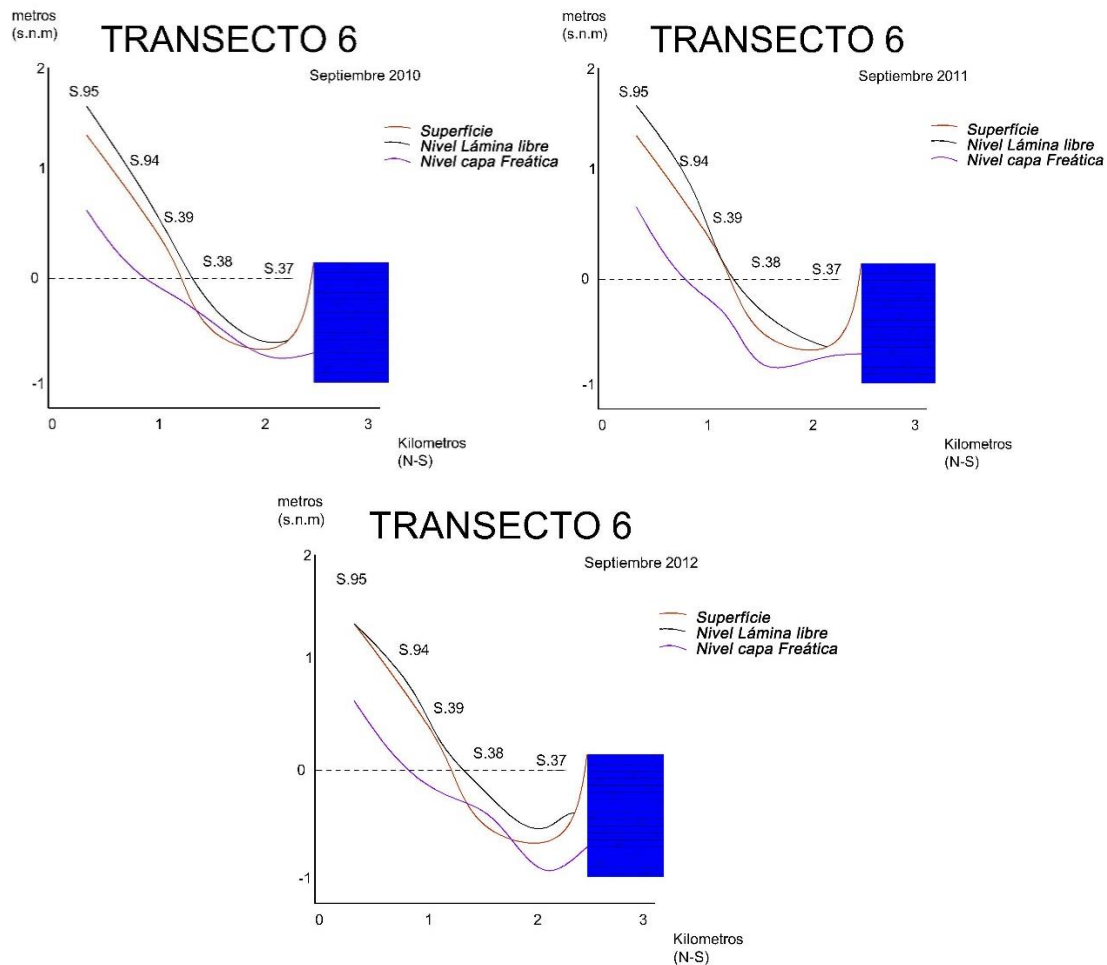


Figura 151: Representación en perfil de la superficie real y las fluctuaciones a lo largo del transecto del nivel de la lámina libre y de la capa freática en los meses de septiembre de 2010, 2011 y 2012 a lo largo del transecto 6.

El valor mínimo de la cota en la capa freática se registró con un valor de -3,46 m en el S.123, que se encuentra situado en tancat de Pipa en agosto de 2011. El valor máximo por el contrario fue registrado en mayo de 2012 en el S.107 con un valor de 1,48 m.

Ateniéndonos al modelo digital del terreno (figura 152) las zonas con cotas más bajas se corresponden con los tancats de Pipa, Modernista, Pescadors en la zona norte; Amarguet, Foia y Ratlla en la zona oeste y els Campots y Pasiego en el sur. En este sentido y tras trazar las isopiezas de los diferentes meses, la más pequeña (-2 m) se ubica sobre el tancat de Pipa durante los meses de inundación en prácticamente todos los años (enero y febrero de 2010 y 2011, y noviembre y diciembre de 2010). En los meses de noviembre y diciembre de 2011 y enero y febrero de 2012 dicha zona presenta una isopieza de -1,5 metros (siendo la más baja también en dicho periodo).

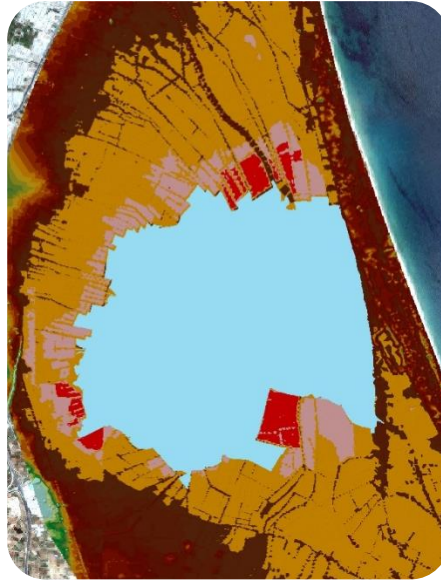


Figura 152: Tancats más profundos (rojo) con cotas en torno a -2 a -2,5 metros

Durante el ciclo del arroz la zona de la Pipa es la que también presenta menores isopiezas, siendo el valor mínimo registrado de -1,5 m. El rango de variación en todo el Parque Natural se encuentra entre -1,5 y 0 metros sobre el nivel del mar, siendo el comportamiento durante los meses de cultivo bastante homogéneo. No se puede obtener un patrón fijo y continuo de la variación del nivel de la capa freática, pues las isopiezas varían en forma pero no en valor, manteniéndose bastante constante a lo largo de todo el año si lo dividimos en dos periodos: inundación y ciclo (figura 153).

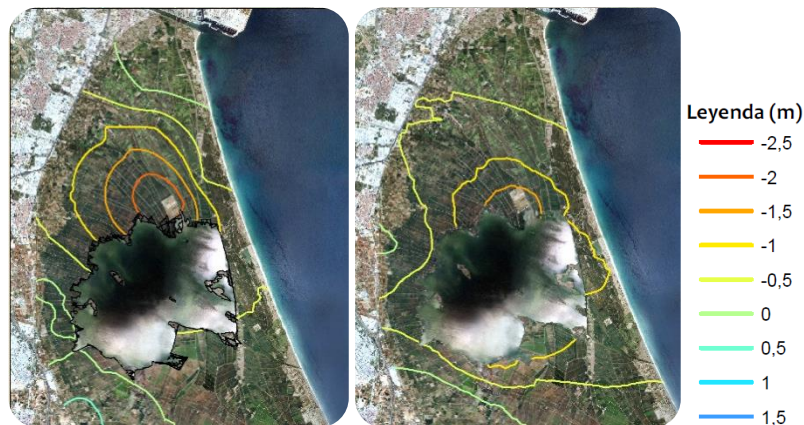


Figura 153: Representación de niveles de capa freática durante a) periodo inundación y b) ciclo de cultivo.

Con esta representación de las campañas de estudio se conoce realmente el comportamiento freático de la Albufera de Valencia que muestra como en la época de inundación las cotas piezométricas disminuyen debido a la lámina de agua suprayacente que desplaza la capa freática en profundidad. En verano que la capa freática se encuentre más cercana a la superficie

se debe a la menor carga hidráulica sobre ésta, al ser la lámina libre mucho menor, aparte de que se debe de entender el comportamiento del nivel freático dentro de la escala general del acuífero.

La dinámica de las aguas subterráneas en un área puede ser determinada con el estudio de las cotas piezométricas. Un mapa de isopiezas refleja la forma de la superficie freática si el acuífero está libre, como es nuestro caso, y da lugar a la identificación de la componente horizontal del flujo de aguas subterráneas. Dicho flujo es perpendicular a las isopiezas y toma la dirección desde las líneas de mayor altura piezométrica hacia las de menor cota.

De este modo podemos ver como el flujo de aguas subterráneas durante el estudio tiende hacia la zona del tancat de Pipa, reflejándose en algún caso flujos desde la línea de costa hacia el interior del parque (figura 154). Si superponemos a dichos mapas el CE de la capa freática observamos como la salinidad aumenta en las zonas con menor isopieza, aumentando por lo tanto en la dirección del flujo subterráneo (Li *et al.*, 2013; Salama *et al.*, 1999)



Figura 154: Representación de la dinámica de las aguas subterráneas en el Parque Natural de la Albufera de Valencia.

Por lo que respecta al espesor o a la cota de la lámina libre el resultado no fue plasmado cartográficamente puesto que es un parámetro demasiado localista y varía en función del manejo del agricultor en cada tancat. No obstante y aunque la capa freática también puede variar en función de las variaciones hidrológicas de la zona, ésta es mucho más estable y no presenta tanta influencia antrópica como la que puede presentar la lámina libre.

4.3.2.- Riesgo salinización por capa freática

Como hemos comentado anteriormente hay zonas del parque natural que presentan niveles de capa freática en el interior de los piezómetros que se encuentran por encima de la lámina del suelo. Esto significaría que si no hubiera una lámina de agua constante, la capa freática ascendería (dependiendo de la permeabilidad del suelo) hasta alcanzar en algún punto cotas muy cercanas a la superficie o bien aparecería sobre ésta como el caso de las malladas en la Devesa. Esto provocaría si la CE de la capa freática es muy alta, un riesgo de salinización potencial del suelo. En este sentido y mediante el uso de las herramientas geoestadísticas del SIG, se generó un mapa de riesgo potencial de salinización por ascenso de la capa freática durante la campaña de cultivo en el que se reflejan aquellos puntos que tienen la capa freática por encima de la superficie (sin tener en cuenta la altura de ésta sobre la superficie) y los puntos cuya CE del agua freática es mayor de 4 dS/m que se considera como el valor umbral para determinar un suelo como salino. Destacar que estos mapas representan la zona con un riesgo muy alto de salinización al aparecer la capa freática con una elevada CE por encima de la superficie. Así pues capas freáticas con $CE > 4$ dS/m que se encuentren a 10-20 centímetros de la superficie también presentan un riesgo potencial de salinización. Si tomáramos en consideración esta hipótesis prácticamente todo el parque estaría bajo riesgo de salinización si no existiera lámina libre en superficie.

Combinando por tanto salinidades superiores a 4 dS/m en capa freática y capas freáticas sobre la superficie obtenemos que el mes de mayo con el aporte de aguas para el inicio del cultivo es el que menor riesgo presenta, siendo posteriormente variable el riesgo y la zona sin aparecer por tanto un patrón de comportamiento definido durante el ciclo del arroz. La zona norte presenta mayor superficie en general con riesgo de salinización. También ocurre en la zona de la restinga arenosa con alto riesgo durante prácticamente toda la campaña del cultivo.



Figura 155: representación cartográfica del riesgo potencial de salinización por ascenso de la capa freática en los meses de Agosto de a) 2010, b) 2011 y c) 2012.

Como se puede observar no se sigue un patrón preestablecido, aunque es de destacar que la zona norte (como indican los valores de CE registrados) presenta mayor riesgo potencial de salinización que la zona sur, en la que aparece dicho riesgo únicamente puntual (figura 155). La zona de la restinga así como la zona oeste, también aparecen como zonas potenciales de salinización aunque no en tanta medida como la zona norte del lago.

El índice que el Ministerio utiliza para controlar el estado piezométrico de la cuenca es el índice de estado (I_e) expuesto en el capítulo de materiales y métodos. El cálculo de este índice con nuestro conjunto de datos registrados en cada sondeo (histórico de 3 años) ha reflejado que el 9% presenta una situación mala, mientras que otro 9% la presenta deficiente y el 22% la presenta moderada. El resto (59%) presenta una situación buena en cuanto a nivel freático (figura 156). Según el ministerio la situación piezométrica en la zona varía de moderada a buena (MAAMA, 2012a; 2012b; 2013b), aunque es de destacar que no son comparables los datos puesto que el histórico de datos es mucho más amplio en los pocos piezómetros instalados y funcionando que controlan el estado del acuífero.

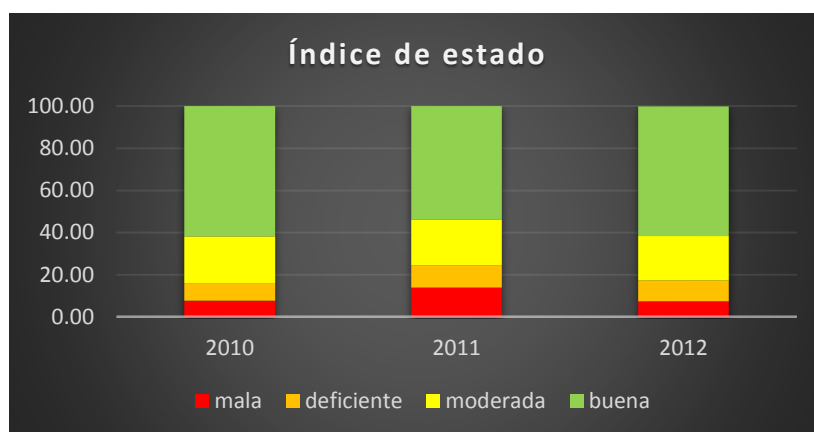


Figura 156: índice de estado para el conjunto de datos muestreados por año.

4.3.3.- Influencia de las variables físicas, climáticas y de manejo sobre el nivel freático.

Si analizamos la influencia de las variables físicas: distancia al lago, distancia a la costa y cota respecto al nivel freático, todas ellas fueron estadísticamente significativas mediante Kruskal-Wallis a un nivel de confianza del 99%. Del mismo modo ocurrió entre los diferentes niveles dentro de cada factor (tabla 78). La cota y distancia al lago siguieron la misma tendencia al reflejar que a menor cota o menor distancia al lago los niveles freáticos eran más pequeños. Por el contrario la distancia a la costa mostró que los piezómetros agrupados entre 3 y 6 Km presentaban menor nivel freático. Esto nos indica que la cota y el lago influyen sobre el nivel de la capa freática en el piezómetro mientras que la costa no influye sobre éste.

Tabla 78: Estadísticos de contraste mediante Mann-Whitney para las variables físicas (distancia al lago, distancia a la costa y cota) respecto al nivel freático.

Estadísticos de contraste	Distancia al lago		
	1-2	1-3	2-3
U de Mann-Whitney	317.458	21.516,5	71.060,5
W de Wilcoxon	937.399	641.457,5	1.167.000,5
Z	-26,82	-19,94	-14,30
Sig. asintót. (bilateral)	<0,01	<0,01	<0,01
Estadísticos de contraste	Distancia a la costa		
	1-2	1-3	2-3
U de Mann-Whitney	514.338	270.123	158.754,5
W de Wilcoxon	892.353	1.106.694	536.769,5
Z	-3,34	-13,36	-15,04
Sig. asintót. (bilateral)	<0,01	<0,01	<0,01
Estadísticos de contraste	Cota		
	1-2	1-3	2-3
U de Mann-Whitney	529.358,5	101.995,5	107.193
W de Wilcoxon	1.638.663,5	1.211.300,5	597.738
Z	-11,90	-17,47	-10,31
Sig. asintót. (bilateral)	<0,01	<0,01	<0,01

En referencia al resto de factores estudiados: ciclo, presencia de lámina libre, evapotranspiración y precipitación hay que destacar que el ciclo y la evapotranspiración fueron estadísticamente significativas frente a la variación del nivel freático mientras que la precipitación y la presencia de lámina libre no influyeron sobre éste. A mayor evapotranspiración el nivel de la capa freática en los piezómetros presenta cotas menores (0,20 m de diferencia) respecto a los periodos en que la evapotranspiración no supera la media. En este mismo sentido con el periodo de cultivo la cota piezométrica es mucho menor que en el caso del periodo de inundación.

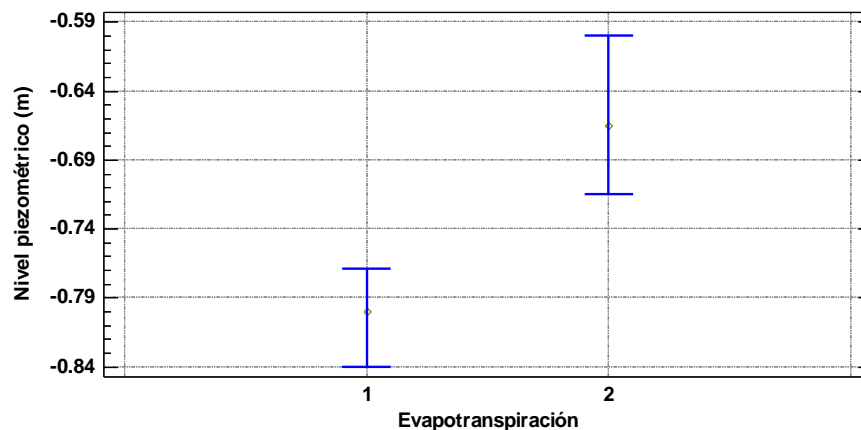


Figura 157: Gráfico de comparación de medianas para el factor evapotranspiración y el nivel freático.

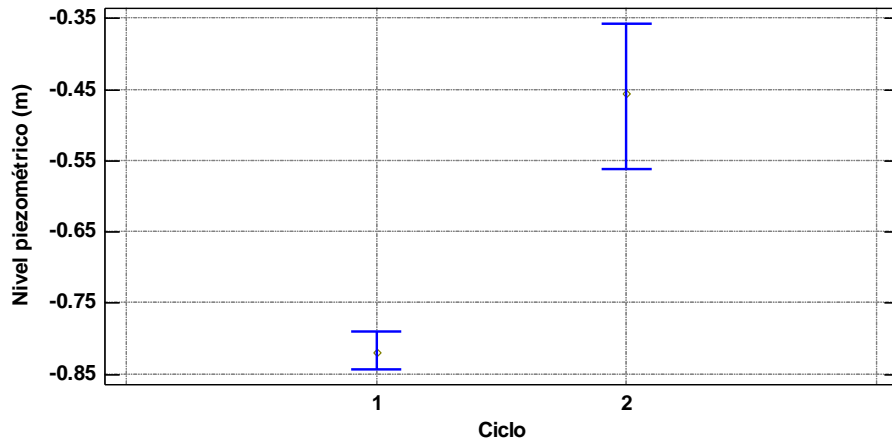


Figura 158: Gráfico de comparación de medianas para el factor ciclo y el nivel freático.

Por último y con los datos de niveles freáticos se realizó un estudio estadístico para corroborar la influencia de diversos factores sobre éste. De este modo mediante el test de Kruskal-Wallis y el test de Mann-Whitney se corroboró que el nivel freático es estadísticamente significativo a un nivel de confianza del 99% con los meses del año (figura 159) definiéndose claramente dos estados: periodo de inundación (meses 1,2,11 y 12) donde 1 equivale a enero y así sucesivamente, y el periodo del ciclo de cultivo de marzo (3) a octubre (10) donde se puede ver ya un solape con el mes de noviembre debido a la heterogeneidad de manejo en el parque puesto que algunos campos presentan ya inundación y otros no. Los meses del periodo de inundación presentan diferencias significativas a un nivel de confianza superior al 99% respecto a los meses en el periodo de cultivo.

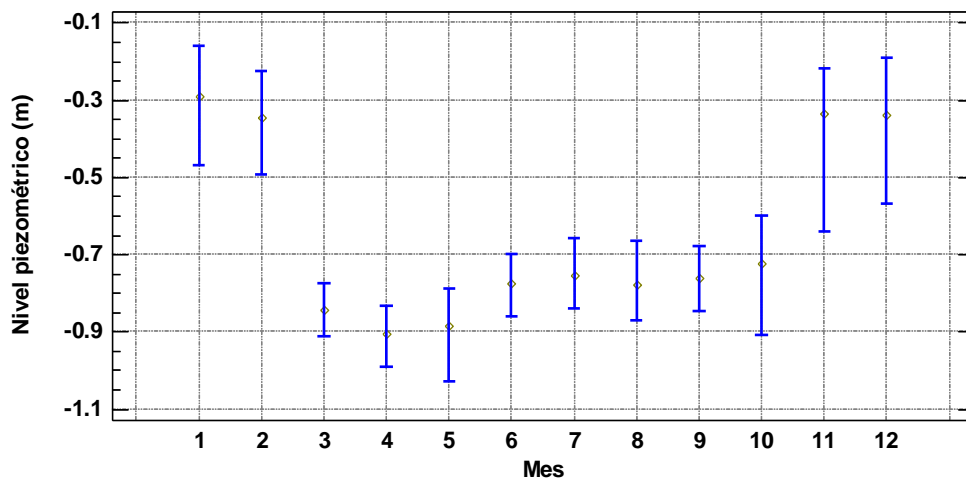


Figura 159: Gráfico de comparación de medianas para el factor mes y el nivel freático.

4.4.- SUELOS

La cantidad total de analíticas realizadas sobre muestras de suelos en el laboratorio de Suelos y Aguas de la Universitat Politècnica de Valencia asciende a 6.279 análisis de parámetros: pH, CE_{1:5}, CE_e, pH_e, textura, humedad, elementos gruesos, materia orgánica, cationes y aniones principales, carbonatos, color, determinación de fibras y hierro libre.

Todos los parámetros se estudiaron desde el punto de vista descriptivo como un único conjunto de datos, para posteriormente caracterizarlos espacialmente y comprobar las relaciones intrínsecas entre variables. Por último se clasificó el suelo según las directrices de la *Soil Taxonomy* y se trazó un mapa de suelos combinando la información extraída de las calicatas y sondeos.

Los datos presentaron una distribución no normal, según los test de Kolmogorov-Smirnov y el de Shapiro–Wilk (tabla 79), a excepción del pH medido sobre la muestra del extracto que sí presentó para los dos test una significancia mayor del 0,05 y por lo tanto dicha variable tiene un comportamiento normal.

Tabla 79: Estadísticos de pruebas de normalidad de los parámetros analíticos en suelos.

Parámetros	Pruebas de normalidad			
	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.
Carbonatos	0,05	0,02	0,98	<0,01
CE _{1:5}	0,12	<0,01	0,82	<0,01
pH _{1:25}	0,06	<0,01	0,99	<0,01
Materia orgánica	0,04	0,09	0,97	<0,01
Arcilla	0,08	<0,01	0,97	<0,01
Limo	0,14	<0,01	0,90	<0,01
Arena	0,16	<0,01	0,85	<0,01
CE _e	0,20	0,063	0,70	<0,01
pH _e	0,03	0,20	1,00	0,36

Los gráficos Q-Q reflejaron dicho comportamiento no normal con valores observados frente a los normales esperados que no se ajustan a una recta. No obstante sí que se puede apreciar el ajuste del pH_e (figura 160), donde el ajuste es prácticamente igual a la recta.

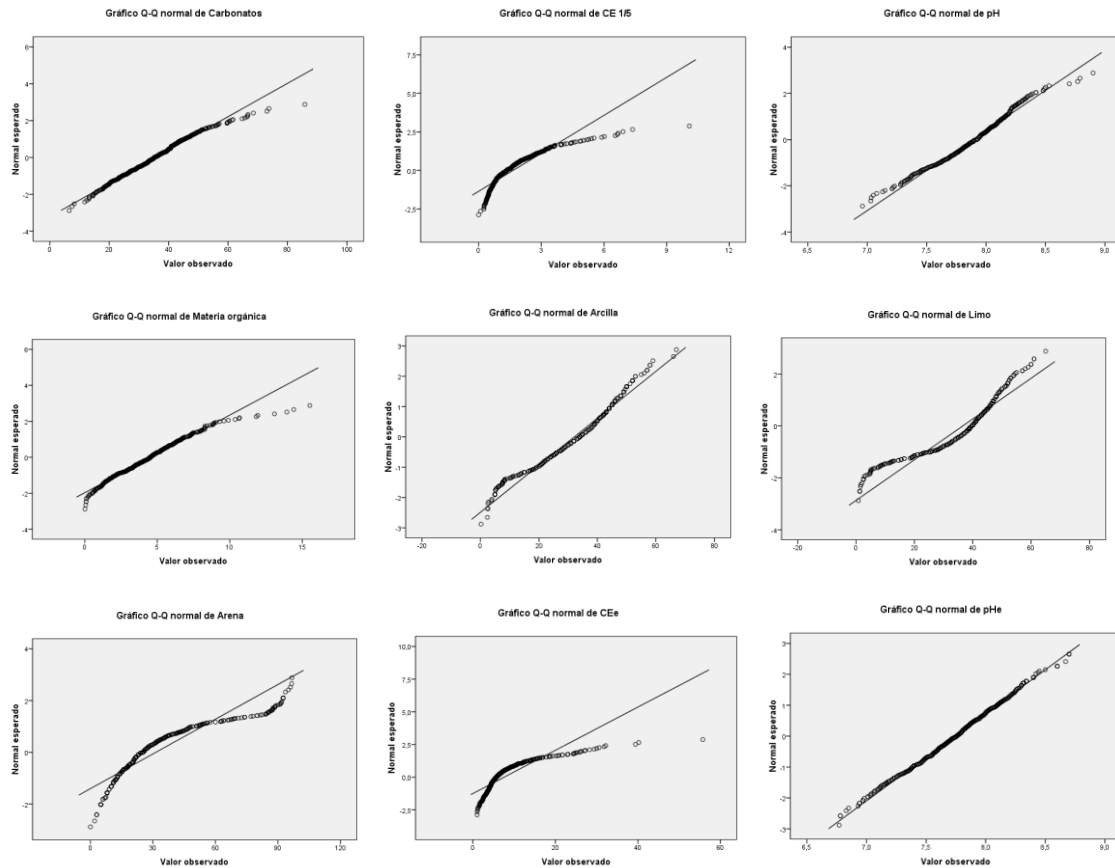


Figura 160: Gráficos Q-Q de los parámetros analizados en sondeos y calicatas a) carbonatos, b) CE_{1:5}, c) pH_{1:25}, d) Materia orgánica, e) Arcilla, f) Limo, g) Arena, h) CE_e y i) pH_e.

Los parámetros analizados únicamente en calicatas también presentaron una distribución no normal como se refleja en la tabla 80.

Tabla 80: Estadísticos de normalidad en los parámetros analíticos restantes de calicatas

Pruebas de normalidad				
	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.
Humedad de saturación (%)	0,28	<0,01	0,50	<0,01
Valor n	0,25	<0,01	0,57	<0,01
RAS	0,18	<0,01	0,75	<0,01
Sodio (meq/l)	0,27	<0,01	0,52	<0,01
Potasio (meq/l)	0,15	<0,01	0,85	<0,01
Calcio (meq/l)	0,14	<0,01	0,88	<0,01
Magnesio (meq/l)	0,23	<0,01	0,57	<0,01
Sulfato (meq/l)	0,15	<0,01	0,92	<0,01
Cloruro (meq/l)	0,28	<0,01	0,47	<0,01
Bicarbonato (meq/l)	0,12	<0,01	0,97	0,01

A modo de resumen se puede decir que todas las variables estudiadas presentan, como ocurría en el caso de las aguas, una distribución de valores no normal lo que condicionará los tratamientos estadísticos a realizar.

4.4.1- Carbonatos

La zona en la que se localiza la Albufera de Valencia se desarrolla sobre materiales del Cuaternario (limos pardos y grises) mientras que la cuenca de drenaje es principalmente calcárea. Por esta razón el contenido en carbonatos de los sedimentos aportados a la plana aluvial de Valencia será bastante alto. El contenido medio en carbonatos de los suelos del Parque Natural de la Albufera de Valencia es del 35,5%, siendo el valor máximo de 85% registrado en el horizonte III de la calicata 17 y el mínimo de 6,55 % (tabla 81). Belmonte (1999) y Martínez (2003) estipulan que el rango de valores de carbonatos de los suelos del Parque Natural está entre el 26-43 % mientras que en los resultados expuestos por Boira (2012) se alcanza un valor máximo de 59,9%. En este sentido los valores obtenidos en el presente estudio superan de forma puntual los establecidos por estudios anteriores, posiblemente por aumentar la densidad de muestreo teniendo en cuenta la mayor variabilidad espacial del parque.

Tabla 81: Estadísticos descriptivos de la variable carbonatos en suelos (%).

Estadísticos	Valor
Media	35,54
Mediana	35,21
Desviación Estándar	11,05
Coefficiente de Variación (%)	31,08
Mínimo	6,55
Máximo	85,84
Coefficiente de asimetría	4,20
Curtosis estandarizada	5,19

Es preciso destacar que la situación topográfica de la Albufera y su proceso de formación influyen en el porcentaje de carbonato de los suelos. Si tenemos en cuenta que los aluviones de material sedimentado han arrastrado partículas carbonatadas de la zona alta de la cuenca, también la influencia marina que ha afectado al Parque queda reflejado en la cantidad de conchas y caracolillos que se encuentran a diferente profundidad en los diferentes horizontes del suelo (figura 161) y que dan lugar a la acumulación de carbonatos por rotura y meteorización de las conchas de dichos moluscos.



Figura 161: Detalle de caracolillos y conchas en la matriz del suelo en muestras de suelo.

Desde el punto de vista espacial los carbonatos no presentan gran variabilidad a lo largo del parque siendo el valor predominante el comprendido entre el 20-40% (Anejo X). La representación espacial y en profundidad (cada 20 cm) refleja una homogeneidad en todo el Parque, aunque en la zona sur los valores son un poco más elevados (40-60%). Los perfiles en profundidad muestran dos tendencias definidas (figura 162): Aquellas que disminuyen en profundidad como es el caso del S.96 con un 44% de los puntos muestreados, y aquellas que sufren variaciones a lo largo del perfil por los diferentes aluviones de material, pero que aumentan en profundidad (S.136) y que comprenden 56% de todos los suelos del parque.

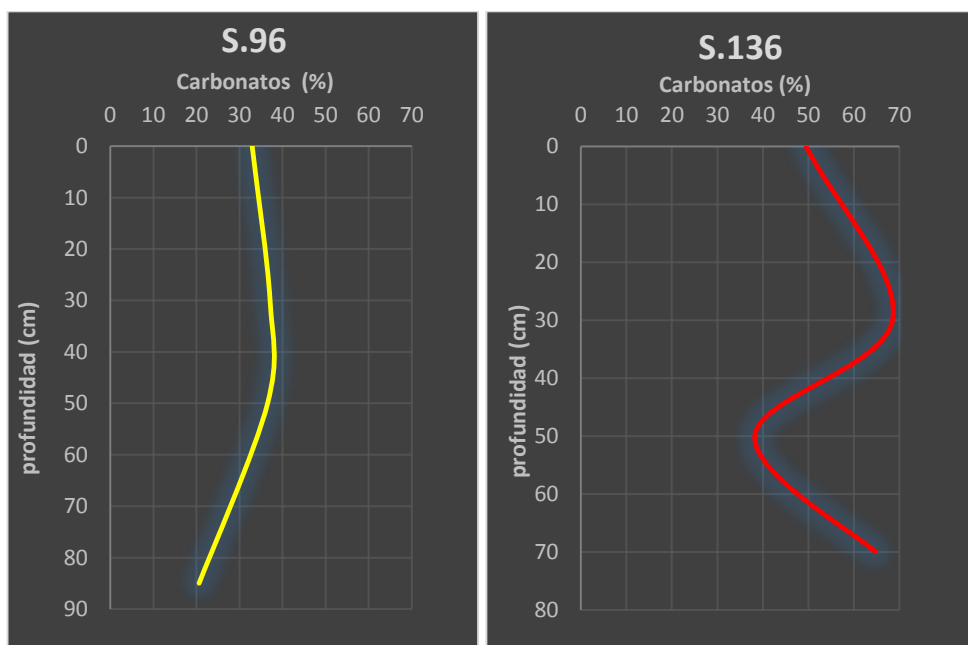


Figura 162: Perfil en profundidad del contenido en carbonato de a) S.96 y b) S.136.

4.4.2.- pH

El pH del suelo es una de las propiedades más importantes en su proceso de formación pues dependiendo de su acidez o basicidad los compuestos reaccionarán de una forma u otra. Depende en gran medida de la naturaleza del material original así como del contenido de materia orgánica. Su valor puede producir la precipitación de algunos iones del sistema de cambio produciendo un desajuste en el equilibrio. El pH es determinante del proceso de oxidación y reducción en los suelos hídricos y su valor suele variar tras la inundación, puesto que en suelos los ácidos aumenta su valor y en suelos básicos los disminuye (Sendra, 1997). El pH óptimo para el cultivo del arroz es de 6,6 (Ponnamperuma, 1977).

En el caso de la Albufera de Valencia el pH medio es de 7,89 siendo el valor máximo de 8,90 en el S.108 a una profundidad de 60-80 cm, mientras que el valor mínimo registrado es de 6,96 en el horizonte VIII de la calicata 3. Este valor mínimo se da en un horizonte de material orgánico (Anejo X) donde los procesos de descomposición de la materia orgánica dan lugar a una acidificación del suelo. Mientras que los pH cercanos a 8 y 8,5 son normales en zonas carbonatadas donde la conjunción de materia orgánica que acidifica el medio y carbonatos que lo alcalinizan da lugar a pH neutros o levemente alcalinos. Nuestros suelos por tanto se clasifican desde neutros hasta fuertemente alcalinos (USDA, 1998b) y coinciden con los rangos de valores aportados por varios autores (Belmonte, 1999; Boira, 2012; GVA, 1996; Martínez, 2003; Ucha y Fernández, 2001) Los valores medidos de pH sobre el extracto de saturación se asemejan a los obtenidos con el $pH_{1:25}$.

Tabla 82: Datos estadísticos del pH en suelos de la Albufera de Valencia.

Estadísticos	$pH_{1:25}$	pH_e
Media	7,89	7,74
Mediana	7,92	7,76
Desviación Estándar	0,29	0,35
Coefficiente de Variación (%)	3,66	4,57
Mínimo	6,96	6,77
Máximo	8,90	8,70
Coefficiente de asimetría	-2,73	-0,84
Curtosis estandarizada	2,80	0,06

Un coeficiente de variación tan bajo y los valores de desviación estándar nos reflejan la homogeneidad de los datos de pH en todo el parque, definiendo también el comportamiento normal de la variable pH_e (figura 163), así como la tendencia del valor de $pH_{1:25}$ hacia dicho comportamiento.

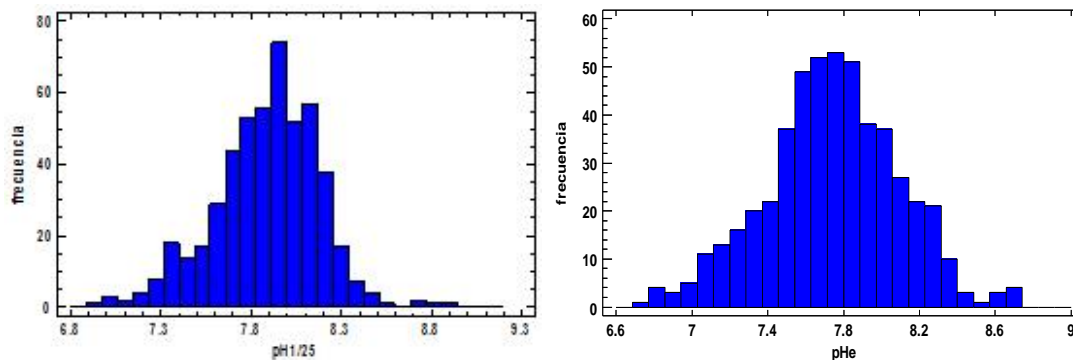


Figura 163: a) Histograma de $\text{pH}_{1,25}$ y b) histograma de pH_e para el conjunto de muestras.

Desde el punto de vista espacial el pH es bastante homogéneo (Anejo X). Tanto en profundidad como en superficie el pH se mantiene constante clasificándose como levemente y moderadamente alcalino al estar entre 7,3 y 8,4.

4.4.3.- Textura

Se define la textura como la proporción (en porcentaje de peso) de las partículas de los horizontes del suelo menores a 2 mm de diámetro y que en la USDA se clasifican como: arena (2 mm > \varnothing > 0,05 mm); limo (0,05 mm > \varnothing > 0,002 mm) y arcilla (\varnothing < 0,002 mm). Los valores que presentan los suelos del Parque Natural de la Albufera de Valencia en cuanto a las fracciones texturales (tabla 83) reflejarán la textura en cada horizonte de suelo.

Tabla 83: Estadísticos descriptivos de la variable fracciones texturales en suelos (%).

Estadísticos	Arcilla	Limo	Arena
Media	32,10	4,56	31,40
Mediana	32,09	4,56	31,4
Desviación Estándar	12,89	2,31	22,36
Coefficiente de Variación (%)	40,16	50,75	71,21
Mínimo	0,20	0,01	0
Máximo	67,00	15,51	96,7
Coefficiente de asimetría	-3,97	6,56	12,6
Curtosis estandarizada	-1,20	8,18	5,60

De la combinación de las tres fracciones mediante el triángulo de clases texturales del USDA obtenemos que la clase textural predominante en el parque es la franco arcillosa pues se registran el 30% de las muestras analizadas. Posteriormente es la clase arcillo limosa que representa el 17% de los suelos (figura 164). No obstante con mayor o menor representatividad observamos una amplia gama de clases texturales destacando las arenosas en la zona cercana a la restinga.

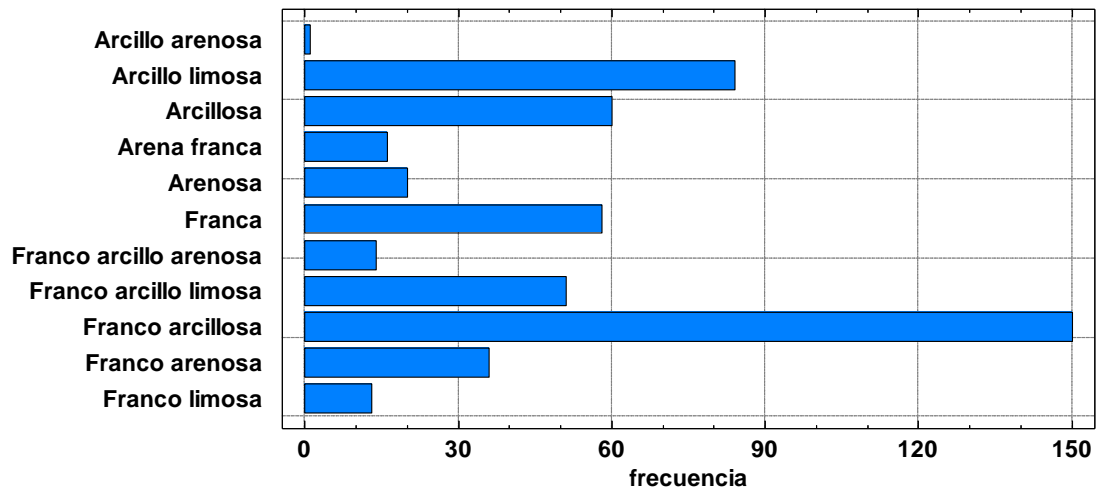


Figura 164: Diagrama de frecuencias para las clases texturales.

En profundidad los suelos siguen principalmente 4 tendencias claras: Aquellas muestras que en profundidad tienden hacia texturas más arenosas y que constituyen el 26% de los puntos muestreados (figura 165 a)), las que se mantienen en texturas medias y que constituyen el 57% (figura 165 b)), las que tienden a arcillosas en profundidad con un 6% y los suelos que presentan cambios texturales abruptos entre horizontes con un 11%.

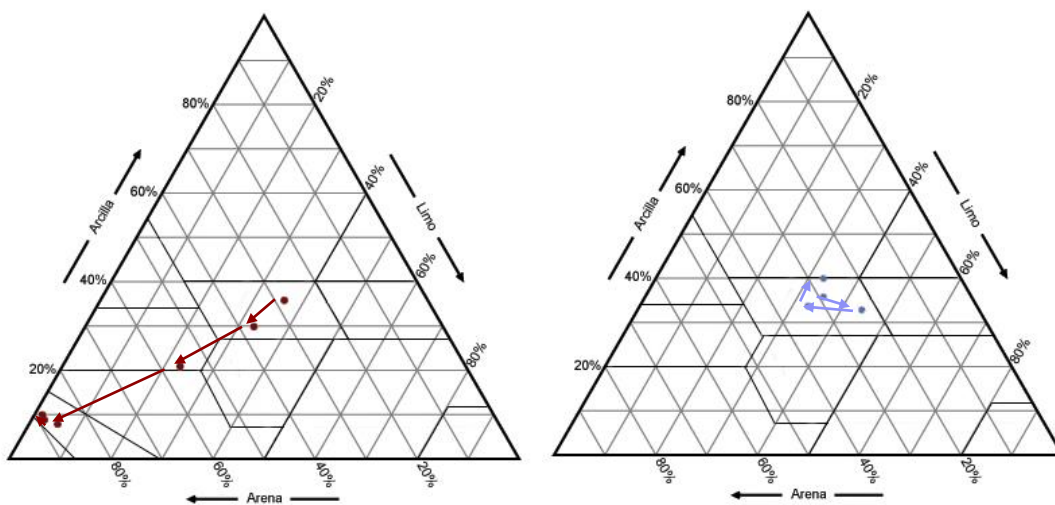


Figura 165: a) Suelos con tendencia en profundidad a muestras arenosas y b) Suelos con texturas francas en todo el perfil. (Las flechas indican la sucesión de horizontes desde la superficie).

Especialmente las tres fracciones al ser combinaciones lineales presentan una correlación cartográfica (Anejo X). No obstante si nos fijamos en la distribución espacial de la arcilla es significativo observar su tendencia de acumulación espacial. Aparece en dirección norte-sur, en los primeros 40 cm, un cordón central con un contenido en arcilla entre el 40-50% que se atenúa en profundidad. La coincidencia de que en la zona con mayores contenidos en arcilla sea donde se encuentra el principal cauce de aporte al lago (Barranco del Poyo) induce a pensar en una

distribución espacial basada en los aluviones que en tanto el barranco del Poyo, antes de su encauzamiento, o bien las acequias procedentes del Turia podrían haber producido. Los mayores contenidos en este sentido también de limo en dicha zona corroboran dicho efecto.

Por otro lado y de forma antagónica podemos identificar que la arena es la fracción predominante al este del Parque Natural, la cual aumenta en profundidad con una tendencia hacia el sur. Este resultado es lógico si tenemos en cuenta que está identificando la restinga como la zona más arenosa. Las muestras de suelo son más arenosas cerca de la restinga y la distribución granulométrica de dichas muestras presenta los siguientes valores obtenidos mediante tamizado (tabla 84). Destacar que la fracción arena media es la que mayores porcentajes presenta en la distribución de arenas en las muestras de suelos (figura 166). Por lo que respecta al valor de los elementos gruesos que se presenta a continuación, más del 50% de ellos están conformados por conchas de gran diámetro principalmente, en su mayoría rotas.

Tabla 84: Distribución textural en arenas de muestras de suelo (%).

Ref.	Elementos gruesos	Arena muy gruesa	Arena gruesa	Arena media	Arena fina	Arena muy fina
9006	7,23	13,58	15,12	58,98	3,24	0,93
9007	16,77	12,26	27,78	36,40	4,69	1,13
9008	26,54	25,48	24,93	19,53	1,81	1,02
9009	25,22	18,05	24,34	29,61	0,90	0,98
9011	12,99	7,46	17,55	51,08	9,87	0,59
9012	14,40	9,60	16,74	21,70	35,45	1,35
9013	7,00	4,03	6,83	65,28	15,49	0,60
9029	68,10	11,46	8,22	11,01	0,97	0,16
9033	18,48	8,14	7,93	58,51	6,07	0,65
9034	1,50	4,00	10,23	79,16	4,14	0,80
9035	0,97	1,87	15,40	73,79	5,89	1,25
9086	3,82	0,59	0,61	86,25	8,32	0,15

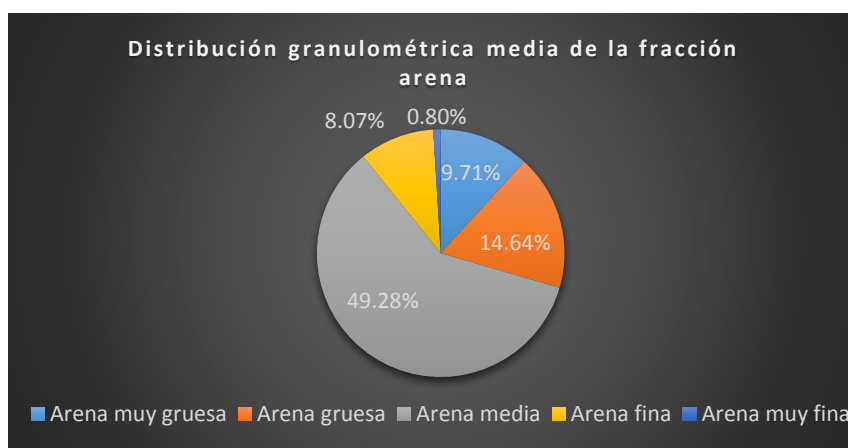


Figura 166: Distribución granulométrica media de la fracción arena.



Figura 167: División de la fracción arena (USDA).

4.4.4.- Materia orgánica

Los humedales se consideran sumideros de carbono debido a su capacidad de almacenamiento de este elemento principalmente por la acumulación de la materia orgánica. Las altas tasas de depósito de materia orgánica por la elevada facilidad de generar material vegetal en los humedales, además de la lenta descomposición debido a las condiciones anaerobias en las que se produce dicho proceso, favorece la acumulación de materia orgánica generando en muchos casos sobre el suelo la aparición de horizontes orgánicos.

La Albufera de Valencia como humedal cumple con su función de sumidero y acumula materia orgánica principalmente en aquellas zonas naturales inaccesibles para el hombre. El arrozal por el contrario también facilita la acumulación de materia orgánica. Hasta el año 2007, tras la cosecha del arroz el agricultor quemaba el rastrojo eliminando así plagas e incorporando elementos nutrientes en el suelo. Desde la prohibición de la quema los tallos de la planta de arroz que no han sido cortados en la recolección se dejan en el campo dando lugar a una descomposición lenta que provoca malos olores, y pérdida de calidad de las aguas al consumir oxígeno y producir la muerte de peces. No obstante, dicho rastrojo en su descomposición y posterior enterramiento con fangueado, es incorporado en el suelo mejorando su contenido en carbono orgánico y mejorando algunas de sus propiedades. La aparición de bolsas de materia orgánica en diferentes estados de descomposición es una constante en los primeros 20-30 cm de la superficie (figura 168).



Figura 168: Bolsa de materia orgánica en la superficie del suelo.

De este modo el Parque Natural acumula cíclicamente materia orgánica en el suelo dando lugar a valores muy dispersos que han sido obtenidos en los diferentes estudios sobre suelos realizados y que se deben posiblemente a la diferente época de toma de muestras. Belmonte (1999) registra valores de en torno a 1 y 3% en horizontes superficiales mientras que Martínez (2003) y Sánchez (2011) estipulan valores comprendidos entre el 2,5 y 7,2%. Por el contrario Boira (2012) obtiene valores desde 0 al 44,25% de materia orgánica. En este sentido Boira corrobora lo comentado en el párrafo anterior sobre la acumulación de materia orgánica en los sitios inaccesibles para el hombre, puesto que los valores superiores obtenidos en su estudio se refieren a las matas del parque. Estos valores son un buen indicador de la concentración de materia orgánica que acumula el humedal y servirán para comparar la acción del hombre mediante el cultivo del arroz en cuanto a la acumulación de este compuesto.

De los datos analizados en el presente estudio podemos decir que el valor medio de materia orgánica en el Parque es de 4,56%, considerándose un nivel óptimo para el cultivo del arroz. El valor máximo es de 15,51% en el horizonte V de la calicata 12 (horizonte genético H/O) y el mínimo se registra en el horizonte V de la calicata 18 con un valor de 0,015% (tabla 85).

Tabla 85: Estadísticos descriptivos de la variable materia orgánica en suelos (%).

Estadísticos	Materia orgánica
Media	4,56
Mediana	4,50
Desviación Estándar	2,31
Coefficiente de Variación (%)	50,7
Mínimo	0,01
Máximo	15,51
Coefficiente de asimetría	6,56
Curtosis estandarizada	8,18

Los valores obtenidos en las analíticas se encuentran dentro del rango normal de los obtenidos por otros autores en el Parque natural. La distribución espacial en superficie y en profundidad de la materia orgánica (Anejo X) nos refleja un aumento en profundidad. Mientras que en superficie todo el parque tiene el mismo comportamiento con niveles de materia orgánica entorno al 4-6%, en profundidad se detecta un aumento de ésta por la zona sur, más concretamente en los tancats del Campot y Pasiego alargándose hasta el municipio del Palmar, y en la zona norte se concentran entre el tancat de Pipa y Sardina y la zona del Saladar de Silla (tancats de Torreta estreta y Torreta ampla (nº 21 y 22)).

La acumulación en profundidad se ve reflejada con la presencia de horizontes orgánicos con material en proceso de descomposición que han sido enterrados y que se encuentran a lo largo del parque a una profundidad de 60-90 cm de la superficie. Los contenidos de materia orgánica de estos horizontes son superiores al 9% y presentan colores oscuros y materiales en descomposición mezclados generalmente con marga turbosa muy plástica y adhesiva.

El incremento de materia orgánica en profundidad es bastante habitual en los sondeos y calicatas muestreados (S.60, S.91, C.3), aunque también hay zonas donde en profundidad decrece (figuras 169 y 170). No obstante este comportamiento no es la habitual en el parque como hemos visto en la representación cartográfica del anejo X, puesto que el 70% de las muestras aumentan en profundidad su valor en superficie. Es en este sentido de los resultados encontrados no coinciden con los expuestos por Martínez (2003) que concluye que en el sector de la Acequia del Oro la materia orgánica se mantiene constante entre 20-30 cm y hay un aumento irregular de ésta tras la campaña de cultivo, además de disminuir su contenido en profundidad. Esta teoría es recogida por Sánchez (2011) quien en el tancat de Pipa concluye que la materia orgánica en los suelos se mantiene constante en los 10-20 cm pero en superficie disminuye achacando este hecho a la presencia de raíces que favorecen su descomposición. En este mismo sentido concluye que los niveles de materia orgánica en el tancat de Pipa se mantienen constantes y que los aportes procedentes de aguas de riego, aves así como el desarrollo vegetal compensan las pérdidas por el proceso de descomposición de la materia orgánica.

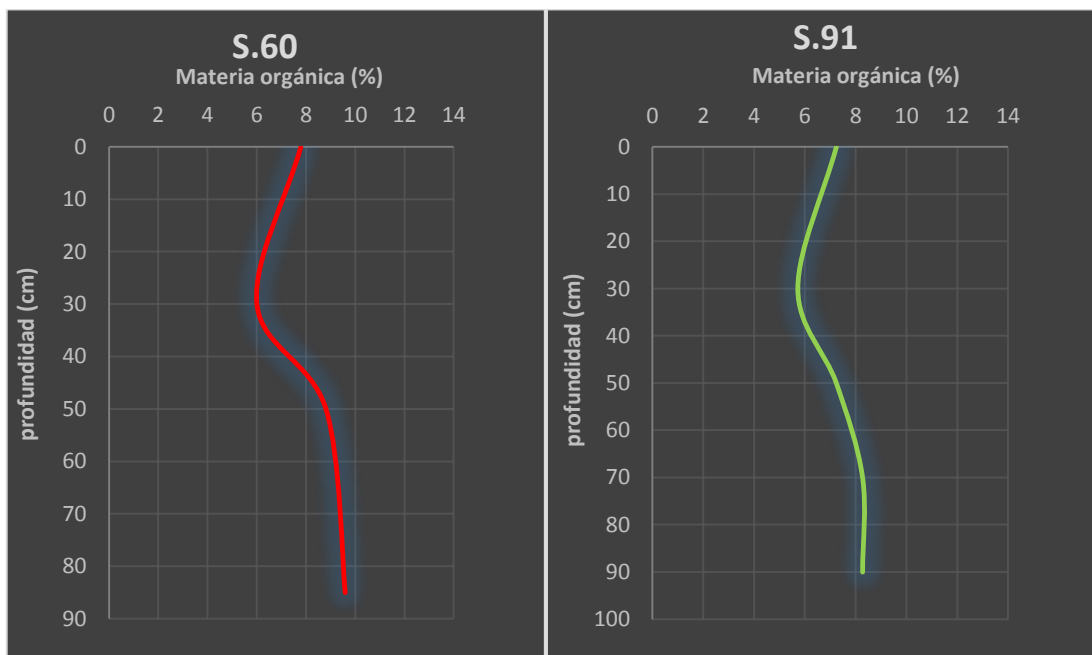


Figura 169: Variación de la materia orgánica en profundidad en diferentes sondeos.

Los resultados obtenidos en el presente estudio sí que coinciden con los autores anteriormente citados en referencia a los valores de materia orgánica alcanzados, pero no con la conclusión de que ésta disminuye de forma general en profundidad. Posiblemente el escaso muestreo realizado en ambos casos, pues sólo tomaron muestras superficiales y subsuperficiales ha conducido a este resultado que se contradice con el proceso natural de acumulación de materia orgánica en humedales y que queda refrendado en las matas por el estudio realizado por Boira (2012).

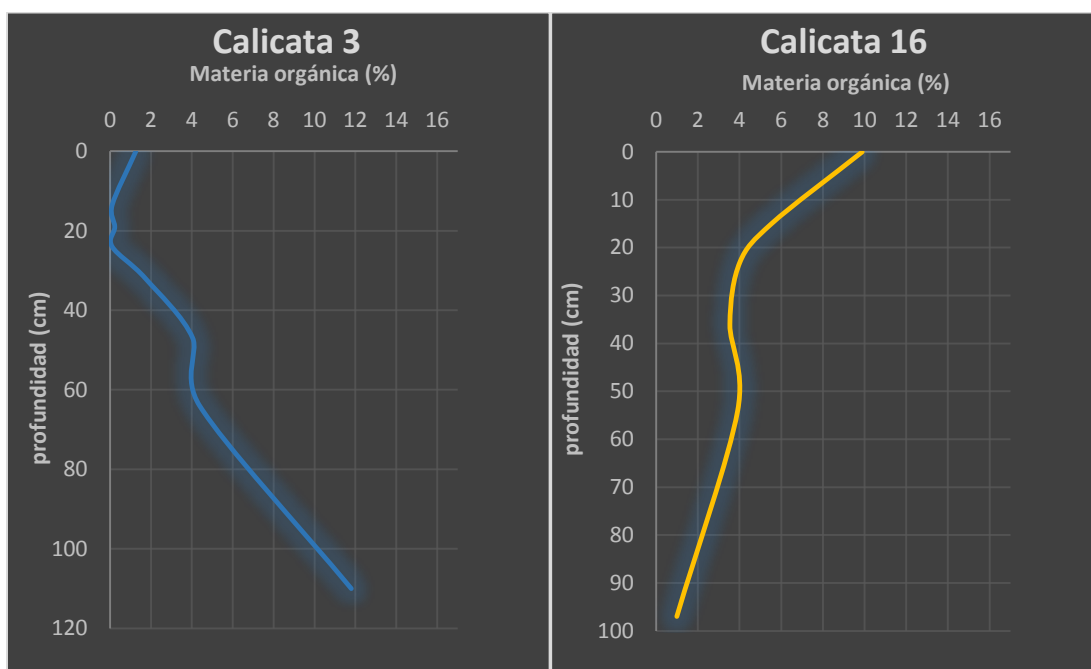


Figura 170: Variación de la materia orgánica en profundidad en diferentes perfiles de suelo.

4.4.5.- Salinidad

Un suelo es salino cuando tiene suficiente cantidad de sales para evitar el normal desarrollo de cualquier especie vegetal no adaptada al medio. De este modo y como se vio en el capítulo de antecedentes, un suelo se considera salino cuando su CE_e es superior a 4 dS/m. La medición de la salinidad de los suelos del Parque Natural se realizó mediante la CE del extracto de saturación al agua, aunque también se realizó en el laboratorio la prueba de salinidad de la $CE_{1:5}$ al agua cuyo método analítico es mucho menos costoso.

Los valores de CE_e y $CE_{1:5}$ registrados en los suelos muestreados presentaron valores estadísticos que se muestra en la tabla 86, donde destaca el valor medio de 7,56 dS/m en el extracto de saturación. Este dato ya es un indicador de la salinidad existente en las muestras analizadas.

Tabla 86: Estadísticos descriptivos de la variable salinidad en suelos (%).

Estadísticos	CE _e	CE _{1:5}
Media	7,56	1,65
Mediana	5,71	1,34
Desviación Estándar	6,04	1,21
Coefficiente de Variación (%)	79,88	73,72
Mínimo	1,03	0,1
Máximo	55,7	10,09
Coefficiente de asimetría	27,75	19,90
Curtosis estandarizada	60,65	34,71

El valor máximo de 55,7 dS/m se registró en el horizonte VII de la calicata 4, mientras que el valor mínimo se registró en horizonte III de la calicata 19. Por lo que respecta a la CE_{1:5} el valor medio es de 1,65 dS/m registrándose un valor máximo de 10,09 en el horizonte VII de la C.4 y un valor mínimo de 0,1 en el S.59 a 60 cm de la superficie.

A partir del dato medio de salinidad podemos decir que los suelos son de carácter salino, más concretamente el 79,5% de las muestras analizadas son salinas, siendo el 7% de estas fuertemente salinas (CE_e> 16 dS/m). El restante 20,5% se clasifica como no salino y puede ubicarse en los sondeos y calicatas con las cotas más altas (zona oeste) o en los primeros 20 cm de la superficie del suelo. Que la salinidad aumente en profundidad puede ser debido a dos causas principalmente: origen natural, es decir suelos desarrollados sobre materiales sálicos o bien por ascenso capilar y presencia de capa freática fluctuante con una elevada CE. Este es nuestro caso, puesto que los materiales sobre los que se desarrollan los suelos del parque provienen de zonas calcáreas que no presentan yesos o haluros que puedan ceder sales al meteorizarse. La existencia de una capa freática muy salina ha sido mostrada en apartados anteriores dando lugar a suelos completamente salinizados que permiten el cultivo del arroz porque este es moderadamente tolerante a la salinidad además de que la presencia de agua durante el cultivo desplaza y diluye las sales del suelo fuera del área radicular.

En general el 65% de los sondeos y calicatas presentan un aumento de la salinidad en profundidad (figura 171) como se puede ver en el anejo X donde se representa espacialmente en superficie y en profundidad la salinidad del suelo en la zona estudiada.

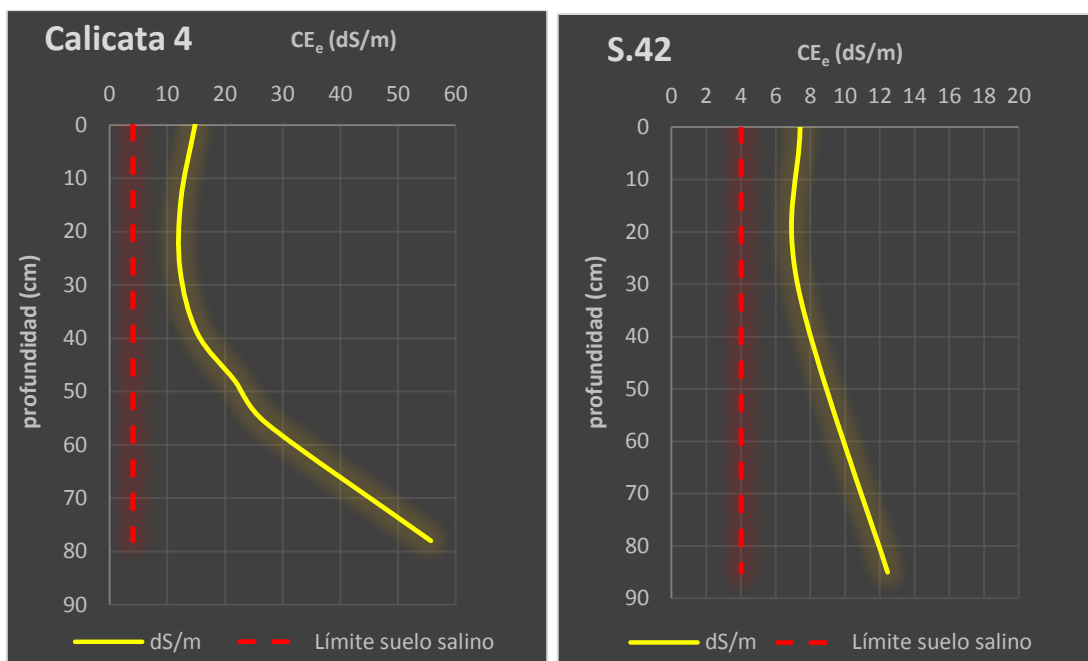


Figura 171: Evolución de la salinidad en profundidad en a) C.4 y b) S.42

La representación espacial refleja como la salinidad de los suelos se comporta prácticamente como la CE de la capa freática, presentando los valores más elevados de salinidad en las zonas cercanas al lago, mientras que las zonas de cotas superiores a 0 metros sobre el nivel del mar la salinidad se encuentra entre 2- 4 dS/m. Las principales zonas de salinidad se dan en la zona norte del lago (tancats de Pipa, Germanells y Pescadors) hasta el puerto de Silla junto al polideportivo del Saladar. Dicho nombre ya nos indica la existencia de una zona salada. La zona del Racó de L'Olla, donde se ubican históricamente las salinas que existieron en la Edad Media también presenta una salinidad severa que se acrecienta en profundidad. Por último en la zona sur, los tancats de Pasiego, Campots, Taüt, Abadejo y Tancat de les Rates junto a la pedanía de el Palmar delimitan las zonas de mayor salinidad.

Aunque se hayan resaltado únicamente dichas zonas, es preciso remarcar que prácticamente todo el parque se encuentra salinizado, siendo este fenómeno mucho mayor a 40-60 y 60-80 cm de profundidad. Peris *et al.* (1994) concluyen que la salinidad en el suelo de la plana cuaternaria tiene su origen en la presencia de agua freática, rica en sales. Aunque centran su estudio en la restinga, el proceso en la zona de marjal es el mismo.

Los datos de Martínez (2003) estipulan la salinidad del suelo entre 0,5 y 1,7 dS/m concluyendo que no presentan problemas de salinidad dado su bajo valor y su textura, mientras que Belmonte (1999) destaca un rango de salinidad entre 1,48 y 16,11 dS/m que varía en función de la época, destacando que en el periodo de preparación de los campos la salinidad asciende ligeramente. Este autor tras observar lo valores concluye que se debe de realizar un estudio más detallado del origen de la salinidad puesto que sus valores denotan un claro problema de salinidad

en la mayoría de los suelos dedicados al cultivo del arroz. También señala que la salinidad es mucho mayor en la zona norte que en la sur. Estos resultados expuestos por Belmonte son corroborados por los obtenidos en el presente estudio al indicar que la salinidad en la zona norte es mucho más elevada que en la zona sur, además de ofrecer un abanico de datos de salinidad que se asemejan más a los analizados en esta tesis. Los datos obtenidos por Martínez pueden tener la explicación que éste realizó un estudio de la zona superficial, siendo entre 0-20 cm la profundidad a la que menores CE_e hemos encontrado en este estudio.

Otro resultado significativo es el que muestran los gráficos de la figura 172 referentes al tancat de Milia donde al realizar la obra de ejecución del filtro (figura 173) rebajó la cota de la superficie del tancat para poder crear un desnivel por el que circular el agua por gravedad desde las parcelas altas a las bajas. Esta acción lo que ha hecho ha sido acercar a la superficie horizontes salinos que antaño estaban en profundidad con el consecuente problema para las plantas colonizadoras del filtro. Las actuaciones en la Albufera de Valencia al conocer ahora la evolución de la salinidad del suelo en profundidad deben ser cuidadosamente controladas puesto que si eliminamos los horizontes superficiales con menor salinidad podemos encontrar problemas de sales en el suelo en función de la finalidad del proyecto o producir un desplazamiento vegetal al colonizar dichos suelos plantas halófilas.

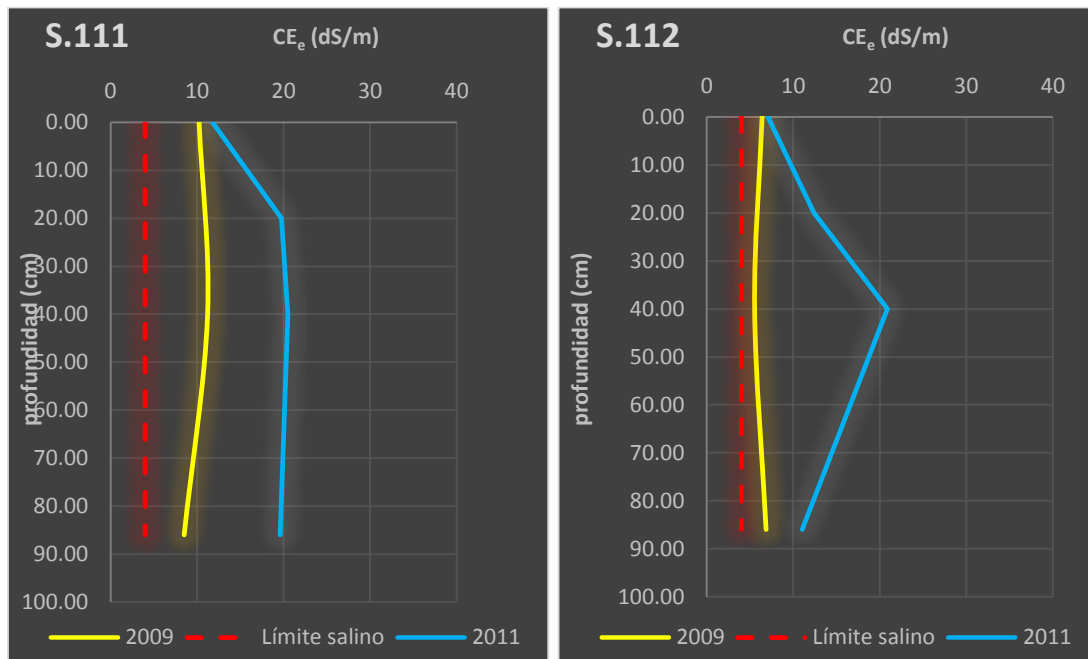


Figura 172: Salinidad en los S.111 y S.112



Figura 173: Inicios de transformación del tancat de Milia (volteo de horizonte superficial).

Por lo que respecta a la $CE_{1:5}$ la evolución espacial y en profundidad se asemeja a la CE_e (anexo X) destacando la misma tendencia recogida anteriormente (valores más elevados en la zona norte que en la sur que van creciendo en profundidad hasta llegar a valores de 5 y 6 dS/m en el tancat dels Germanells. El valor medio superior a 0,2 como afirma Belmonte (1999) debe ser controlado pues puede producir problemas de salinidad.

4.4.6.- Color

Respecto a los colores registrados en los suelos de la Albufera de Valencia y que son necesarios para el reconocimiento en campo de los procesos de óxido-reducción, así como el moteado, se presentan resumidos en la siguiente tabla donde se recogen los principales colores de la matriz del suelo tanto en seco como en húmedo.

Tabla 87: Colores predominantes en los suelos del Parque Natural de la Albufera de Valencia

Orden	Seco	Orden	Húmedo
1	10YR 6/2	1	10YR 5/3
2	10YR 6/3	2	2.5Y 5/2
3	2.5Y 6/2	3	10YR 5/2
4	10YR 6/1	4	10YR 4/2
5	2.5Y 5/2	5	2.5Y 5/4

Los colores que podemos observar son una combinación de colores grisáceos y marrones con bajos cromas. Las matrices reducidas son completamente grises (figura 174 a)) y además también encontramos coloraciones rojizas y grisáceas en las zonas de óxido-reducción (figura 174 b)).



Figura 174: a) Matriz reducida con restos vegetales y b) agregado de suelo con procesos de óxido-reducción.

4.4.7.- Resto de parámetros analíticos en calicatas

Con el objetivo de clasificar los suelos se abrieron 19 calicatas a lo largo del parque y se realizaron una serie de análisis complementarios, a parte de los anteriormente comentados, para definir las características de los suelos hídricos a clasificar.

Los parámetros analizados fueron: humedad a saturación (%), moteado, cationes principales (calcio, magnesio sodio, potasio) y aniones principales (cloruro, bicarbonato, carbonato y sulfato) para con los valores obtenidos calcular el factor n y el RAS.

Los estadísticos de todo el conjunto de muestras se adjuntan en las tablas 88 y 89. De todos ellos nos centraremos en el valor n, el RAS y la humedad de saturación.

Tabla 88: Estadísticos descriptivos de las variables sodio, potasio, calcio, magnesio, sulfato, cloruro y bicarbonato (meq/l) en suelos.

Estadísticos	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Sulfato	Cloruro	Bicarbonato
Media	46,23	1,32	28,18	17,92	38,46	54,37	0,93
Mediana	24,97	1,12	23,08	12,56	36,24	32,61	0,98
Desviación Estándar	71,04	1,07	20,87	21,30	26,37	89,17	0,36
Coefficiente de Variación (%)	1,54	0,81	0,74	1,19	0,69	1,64	0,38
Mínimo	1,90	0,01	1,38	0,98	1,88	1,69	0,20
Máximo	468,74	6	102	143,8	120,01	608,45	1,96
Coefficiente de asimetría	18,35	7,79	5,89	17,8	4,2	20,42	2,02
Curtosis Estandarizada	48,16	11,58	4,55	46,84	1,97	57,90	0,65

Tabla 89: Estadísticos descriptivos de la humedad de saturación, valor n y RAS en suelos.

Estadísticos	Humedad de saturación (%)	valor n	RAS
Media	54,33	0,91	8,55
Mediana	40,79	0,58	5,47
Desviación Estándar	64,74	1,15	8,21
Coefficiente de Variación (%)	1,19	1,26	0,96
Mínimo	0,01	0,01	1,08
Máximo	405,58	6,41	45,23
Coefficiente de asimetría	17,96	14,73	9,74
Curtosis Estandarizada	42,56	28,03	14,10

A modo general todas las muestras presentan una distribución no normal con coeficientes de asimetría positivos y elevados que reflejan una distribución en la que los valores medios son mayores a los de la mediana para cada variable excepto en el bicarbonato.

Los cationes y aniones principales analizados presentan valores medios cuyos valores se ajustan al rango de datos obtenidos por Belmonte (1999). La concentración más elevada es de cloruros con un valor máximo de 608,4 meq/l. Boira (2012) determinó una muestra de suelo con una concentración de 524,20 meq/l de cloruro para una conductividad eléctrica del extracto de 63,60 dS/m. En nuestro caso, el valor máximo de cloruro y de sodio se da en la muestra cuya CE_e es de 55,7 dS/m, por lo que el dato aunque elevado está en consonancia con lo obtenido por dicho investigador.

Por lo que respecta a la humedad de saturación, es de destacar los elevados valores de humedad que se han registrado como máximo. Dicha muestra con una humedad a saturación de 405,58% es un horizonte orgánico compuesto por restos de *Typha* y otras especies vegetales en descomposición. Estas muestras presentan una gran capacidad de retención de agua y se localizan a profundidades de entre 60 y 80 cm de profundidad. De este modo el valor medio de las muestras en cuanto a la capacidad de almacenar agua es del 54% lo que nos define que el suelo presenta una porosidad elevada.

El valor n es un parámetro calculado en función del porcentaje de agua en el suelo a capacidad de campo, de los diferentes valores de fracciones granulométricas y la materia orgánica que nos indica la fluidez o consistencia de una muestra de suelo. Es un parámetro que la *Soil Taxonomy* utiliza para clasificar suelos a nivel de Gran Grupo y nos indica el grado de subsidencia de un material al ser drenado o secado. En el caso de la Albufera de Valencia el valor medio nos indica que las muestras de suelo presentan una consistencia bastante firme y sin riesgo de subsidencia. De este modo del total de muestras analizadas, el 77,3% no presentan ningún riesgo de subsidencia, destacando que el 7,1% presentan un riesgo alto. Estos casos se dan en aquellos

horizontes del suelo con un alto contenido en materia orgánica que son capaces de almacenar gran cantidad de agua (con humedades de saturación por encima del 100% de su peso seco).

Tabla 90: Clasificación del riesgo de subsidencia.

Valor n	Porcentaje	Riesgo de subsidencia
<0,7	61,7	Nulo
0,7<n<1,0	15,6	Nulo
1,0<n<1,4	10,7	Ligero
1,4<n<2,0	4,9	Moderado
>2,0	7,1	Alto

Por último el RAS es un parámetro utilizado para estipular el riesgo de sodificación del suelo. Valores superiores a 13 presentan un riesgo elevado. De este modo, del total de muestras analizadas el 30% presentan valores por encima de 13 y pueden existir problemas por sodificación del suelo. Si combinamos los valores de salinidad y RAS podemos clasificar las muestras en (tabla 91):

Tabla 91: clasificación en función de CE_e y RAS.

	$CE_e < 4 \text{ dS/m}$	$CE_e > 4 \text{ dS/m}$
RAS < 13	Normal: 20%	Salinos: 52,7%
RAS > 13	Sódicos: 0%	Salino-sódicos: 27%

La mayoría de muestras de suelos son salinas, mientras que sólo un 20 % no presentan problemas ni de salinidad ni de sodicidad. Por el contrario el 27% de las muestras de suelos son salino-sódicas siendo las que mayor problemática presentan en cuanto a la calidad del recurso suelo.

Por último, durante el proceso analítico nos dimos cuenta en algunas muestras de suelo tras aplicar agitación en la prueba de $pH_{1:2,5}$, las partículas de suelo sufrían una imantación dando lugar a partículas de suelo magnetizadas (figura 175).



Figura 175: Partículas de suelo imantadas.

La idea de que el hierro tras los procesos de oxidación-reducción fuera el causante de dicho fenómeno indujo a su análisis. Los óxidos de hierro son los óxidos metálicos más abundantes en el suelo asociados a las arcillas principalmente y que con su gama de colores facilita la identificación de los horizontes o sus procesos pedogenéticos (Acevedo-Sandoval *et al.*, 2004; Schwertman y Taylor, 1989; Varadachari *et al.*, 2006). Los resultados muestran que en la mayoría de los sondeos y calicatas analizados el hierro es prácticamente inapreciable (valores inferiores al 1%) mientras que en 3 sondeos específicamente se observa un alto valor (14%) que desciende en profundidad como se observa en la figura 176. Bodek *et al.* (1988) definen que el contenido normal del hierro en el suelo varía de 0,5 al 5%, siendo en nuestro caso muy superior en los tres sondeos analizados.

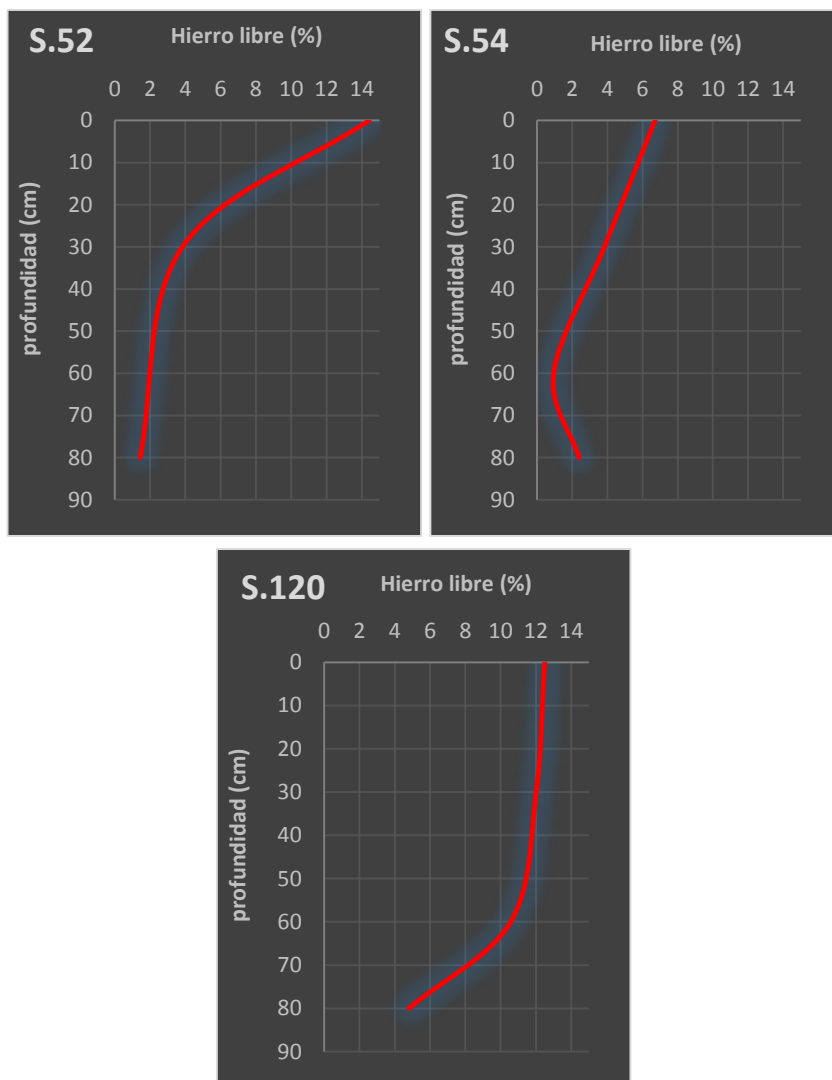


Figura 176: Variación del contenido en hierro libre (%) en S.52, S.54 y S.120.

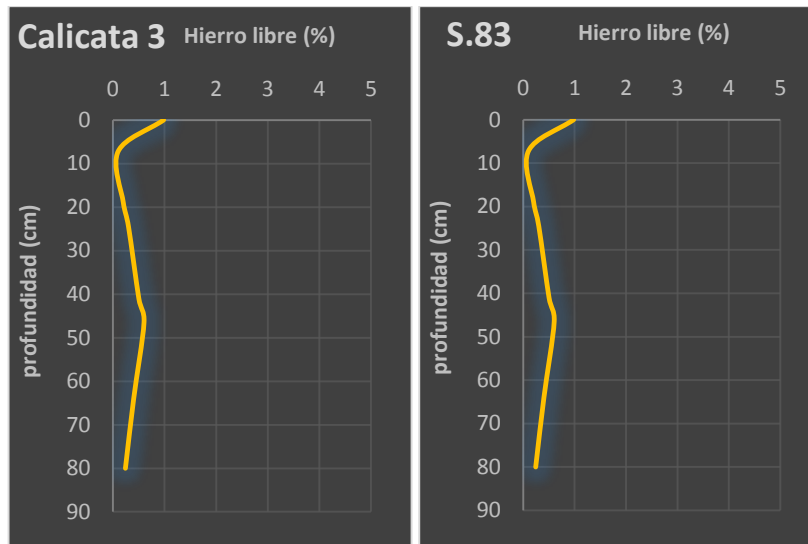


Figura 177: Variación del contenido en hierro libre (%) en calicata 3 y S.83.

4.4.8.- Correlaciones entre variables

Debido al elevado volumen de datos analíticos en el análisis de suelos se realizó un análisis de componentes principales con el objetivo de reducir las variables a relacionar. Así pues de las 23 variables introducidas en el estudio, las combinaciones lineales que explicaban el 92% de la variabilidad en los datos se agrupaba en 6 componentes cuyas principales características fueron:

Tabla 92: Resultados de componentes principales.

Componente	Variables combinadas
Variable salinidad	CE _e , CE 1:5, cationes y aniones principales
Salinidad espacial	CE _e y distancia al lago y cota
Variable textural	Fracciones de limo, arcilla y arena
Factor subsidencia	Humedad a saturación y valor n
Carácter carbonatado	Carbonatos, bicarbonatos y calcio
Textura y materia orgánica	Fracción limo y materia orgánica

Tras comprobar la agrupación de los principales factores en componentes principales se pasó a calcular mediante una correlación bivariada el grado de influencia de dichas variables mediante el coeficiente Rho de Spearman. Para ello el tratamiento de datos se separó en dos: una correlación bivariada para el conjunto de muestras, y otra para los datos analizados en las calicatas (tablas 93 y 94).

Tabla 93: Correlaciones bivariadas del conjunto de muestras de suelo.

		CE _e	pH _e	CE _{1:5}	pH _{1:2.5}	M. orgánica	Carbonatos	F. Arena	F. Limo	F. Arcilla
CE _e	ρ	1	-0,20	0,80	-0,26	0,31	0,01	0,00	0,21	-0,13
	Sig		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,87	1,00	<0,01	<0,01
pH _e	ρ		1,00	-0,16	0,19	-0,02	0,05	0,24	0,14	-0,23
	Sig			<0,01	<0,01	0,71	0,27	<0,01	<0,01	<0,01
CE _{1:5}	ρ			1,00	-0,45	0,52	0,07	-0,02	0,30	-0,15
	Sig				<0,01	<0,01	0,14	0,67	<0,01	<0,01
pH _{1:2.5}	ρ				1,00	-0,46	-0,05	0,04	-0,21	0,09
	Sig					<0,01	0,27	0,32	<0,01	0,03
M. orgánica	ρ					1,00	0,13	0,09	0,54	-0,29
	Sig						<0,01	0,05	<0,01	<0,01
Carbonatos	ρ						1,00	0,10	0,16	-0,15
	Sig							0,02	<0,01	<0,01
F. Arena	ρ							1,00	0,30	-0,84
	Sig								<0,01	<0,01
F. Limo	ρ								1,00	-0,71
	Sig									<0,01
F. Arcilla	ρ									1,00
	Sig									

Valores en negrita= estadísticamente significativos al 95 y 99%; y ρ = coeficiente de Spearman.

De los datos de correlación se extrae que la fracción arcilla tiene una relación estadísticamente significativa con el resto de variables a un nivel de confianza del 99% (excepto con el pH_{1:2.5} que presenta un nivel de confianza del 95%). El coeficiente Rho de Spearman más alto lo registra la fracción arena y arcilla con un valor negativo. Si exceptuamos este dato al ser estas variables una combinación lineal de la fracción textural (arena, arcilla y limo), la relación más fuerte es la que encontramos entre la CE_e y la CE_{1:5} con un valor de 0,80. Así pues a mayor CE_e mayor es la CE_{1:5}. El resto de correlaciones presentan coeficientes muy bajos indicando que sí son significativos pero con una relación muy débil entre variables.

Tabla 94: Correlaciones bivariadas de los datos analíticos del extracto de saturación en las calicatas.

		CE _e	RAS	Sodio (meq/l)	Potasio (meq/l)	Calcio (meq/l)	Magnesio (meq/l)	Cloruro (meq/l)	Sulfato (meq/l)	Bicarbonato (meq/l)
CE _e	ρ	1	0,85	0,94	0,71	0,63	0,78	0,69	0,92	0,17
	Sig		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,08
pH _e	ρ		1	0,96	0,71	0,33	0,58	0,4	0,91	0,02
	Sig			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,8
Sodio (meq/l)	ρ			1	0,72	0,52	0,69	0,58	0,97	0,09
	Sig				<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,35
Potasio (meq/l)	ρ				1	0,37	0,62	0,49	0,67	0
	Sig					<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,99
Calcio (meq/l)	ρ					1	0,53	0,86	0,58	0,15
	Sig						<0,01	<0,01	<0,01	0,12
Magnesio (meq/l)	ρ						1	0,73	0,67	0,14
	Sig							<0,01	<0,01	0,17
Sulfato (meq/l)	ρ							1	0,55	0,22
	Sig								<0,01	0,02
Cloruro (meq/l)	ρ								1	0,08
	Sig									0,44
Bicarbonato (meq/l)	ρ									1
	Sig									

Valores en negrita= estadísticamente significativos al 95 y 99%; y ρ = coeficiente de Spearman.

Por lo que respecta a la correlación de los cationes y aniones del extracto de saturación con la CE_e y el RAS, se puede observar que la significancia a un nivel de confianza superior al 99% se da con todas las variables, excepto con los bicarbonatos. Los valores de correlación son bastante fuertes CE_e-Cl⁻= 0,94; CE_e-SO₄⁻²= 0,92; Na⁺- SO₄⁻²=0,97, por lo que hay una interrelación entre variables.

El ajuste de la salinidad de un suelo mediante la CE en función del ratio agua:suelo está claramente demostrado como se vio en el capítulo de antecedentes. Tras aplicar la regresión lineal a nuestros datos obtuvimos un coeficiente de correlación del 0,80 según Spearman y un coeficiente de determinación del 76,67% (figura 178).

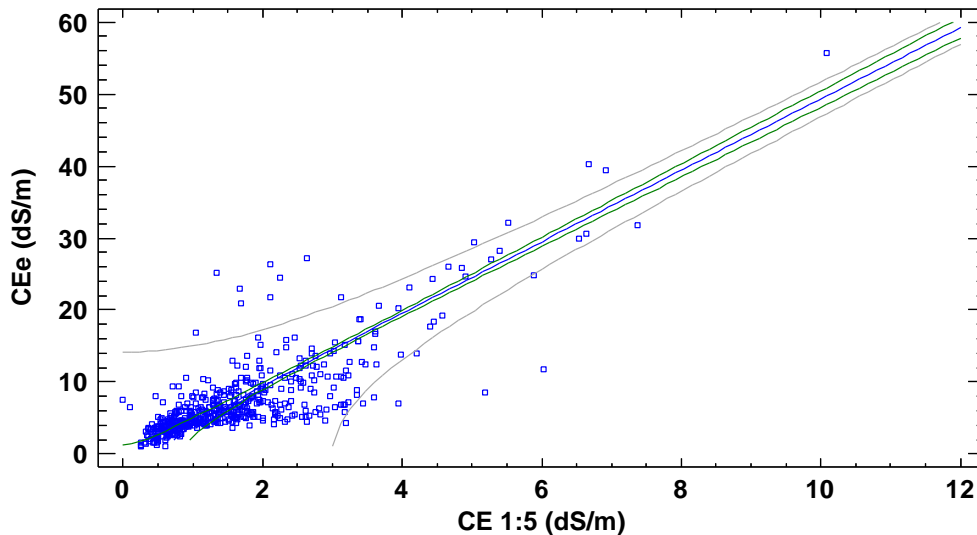


Figura 178: Ajuste de regresión por modelo doble cuadrado.

La recta de regresión calculada mediante el modelo doble cuadrado frente al ajuste lineal presentaba una mejora del 9% en el coeficiente de determinación (85,67%).

$$CE_e(dS/m) = \sqrt{-8,8478 + 24,3985 \times (CE_{1:5})^2}$$

He *et al.* (2012) separa en el cálculo de esta correlación los datos en dos grupos, uno por debajo de 4 dS/m y otro por encima. La principal conclusión de esta separación es que es peor el ajuste de las muestras no salinas que el de las muestras salinas, cosa que también ocurre en nuestro caso, donde el R^2 ajustado para el caso de muestras no salinas es de 44,5% y por el contrario con valores de CE_e mayor a 4 el coeficiente de determinación es del 63%. El resto de ecuaciones en función de los cationes y aniones respecto al CE_e son:

$$CE_e(dS/m) = 4,3963 + 0,089548 \times Cl^- (meq/l) \text{ con } R^2= 93\%$$

$$CE_e(dS/m) = 0,935547 + 0,21717 \times SO_4^{-2} (meq/l) \text{ con } R^2= 46\%$$

$$CE_e(dS/m) = 2,79525 + 0,362306 \times Mg^{+2} (meq/l) \text{ con } R^2= 86\%$$

$$CE_e(dS/m) = 2,01742 + 0,257945 \times Ca^{+2} (meq/l) \text{ con } R^2= 42\%$$

$$CE_e(dS/m) = 0,506946 + 6,67131 \times K^+ (meq/l) \text{ con } R^2= 74\%$$

$$CE_e(dS/m) = 4,00202 + 0,114332 \times Na^+ (meq/l) \text{ con } R^2= 95\%$$

Es destacable la alta correlación entre valores reales y calculados de los cloruros, el magnesio, el potasio, el cloro y la CE_e .

4.4.9.- Influencia de las variables físicas en la CE_e y la materia orgánica.

Por último y tras observar la correlación existente entre CE_e y la materia orgánica con las variables físicas distancia al lago, distancia a la costa y cota se realizó un estudio comparativo de los datos cada 20 cm de profundidad mediante los test de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney.

Respecto a la Conductividad Eléctrica del extracto se observa que la cota es estadísticamente significativa a un nivel del 99% a todas las profundidades de estudio (tabla 95). La distancia a la costa presentan una significancia en todas las profundidades y la distancia al lago únicamente presenta diferencias significativas en los primeros 40 cm (anejo X).

Tabla 95: Estadísticos de contraste para la CE_e y los factores físicos según el test Kruskal –Wallis.

Profundidad	Estadísticos	Distancia al lago	Distancia a la costa	cota
0-20	Chi-cuadrado	7,00	6,72	20,87
	Sig. asintót.	0,03	0,03	<0,01
20-40	Chi-cuadrado	14,68	10,72	46,72
	Sig. asintót.	<0,01	<0,01	<0,01
40-60	Chi-cuadrado	5,61	12,61	33,52
	Sig. asintót.	0,06	<0,01	<0,01
60-80	Chi-cuadrado	4,45	6,89	21,84
	Sig. asintót.	0,11	0,03	<0,01

Mediante el test de Mann-Whitney para la variable CE_e y el factor distancia al lago pudimos comprobar para cada profundidad muestreada que las distancias al lago presentaban significancia. En la zona superficial (0-20) la CE_e era significativa entre las muestras de menos de 1Km (código 1) y las situadas a más de 3 Km (código 3), así como entre las de menos de 1 Km frente a 1 y 3 km (código 2) (figura 179).

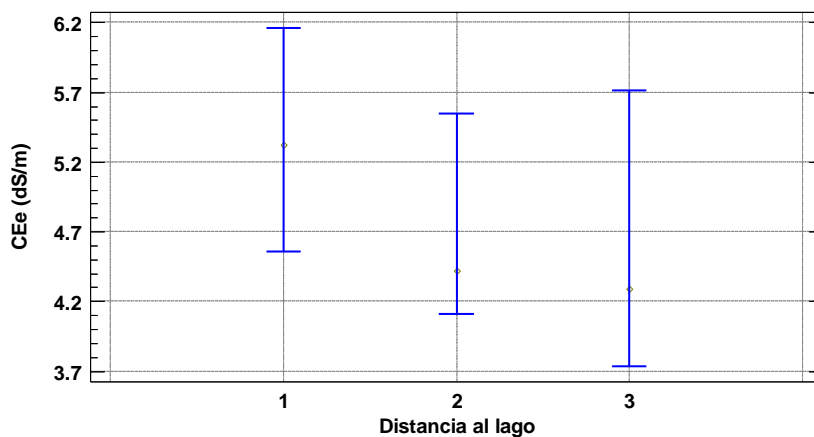


Figura 179: Gráfico de comparación de medianas para el factor distancia al lago y la CE_e a la profundidad de 0-20 cm.

Por lo que respecta a la profundidad 20-40 todos los grupos de sondeos presentan diferencias significativas entre ellas. Es a esta profundidad cuando el aumento de la salinidad es más acusado y gradual desde el lago hacia la periferia del parque. La mezcla de aguas superficiales y freáticas en la zona superficial es la que ha podido atenuar la salinidad en los primeros centímetros del suelo, comenzando a aumentar gradualmente en profundidad desde los 20-40 cm. Es por esta razón que la distancia al lago pasa a no ser significativa en las profundidades de 40-60 y 60-80. El aumento de la salinidad espacial hacia la periferia en todo el parque provoca la homogeneización y por lo tanto que los valores de salinidad del suelo se asemejen. Estos resultados confirman los establecidos anteriormente en referencia al aumento de la salinidad del suelo en profundidad. Del mismo modo en todos los tramos la mayor salinidad se encuentra en la zona inferior a 1Km y el menor valor medio de salinidad en la zona más alejada.

Por otro lado y en referencia a la distancia a la costa, la CE_e se comporta de forma muy dispar. Aunque el estudio directo nos ofrece diferencias significativas, al estudiar uno a uno los niveles para cada profundidad hemos observado que la zona intermedia (3 a 6 km) presenta los mayores valores de CE_e siendo estadísticamente significativa, en todas las profundidades, con la zona más alejada de la costa (código 3). Esta zona presenta los menores valores de salinidad. Respecto a la interacción entre 1 y 2 destacar que no se han encontrado diferencias significativas entre ambas (figura 180).

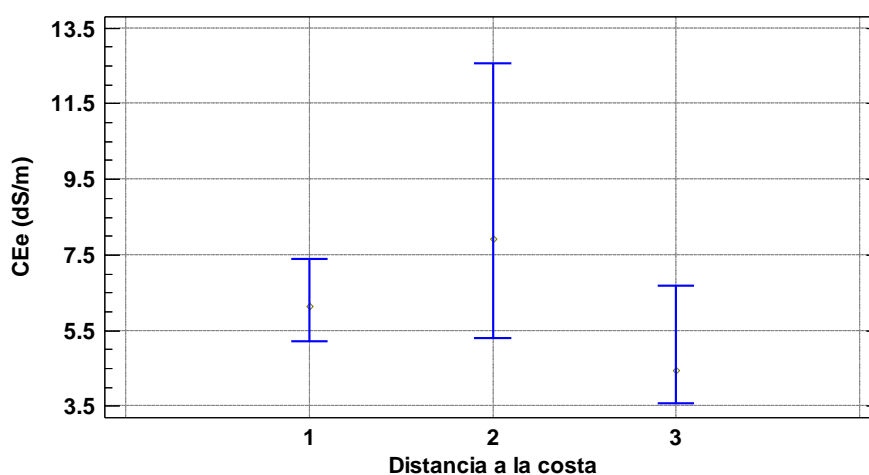


Figura 180: Gráfico de comparación de medianas para el factor distancia a la costa y la CE_e a la profundidad de 40-60 cm.

Por último la CE_e es estadísticamente significativa a un nivel de confianza mayor del 99% respecto a la cota del terreno. Así pues al igual que en el caso de las aguas, a mayor cota, menor es la salinidad, mientras que los puntos muestreados con una cota inferior a -0,5 son los que mayor contenido en sales presentan (figura 181).

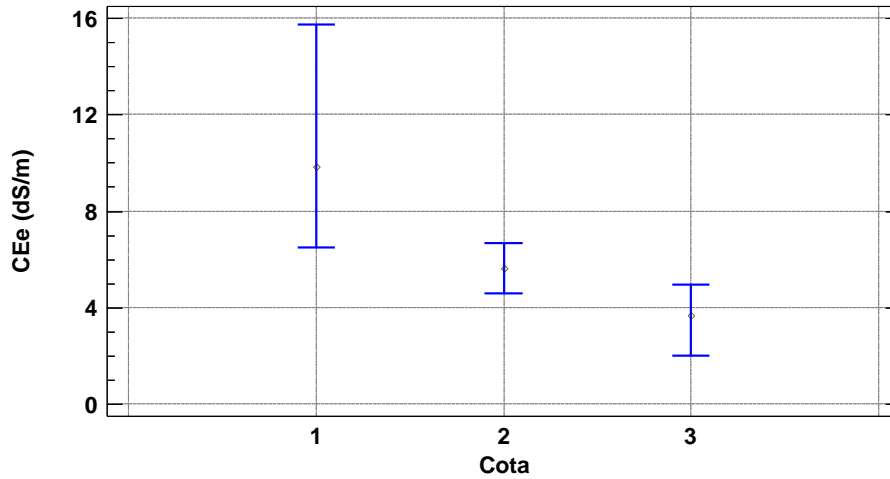


Figura 181: Gráfico de comparación de medianas para el factor cota y la CE_e a la profundidad de 40-60 cm.

La diferencia entre los valores encontrados en los tancats y los de zonas superiores oscila en función de la profundidad del suelo siendo de 3,5 dS/m (entre 0-20) y de 12 dS/m entre 60-80 cm.

El último parámetro a relacionar con las variables físicas es la materia orgánica. El test de Kruskal-Wallis mostró que la materia orgánica presenta valores estadísticamente significativos de forma irregular para cada profundidad, siendo no significativos para ninguna variable física a la profundidad de 60-80 cm (tabla 96).

Tabla 96: Estadísticos de contraste para la materia orgánica y los factores físicos según el test Kruskal –Wallis.

Profundidad	Estadísticos	Distancia al lago	Distancia a la costa	cota
0-20	Chi-cuadrado	3,72	6,81	2,17
	Sig. asintót.	0,16	0,03	0,15
20-40	Chi-cuadrado	0,15	10,98	3,11
	Sig. asintót.	<0,01	<0,01	0,21
40-60	Chi-cuadrado	7,09	19,86	10,63
	Sig. asintót.	0,03	0,00	0,00
60-80	Chi-cuadrado	0,97	3,78	5,14
	Sig. asintót.	0,62	0,15	0,08

Que la materia orgánica presente diferencias significativas en cuanto a la variable física distancia a la costa únicamente puede relacionarse con los aportes aluviales, puesto que tras el periodo de cultivo se da la mayor acumulación de materia orgánica.

Por otro lado la cota y la distancia aunque no hayan sido estadísticamente significativas, muestran la misma tendencia en cuanto a la acumulación de materia orgánica en las muestras de suelo, puesto que los valores son más elevados en las zonas más cercanas al lago o con menor cota (tancats) que en las zonas altas.

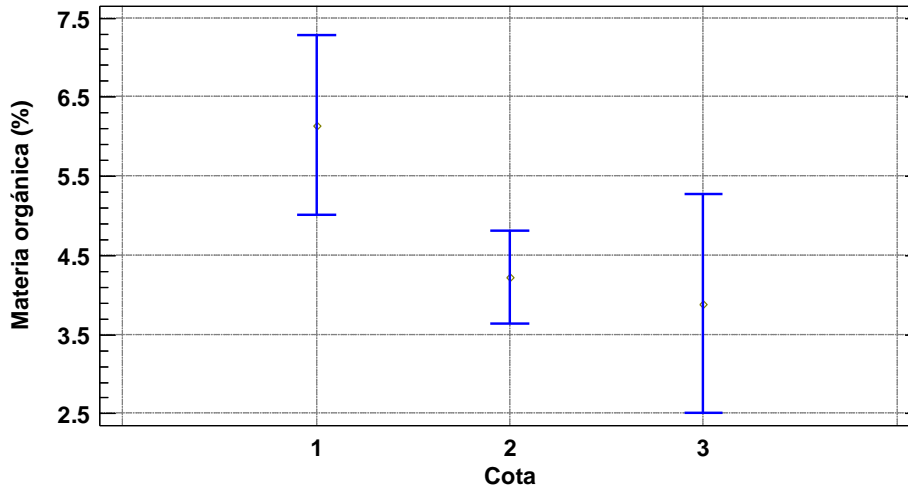


Figura 182: Gráfico de comparación de medianas para el factor cota y la materia orgánica a la profundidad de 60-80 cm.

4.4.10.- Clasificación taxonómica de los suelos

La clasificación Taxonómica de las calicatas realizadas en el presente estudio se basa en las directrices del sistema de clasificación americano *Soil Taxonomy*, el cual está en continuo proceso de cambio. Hasta la pasada revisión no se tuvo en cuenta los suelos sumergidos, clasificados actualmente como *Wassent* o *Wassist* en base a una serie de características que a continuación discutiremos.

La necesidad de los edafólogos chinos por clasificar los suelos de arrozal obligó a desarrollar una clasificación basada en las condiciones hidrológicas (Moorman, 1981). Su desarrollo ha dado lugar a la creación o adecuación de varios horizontes de diagnóstico superficiales y subsuperficiales que se usan para clasificar los suelos de arrozal. Del mismo modo la World Reference Base ha introducido el horizonte antrácuico y el hidrágrico, similares a los creados en la clasificación china, para encuadrar los suelos bajo cultivo del arroz (Hernández y Moreno, 2010). Por el contrario el USDA aún no ha definido en la *Soil Taxonomy* algún horizonte o característica de diagnóstico (exceptuando el régimen ácuico) para incluir los campos cultivados de arroz que sufren procesos formadores del suelo inducidos por el principal agente que marca el ciclo del cultivo: el agua.

Desde el punto de vista de la descripción de perfiles y análisis de los suelos se ha seguido las directrices del USDA, tanto en la identificación de los suelos hídricos como en las analíticas. En este sentido del total de muestras analizadas por el método de Walkley-Black aquellas cuyo contenido en carbón orgánico fue superior a 8 se volvieron a analizar en mufla (según estipula el USDA), para su posterior clasificación y para la identificación de materiales orgánicos. De este modo únicamente 15 muestras cumplieron las condiciones para ser clasificado como material orgánico (figura 183).

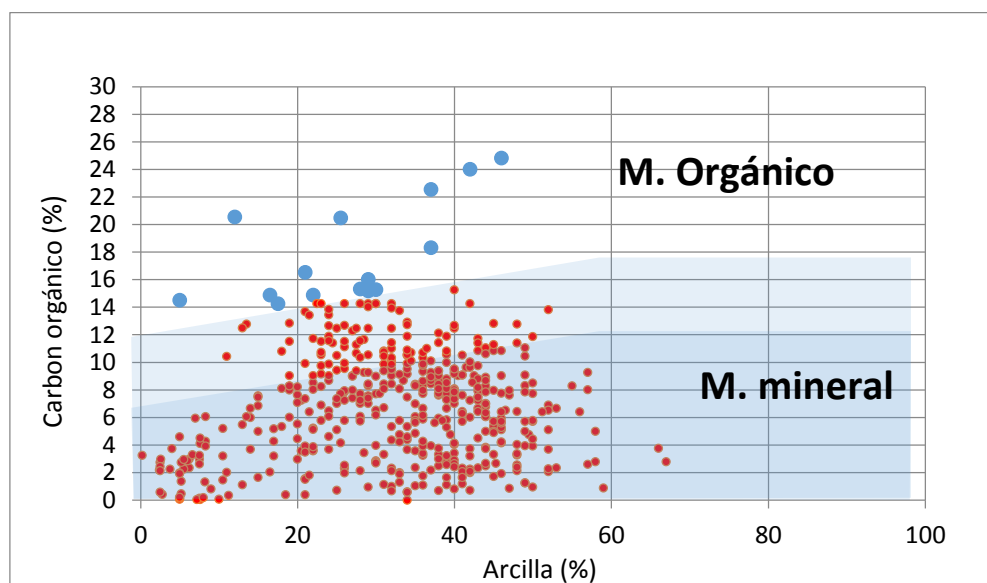


Figura 183: Clasificación de muestras en base a su origen mineral u orgánico.

Estas 15 muestras fueron posteriormente tratadas para saber su clasificación en función del grado de fibra siendo clasificadas como hemist. A su vez se calculó mediante el método Newhall (Newhall, 1976) el régimen de humedad de la zona, determinándose como xérico, así como el régimen de temperatura que se estableció como térmico.

Con todos estos parámetros más los análisis realizados y que se encuentran disponibles en el Anejo XI, pasamos a clasificar las calicatas abiertas en el marjal de la Albufera de Valencia cuyas fichas de descripción de perfil se encuentran en el Anejo XII.

De las 19 calicatas abiertas se reconoció el régimen ácuico en todas excepto en 2 situadas en la zona perimetral del parque donde no se cultiva arroz si no herbáceas y cítricos. La capa freática en las 17 restantes fue registrada y analizada dando valores de CE comprendidos entre 2,85 y 6,84 dS/m.

Desde el punto de vista edafológico, aunque los suelos presentan el mismo perfil: Ap1, Ap2, C1, C2, C3, (Figura 184) presentan dos orígenes totalmente distintos desde el punto de vista morfométrico, puesto que mientras los situados en las zonas altas e intermedias se componen de aluviones de material aportados de forma natural por los cauces principales, en la zona de los tancats encontramos un perfil de suelo creado por el hombre a base de aportes de tierra en el proceso de aterramiento del lago. En este sentido las características del suelo presentan algunas diferencias derivadas de dicho proceso de antropización y que se identificaron mediante los horizontes genéticos en el proceso de descripción del perfil (FAO, 2009).

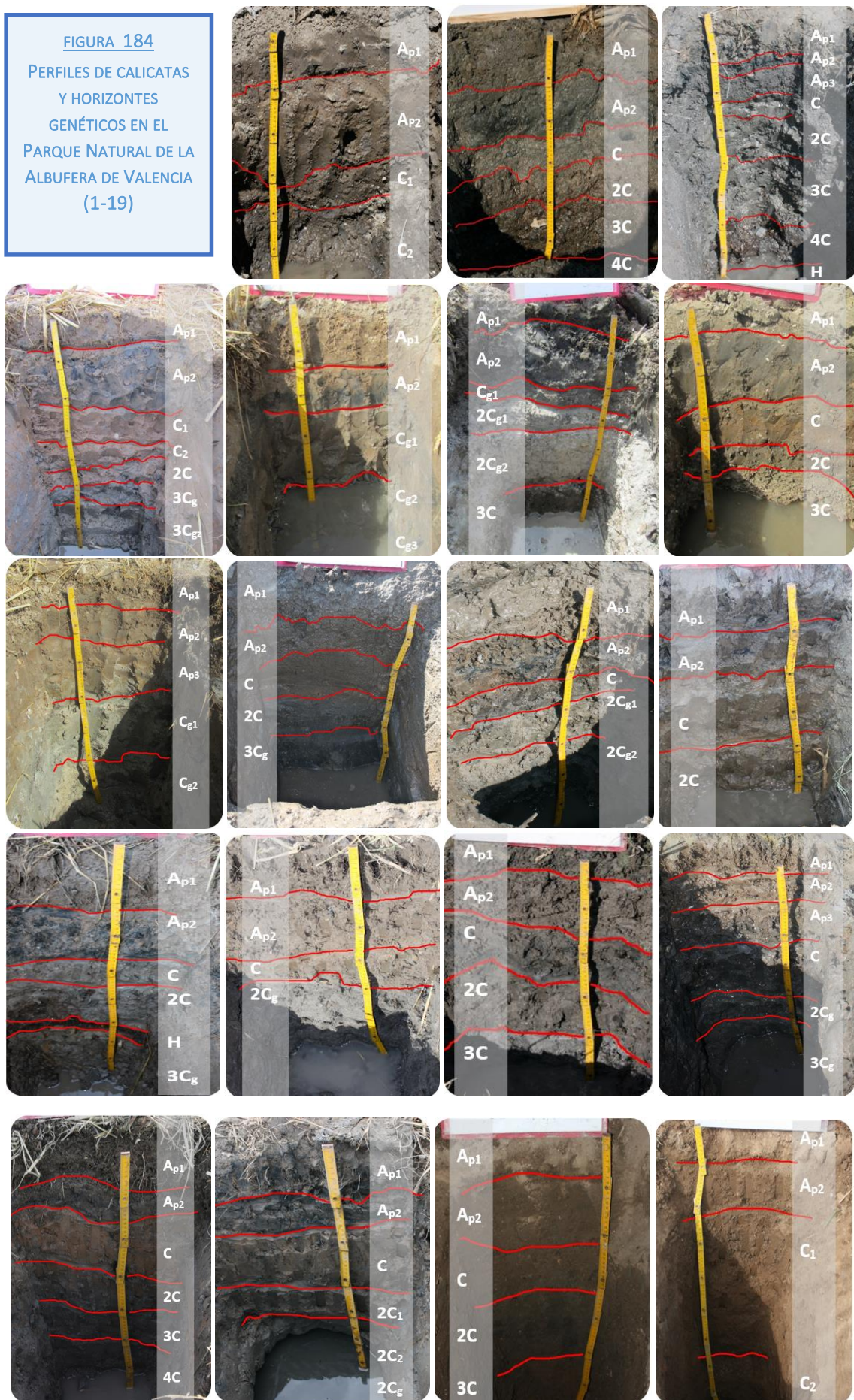
Los suelos se clasificaron a nivel de subgrupo identificándose las siguientes clases taxonómicas divididas en dos órdenes: Entisoles y Aridisoles (tabla 97).

Tabla 97: Clasificación taxonómica de los suelos (*Soil Taxonomy*).

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	Calicatas
Entisol	Aquent	Hydraquent	Typic Hydraquent	2, 8, 15
			Thapto-histic Hydraquent	3
		Fluvaquent	Typic Fluvaquent	1, 6, 10, 12, 13, 14
	Fluvent	Xerofluent	Aquic Xerofluent	5, 7, 9, 11, 16, 17
			Typic Xerofluent	18, 19
Aridisol	Salids	Aquisalids	Typic Aquisalids	4

La existencia de epipediones óchricos y de un horizonte sálico definen estos suelos cuyos criterios para designarlos en uno u otro grupo han sido el régimen ácuico, el valor n y los colores de la matriz y de las condiciones de óxido-reducción, así como el contenido en materia orgánica y un valor de CE_e mayor de 30 dS/m.

FIGURA 184
PERFILES DE CALICATAS
Y HORIZONTES
GENÉTICOS EN EL
PARQUE NATURAL DE LA
ALBUFERA DE VALENCIA
(1-19)



Con esta clasificación y los sondeos realizados se trazó un mapa de suelos que se adjunta en el anejo XIII, donde podemos observar como hacia cotas más altas encontramos suelos clasificados como Typic Xerofluvents seguidos de una asociación de Typic Hydraquents y Typic Fluvaquents en la zona sur con la aparición de Thapto-Histic Hydraquents debido a la presencia de un horizonte con material orgánico enterrado. Por lo que respecta a la zona norte, junto al perímetro del lago encontramos Typic Aquisalids, con CE_e elevadas. La zona clasificada como Aridisoles coincide con la zona de mayor CE de la capa freática. Junto a estos suelos encontramos de nuevo una zona de Thapto-Hystic Hydraquents sobre una mucho más amplia que cierra el Parque Natural y que se compone de Aquic Xerofluent con alguna inclusión de Typic Fluvaquent. Por último en la zona de la Devesa no se ha realizado ninguna calicata, pero Canet *et al.* (2003) clasificaron dicha unidad como Xeropsamment, y tras comprobar la calicata que LUCDEME realizó en dicha zona se identificó toda la restinga como Typic o Aquic Xeropsamment.

El mapa de suelos obtenido dista mucho del definido por el PGOU (Ajuntament de Valencia, 2008) que clasificaba toda la Albufera como Fluvent, al igual que dista de la unidad homogénea clasificada por LUCDEME y de la clasificación realizada en el Atlas nacional de España (IGN-CNIG, 2005) que clasifica la zona del parque Natural de la Albufera de Valencia como Xerofluent y como Xerofluent con Fluvaquents.

No obstante es de destacar que aunque la *Soil Taxonomy* incluye la clasificación de este tipo de suelos, podemos señalar que hay cierta ambigüedad con los criterios de diagnóstico establecidos por la *Soil Taxonomy* en cuanto a la clasificación de suelos en campos de arroz. La *Soil Taxonomy* ha aceptado en la última revisión la creación de los subórdenes Wassist y Wassent para agrupar aquellos suelos sumergidos que anteriormente no se podían clasificar de acuerdo a sus características propias. Ahora bien, la condición para poder clasificar un suelo como Wassent (lo mismo para los Histosoles/Wassist) es estar 21 horas al día con un potencial de agua positivo durante todos los años.

Si hacemos un cálculo rápido del número de horas al año que deben estar con un potencial positivo es de 7.665 horas/año. Esto se produce en las zonas de manglares y en las zonas costeras en las que únicamente la marea provoca que dicho potencial no sea positivo en algún instante.

Está claro que en el caso de la Albufera de Valencia no es lo mismo, puesto que el factor humano tiene mucha influencia sobre el desarrollo, lo cierto es que el suelo del marjal se encuentra sumergido la gran mayoría del año. Si volvemos a realizar un cálculo rápido del tiempo en el que los suelos en los tancats están inundados obtenemos como resultado que los suelos tienen una lámina de agua sobre la superficie unas 7.248 horas/año. Estas 7.248 horas salen de restarle al ciclo del cultivo e inundación, unos 7 días de *eixugons o aprimons*, 10 días para la cosecha en septiembre y 1,5 meses sin agua durante el periodo de preparación del terreno. (1.512 horas).

Ahora bien, si restamos las 7665 horas exigidas para los Wasset a las 7.248 horas que tienen los suelos de la Albufera de Valencia, tan solo encontramos una diferencia de 417 horas (17 días), surgiendo la siguiente pregunta: ¿Influye realmente la falta de 17 días en el desarrollo de características de diagnóstico diferentes?

Con esta pregunta únicamente quiero reflejar que los suelos de la Albufera están clasificados como hídricos con un régimen de humedad ácuico pero creo que las características propias de estos suelos (igual que los sumergidos) deberían de tener algún criterio de diagnóstico más específico para suelos de arrozal que los incluyera en una clase intermedia entre los Wasset y los Aquent, puesto que un suelo con una capa freática fluctuante pero que no posea lámina en superficie también podría clasificarse como Aquent y no se diferencia su clasificación con los suelos del arrozal.



Figura 185: Capa freática cercana a la superficie en la C. 7 y C.6.

4.5.- Geoestadística

Desde el punto de vista geoestadístico toda la cartografía generada fue testada mediante la validación cruzada siguiendo las pautas establecidas en el capítulo de materiales y métodos. Los modelos de Kriging utilizados fueron el Kriging Ordinario y el Kriging universal en base a la obtención del mejor ajuste entre los valores estipulados y los calculados después de aplicar el modelo, así como aquéllos que presentaban el menor error medio (EM) y el error cuadrático medio estandarizado (RMSSE) más próximo a 1 (tabla 98).

Tabla 98: Valores extraídos de la validación cruzada en el agua freática en diciembre de 2011.

Modelo	Media	MS	RMSSE	R ²
Kriging ordinario	0.328	0.026	0.801	85.28
Kriging simple	1.609	0.14	0.755	84.98
Kriging universal	0.088	-0.007	0.961	65.65
Indicador kriging	0.034	0.05	1.02	44.57

Observando la tabla anterior se tomó el modelo del Kriging ordinario para representar dicha variable puesto que presentaba valores cercanos a 0 en el error medio (MS), y aunque había mejores valores de RMSSE, su ajuste era el mejor.

El mismo protocolo se siguió para elegir el mejor semivariograma que se ajustara mejor a los datos tratados, encontrando que el uso de semivariogramas circulares, esféricos y racionales cuadráticos ofrecieron los mejores resultados en el Krigeado.

Por último se comprobó en cada mapa realizado la dependencia espacial de la variable tras su representación cartográfica, destacando que la mayoría de los datos presentaban una dependencia espacial moderada.

Capítulo 5

Conclusiones

CONCLUSIONES

A nivel general podemos decir que este trabajo de investigación ha contribuido de manera muy importante en la caracterización y evaluación de dos parámetros básicos en cualquier humedal, las aguas y los suelos. En el Parque Natural de la Albufera de Valencia los estudios de piezometría eran inexistentes pues al estar basados en 6 piezómetros los datos piezométricos obtenidos quedaban muy alejados de la realidad hídrica de la zona. La instalación de 133 nuevos piezómetros ha posibilitado detallar el comportamiento del flujo de la capa freática en la zona. También se ha plasmado la variabilidad de aguas del Parque gracias a la realización de un estudio amplio en tiempo y espacio que dista mucho de los muestreos realizados hasta la fecha, donde únicamente de forma muy puntual se analizaba la calidad de este recurso. En cuanto a los suelos del parque, en estudios previos se consideraba toda la zona como una unidad homogénea sin variación taxonómica espacial, pero con la caracterización de 152 nuevos puntos se puede concluir que esta hipótesis no es real y que los suelos del parque presentan una variabilidad espacial destacable.

Las conclusiones sectorizadas que se describen a continuación corroboran la conclusión general sobre la mejora en el conocimiento del humedal. Pretenden completar aquellos aspectos desconocidos en el Parque de cara a establecer pautas de gestión más eficaces que eviten posibles desajustes medioambientales y un empeoramiento de la calidad del entorno.

A nivel de las acequias estudiadas se puede concluir que en general la calidad del agua es buena y cumple con los valores mínimos estipulados para mantener el estado ecológico del lago. La gran mayoría de aguas se clasifican como cloruro sódicas con un nivel de salinidad medio alto y un nivel bajo de sodio, por lo que al ser aplicados como agua de riego (C3-S1) no presentan un riesgo de sodificación para los suelos. En este sentido las aguas tomadas fuera de los límites del Parque Natural se clasifican en menor proporción como cloruro sódicas, aumentando las sulfatado sódicas, cálcicas y magnésicas y las cloruro cálcicas.

La salinidad de las aguas de acequias en la zona norte es mucho mayor si la comparamos con la zona sur, y más concretamente con las aguas del sector de la Acequia Real del Júcar que presenta los menores valores de salinidad. Por el contrario las aguas procedentes de la depuradora de Pinedo y de la depuradora de Quart-Benager (sectores acequia del Oro y acequia de Favara) son las que presentan mayor salinidad, aunque su valor medio se encuentra por debajo del rango de salinidad considerado como umbral (2 dS/m).

La acumulación de sales al paso de las acequias por el Parque Natural es un hecho constatado que se debe principalmente a la recirculación y los retornos de las aguas procedentes de los campos de arroz. Este incremento es propio del funcionamiento hídrico del parque por lo que su reducción no es posible.

Los factores de manejo (inundación/ciclo de cultivo) y climáticos (evapotranspiración y precipitación) no son influyentes en la salinidad del agua de las acequias.

En referencia a la conductividad eléctrica (CE) de las aguas de lámina libre estudiadas, podemos decir que presentan valores aceptables para el riego aunque puntualmente y espacialmente en una única zona geográfica (Tancat de Pipa y tancat de Modernista) se producen filtraciones de la capa freática que elevan la CE hasta 14,4 dS/m. Un 15% de los puntos muestreados presentan salinidades superiores a 2,6 dS/m, valor a partir del cual se comienza a reducir el rendimiento del cultivo del arroz. Es por ello que se recomienda monitorizar la salinidad del agua en dichas zonas así como reducir sus valores mediante el aporte de aguas de mejor calidad.

La gran mayoría de aguas se clasifican como cloruro sódicas con un nivel de salinidad medio alto y un nivel bajo de sodio, por lo que no se presentan riesgos de sodificación en los suelos por el agua de riego (C3-S1) en el 43% de las muestras, mientras que en el 38% de los casos se presentan salinidades elevadas y el riesgo de sodificación es medio (C4-S2).

Los ratios de intrusión marina no reflejan dicho proceso sobre las aguas superficiales de lámina libre, aunque sí que se observa en las mismas un enriquecimiento de iones cloruro y sodio con respecto a las aguas muestreadas en las zonas situadas a mayor cota.

La cota del terreno y la distancia a la costa presentan influencia sobre la lámina libre al haberse detectado un aumento en la conductividad eléctrica con la cercanía a la costa y en los puntos de terreno más bajos. De la misma forma el ciclo del arroz da lugar, en este caso, a salinidades más elevadas, así como la evapotranspiración. Al igual que ocurría en las acequias los valores obtenidos en la zona sur son un poco mejores que en la zona norte en cuanto al grado de salinidad, y temporalmente se observa una mejoría clara de la conductividad eléctrica durante los meses de inundación.

En referencia a la capa freática podemos decir que es el principal agente causante de la salinidad en los suelos del parque, destacando la influencia marina en el proceso. Los valores máximos registrados (cerca de los del agua de mar) indican la existencia de un flujo subsuperficial salino propiciado por el material arenoso de la restinga, siendo el flujo de entrada noreste-suroeste por la zona norte. La diferencia entre los niveles de salinidad de la zona norte y la zona sur se debe a los mayores aportes subterráneos al acuífero del río Júcar y a su mayor capacidad de renovación frente a los del Turia, mucho más escasos.

La mayoría de aguas se clasifican como cloruro sódicas con un nivel de salinidad de alto a excesivo (C4) y un nivel de sodio desde medio hasta muy alto, propiciando con ello la acumulación de cationes de sodio que pueden provocar la pérdida de calidad del suelo.

Las elevadas salinidades registradas en los tancats de Pipa y Milia tras su transformación y puesta en funcionamiento indican que los llamados “filtros verdes” presentan un problema de manejo que provoca el deterioro de la zona. Este hecho puede afectar incluso a los tancats colindantes, disminuyendo el rendimiento de los cultivos si se producen depresiones en la capa freática derivadas del manejo hídrico. Por esta razón, estas zonas deberían de monitorizarse, ajustándose los flujos de agua para disminuir este incipiente problema.

Aunque se sabe que los agricultores intentan evitar la salinización de las parcelas de arroz mediante una buena nivelación del terreno y el aporte de aguas, durante los *eixugons* se puede producir precipitación de sales en superficie por ascenso y evaporación de la capa freática. El estudio de la ausencia de lámina libre sobre la superficie del terreno por el contrario no ha arrojado diferencias respecto a su efecto en la disminución o aumento de la salinidad, por lo que podemos decir que para la profundidad de toma de muestra de capa freática la presencia o ausencia de lámina libre no disminuye su salinidad. Para conocer el efecto sobre los primeros centímetros de la superficie del suelo, se deberían de utilizar piezómetros con menos profundidad de toma de muestra y a diferentes alturas de captación de agua en el perfil del suelo.

En referencia a los ratios de intrusión marina empleados, una cuarta parte de las aguas cumplen con los requisitos exigidos para considerarse agua salina, siendo dicho valor mucho mayor si únicamente nos fijamos en el ratio cloro-sodio, por esta razón se confirma el fenómeno de intrusión marina en el humedal.

La cota del terreno y la distancia al lago están íntimamente relacionadas con la salinidad del agua freática, por lo que podemos concluir que el lago influye de manera decisiva sobre los flujos de las aguas subterráneas, y los terrenos con menores cotas (tancats) son los que peor condición presentan. Respecto a las variables ciclo y clima destacar que durante el cultivo del arroz hay una clara influencia negativa sobre las aguas freáticas, aunque posiblemente dicho resultado se vea afectado no por la influencia del cultivo en sí, si no por el manejo del acuífero que se da en zonas altas. Las extracciones para el riego de cítricos y hortalizas fuera del Parque Natural pueden provocar retrocesos de la cuña de agua dulce, dando lugar a una mezcla con mayor concentración de sales en la zona de interfase. Finalmente la presencia/ausencia de lámina libre no ha presentado influencia sobre la CE de la capa freática posiblemente porque el efecto de la lámina libre no llegue a 1,5- 2,0 metros, que es la profundidad de entrada de agua en los piezómetros.

Por lo que respecta al resto de variables analizadas, el pH se mantiene constante en todas las aguas sin presentar variaciones destacables. La Relación de Adsorción de Sodio (RAS) y los cationes y aniones presentan valores acordes a la salinidad y su tendencia es la misma en cuanto a los factores físicos estudiados, corroborando esto que la variable importante en el parque es la CE.

El estudio de piezometría realizado por primera vez a tanto nivel de detalle refleja mediante las isopiezas creadas que el flujo del agua freática confluye en la zona del tancat de Pipa y que alcanza cotas mínimas durante el periodo de inundación del parque al someterse esta área a un manejo completamente diferente al resto de campos adyacentes. Dicho manejo produce igualmente en la zona sur una disminución de la cota de la capa freática cuando comienza a funcionar el tancat de Milia. Es por ello que el manejo diferente de los filtros verdes provoca desajustes piezométricos respecto a la tendencia normal de la zona.

El flujo de aguas subterráneas en el Parque Natural de la Albufera de Valencia presenta tres direcciones claramente diferenciadas. En la zona sur la influencia del Júcar provoca flujos suroeste-noreste mientras que en la zona norte encontramos un flujo en dirección noroeste-sureste y otro con dirección noreste-suroeste desde la zona de la restinga.

Evaluando el riesgo potencial de salinización al combinar la cota de capa freática y la CE, obtenemos que la zona con mayor riesgo es la norte, y muy especialmente en el área de los tancats ya que en ellos la cota de la capa freática está siempre a pocos centímetros de la superficie del terreno o incluso sobre ésta.

Por último, en referencia a los suelos de la Albufera de Valencia podemos decir que no hay solamente una unidad edafológica en todo el Parque si no que la variabilidad de los parámetros analizados es bastante elevada. Los perfiles de suelo ya bien de origen natural (por un proceso natural de acumulación de sedimentos) o creados por el hombre en la zona de los tancats (al aterrizar) presentan por el contrario el mismo desarrollo: aluviones de materiales diferentes unos sobre otros que dan lugar a perfiles A/C.

Los suelos del Parque Natural de la Albufera de Valencia se clasifican como Entisoles principalmente aunque hay una zona de Aridisoles debido al elevado carácter salino del perfil.

En general, son suelos principalmente salinos, arcillo limosos y con un contenido en carbonatos alto a causa de la elevada cantidad de conchas y caracolillos presentes en la matriz del suelo, lo cual nos revela su origen marino. La materia orgánica es elevada como exige el cultivo del arroz y su pH es ligeramente alcalino.

La salinidad de los suelos es mucho menor en los primeros 20 cm debido a que la lámina libre presente en los campos desplaza el frente salino en profundidad, observándose por ello un aumento de la salinidad del suelo en los horizontes o capas más profundos. Esta situación debe ser controlada pues un incremento de la salinidad en la zona radicular puede provocar el desplazamiento de las especies vegetales actuales por especies tolerantes a la salinidad; éstas últimas, aunque habituales en la zona, no son la comunidad vegetal más desarrollada (si exceptuamos las zonas salinas por excelencia: las malladas). En este sentido la lámina libre en superficie con bajos valores de CE es el principal agente encargado de evitar la acumulación superficial de sales.

Por todo ello podemos concluir que el Parque Natural de la Albufera de Valencia sufre un proceso de salinización que afecta a toda la superficie de los tancats (especialmente los localizados en la zona norte) y que se ha producido de forma habitual en los tres años estudiados. Si tenemos en cuenta que durante el periodo de estudio no se presentaron problemas de sequía, la situación en ese escenario produciría problemas ambientales graves en el entorno que deben ser tenidos en cuenta por los gestores medioambientales.

Los tancats, por su cercanía al lago pero sobre todo por su cota, presentan los mayores riesgos de salinización y aunque el arroz se cultiva en zonas con cierto grado de salinidad, un mal manejo puede provocar la agudización del problema.

Es por ello que se plantean los siguientes ítems para la de recuperación y mejora de este entorno:

- Es necesario que las decisiones de gestión en el Parque Natural se realicen bajo un asesoramiento multidisciplinar que contemple todas las problemáticas del parque. Hasta el día de hoy se podía intuir la salinidad del parque pero no había datos reales sobre los parámetros edáficos de la zona. En este sentido sería necesario ampliar el estudio a la zona del sector de Sueca para corroborar el estado de sus suelos y su comportamiento.
- Un aumento de la salinidad en los suelos puede provocar el desplazamiento de especies vegetales hacia comunidades de plantas más tolerantes a las sales con la consiguiente pérdida de biodiversidad. Así pues se debería de establecer una campaña de monitorización de la salinidad del suelo mediante técnicas indirectas (sensores) para tener *in situ* actualizado el estado salino de los suelos, a la vez que realizar campañas de monitoreo de los tres tipos de aguas, evaluando los datos y los riesgos.
- Sería recomendable aprovechar la estructura de piezómetros ya instalada y continuar muestreando dichos puntos con el fin de caracterizar con más precisión la fluctuación de la capa freática, ampliando asimismo la frecuencia de muestreo.

- La creación de un Sistema de Información Geográfica para monitorizar la salinidad del Parque debería ser una prioridad para todas las instituciones oficiales que lo administran, pues permitiría una gestión de los recursos hídricos más eficaz.
- Los tancats de la Albufera de Valencia son espacios creados por el hombre y ganados al lago para su aprovechamiento agrícola. No obstante viendo los mapas de isopiezas y los problemas de salinidad que presentan, los gestores del Parque deberían de comenzar a pensar si la sostenibilidad de los tancats es viable o por el contrario está empeorando la calidad ambiental del parque al conllevar un manejo del agua que a la larga puede provocar pérdidas en el cultivo del arroz y el abandono de estas zonas por improductivas. En este sentido se podría plantear el revertir dicho efecto renaturalizando dichas áreas y permitiendo que el lago las invada, dando lugar a una lámina de agua permanente que ejercería como zona tampón y permitiría al ser constante la lámina de agua, que la salinidad que ahora se registra disminuyera.
- Se debería de revisar el balance hídrico del Parque así como su dotación hídrica teniendo en cuenta los escenarios de salinidad y los flujos de la capa freática reflejados en el presente estudio. De esta forma se evitaría una agudización del problema y se adecuaría a las necesidades del entorno la dotación hídrica desde el punto de vista agronómico y ambiental.
- Por último se recomienda estudiar con mayor detalle el manejo de los dos tancats definidos como filtros verdes (Pipa y Milia) y comprobar en qué grado dicho manejo afecta a la salinización de la zona, puesto que podemos estar fijando nutrientes pero a la vez podemos estar salinizando una zona de forma antrópica y continuada. En este sentido se debería de tener en cuenta el recurso suelo, y no solo el agua, en las fases de diseño y ejecución de estos proyectos medioambientales.

Capítulo 6

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

- Abedini, M.J.; Nasser, M.; Ansari, A. 2008. Cluster-based ordinary Kriging of piezometric head in West Texas/New Mexico – Testing of hypothesis. *Journal of hydrology*, 351: 360-367.
- Abedini, M.J.; Nasser, M.; Ansari, A. 2012. The use of a genetic algorithm-based search strategy in geostatistics: application to a set of anisotropic piezometric head data. *Computers & Geosciences*, 41: 136-146.
- Abrol, I.P.; Yadav, J.S.P.; Massoud, F.I. 1988. Salt-affected soils and their Management. *FAO Soils Bulletin nº 39*. FAO (Food Agriculture organization). Rome. Italia. pp. 131.
- Acevedo-Sandoval, O.; Ortiz-Hernández, E.; Cruz-Sánchez, M.; Cruz-Chavez, E. 2004. El papel de los óxidos de hierro en suelos. *Terra latinoamericana*, 22: 485-496.
- AEMET (Agencia Española de Meteorología). 2013. Datos meteorológicos. Disponible en: <http://sig.magrama.es/siga> Fecha de consulta: 15 de enero de 2013.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). 1993. UNE 103200:1993. Determinación de carbonatos en suelos. AENOR. Madrid. España. pp. 6.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). 2004. UNE-EN ISO 5667-3. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Guía para la conservación y Manipulación de las muestras de agua. AENOR. Madrid. España. pp. 35.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). 2007a. UNE-EN ISO 5667-1. Calidad del agua. Muestreo. Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo y técnicas de muestreo. AENOR. Madrid. España. pp. 41.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). 2007b. UNE-EN ISO 10381-2. Calidad del suelo. Muestreo. Parte 2: Directrices sobre técnicas de muestreo. AENOR. Madrid. España. pp. 31.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). 2007c. UNE-EN ISO 10381-1. Calidad del suelo. Muestreo. Parte 1: Directrices para el diseño de los programas de muestreo. AENOR. Madrid. España. pp. 41.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). 2007d. UNE-EN ISO 10381-4. Calidad del suelo. Muestreo. Parte 4: Guía de procedimiento para la investigación de sitios naturales, casi naturales y cultivados. AENOR. Madrid. España. pp. 21.
- Ajuntament de Valencia. 2008. Plan General de Ordenación Urbana- Informe de Sostenibilidad Ambiental. (Mapa). Valencia. España.
- Ajuntament de Valencia – Seducción Ambiental. 2013. Ficha Humedal Ramsar. Disponible en: <http://www.albuferadevalencia.es> Fecha de consulta: 25 de febrero de 2013.

- Alcalá, F.J.; Custodio, E. 2008. Using the Cl/Br ratio as a tracer to identify the origin of salinity in aquifers in Spain and Portugal. *Journal of Hydrology*, 359: 189-207.
- Alarcón, A. 1998. Fundamentos teóricos de la conductividad eléctrica. *Horticultura*, 128: 97-98.
- Alonso, J.J. 1982. Hidrología de la Albufera. En: *Jornadas sobre la problemática de la Albufera*. Diputación Provincial de Valencia. Valencia. España. pp. 134.
- Andreu, E.; Camacho, A. 2002. Recomendaciones para la toma de muestras de agua, biota y sedimentos en humedales RAMSAR. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. España. pp. 226.
- Angarita, J.P. 2010. Estimación del Balance hídrico anual, en el humedal artificial del Tancat de la Pipa, con Apoyo de modelos matemáticos de calidad de aguas, para contaminantes conservativos –Tesina Master. Universitat Politècnica de València. pp. 161.
- Angladette, A. 1989. El arroz. Editorial Blume. Barcelona. España. pp. 867
- APHA; AWWA; WEF (American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation). 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st edition. Clesceri, L.S.; Greenberg; A.E.; Eaton, A.D.; Rice E.W., eds. Washington. USA. pp. 1496.
- Aragüés, R.; Millán, M.; Quilez, D.; Fernández, M. 1986. Métodos de medida de la salinidad del suelo I y II. INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias). Madrid. España. pp. 172.
- Araujo, J; Blanco, E; Vega, I; Llorens, G. 2007. La Albufera de Valencia: Parque Natural." Ed. Lunwerg. Madrid. España. pp.223.
- Ariosa, Y.; Carrasco, D.; Leganés, F.; Quesada, A.; Fernández-Valiente, E. 2005. Development of cyanobacterial blooms in Valencian rice fields. *Biology and Fertility of Soils*, 41: 129-133.
- Armas, C.; Miranda, J.D.; Padilla, F.M.; Pugnaire, F.I. 2011. The Iberian Southeast. *Editorial of Journal of Arid Environment*, 75: 1241-1243.
- Arslan, H. 2012. Spatial and temporal mapping of groundwater salinity using ordinary Kriging and indicator kriging: The case of Bafra plain, Turkey. *Agricultural water management*, 113: 57-63.
- Ayers, R.S.; Westcot, D.W. 1987. La calidad del agua en la agricultura. *Estudios de Riego y Drenaje* nº 29 –Rev. 1. FAO (Food and Agriculture organization of the United Nations). Roma. Italia. pp. 174.
- Baloussa, H. 2010. Assessment of a groundwater quality monitoring network using vulnerability mapping and geostatistics: A case study from Heretaunga Plains, New Zealand. *Agricultural water management*, 97: 240-246.
- Ballesteros, B. 2001a. La Albufera de Valencia. En: *Aguas subterráneas: Paisaje y Vida*. Acuíferos de España. Del Pozo, M.; Duran, J.J.; Fernández, A.; García, A.; Murillo, J.M., eds. Madrid. España. pp. 461.

- Ballesteros, B.J. 2001b. Influència de les aigües subterrànies a les zones humides litorals valencianes. Gènesi i interrelació. *Braçal*, 24:27-48.
- Ballesteros, L. 2007. Implantación de redes de control en el Parque Natural de l'Albufera (Valencia) Universitat Politècnica de Valencia. pp. 194.
- Ballesteros, L.; De la Guardia, M.; Vicente, E. 1988. La presencia de nitratos en las aguas del ecosistema de La Albufera de Valencia. *Revista de agroquímica y tecnología de alimentos*, 28: 574-580.
- Baron, A.P. 2007. Documento técnico de delimitación, caracterización, clasificación e inventariado de las zonas húmedas de Baleares. Conselleria de Medi Ambient –Govern de les Illes Balears. Mallorca. España. pp. 213.
- Batlle, J.; Orban, P.; Dassargues, A.; Brouyère, S. 2007. Identification of groundwater quality trends in a chalk aquifer threatened by intensive agriculture in Belgium. *Hydrogeology Journal*, 15: 1615-1627.
- Beamonte, E.; Casino, A.; Veres, E. 2010. Water quality indicators: Comparison of a probabilistic index and a general quality index. The case of the Confederación Hidrográfica del Júcar. *Ecological Indicators*, 10: 1049-1054.
- Belmonte, R.I. 1999. Aproximación al estudio de la salinidad de los suelos dedicados al cultivo del arroz en el parque natural de l'Albufera –Proyecto Final de Carrera. Universitat Politècnica de Valencia. pp. 160.
- Benet, J.M. 1983. La Albufera de Valencia. Datos para una política de soluciones. *Revista de Obras públicas*, 130: 167-180.
- Berefull, J. B.; De la Guardia, M. 1984. Contenido de metales traza en aguas de La Albufera de Valencia y evolución de la salinidad y dureza. *Revista de agroquímica y tecnología de alimentos*, 24: 391-399.
- Berzas, J.J.; García, L.F.; Rodríguez, R.C.; Martín-Alvarez, P.J. 2000. Evolution of the water quality of a managed natural wetland: Tablas de Daimiel National Park (Spain). *Water Research*, 34: 3161–3170.
- Bakerland, P.W. 1974. *Pedology, Weathering, and Geomorphological Research*. Oxford University Press. New York. USA. pp. 285.
- Blasco Ibañez, V. 1902. *Cañas y Barro*. Prometeo Publicaciones. Valencia. España. pp. 312.
- Bockheim, J.G.; Gennadiyev, A.N. 2000. The role of soil-forming processes in the definition of taxa in Soil Taxonomy and the World Soil Reference Base. *Geoderma*, 95: 53–72
- Bockheim, J.G.; Gennadiyev, A.N.; Hammer, R.D.; Tandarich, J.P. 2005. Historical development of key concepts in pedology. *Geoderma*, 124: 23-36.

- Bodeck, I.; Lyman, W.J.; Reehl, W.F.; Rosenblatt, D. 1988. Environmental inorganic chemistry, properties, processes and estimation methods. Pergamon. Nueva York. USA. pp. 1280.
- Boira, H. 1987. La Vegetación de la Albufera de Valencia y sus Bioindicadores. Lección magistral leída en la apertura del curso 1987-1988. Fundación Universitaria San Pablo CEU. Valencia. España. pp. 47.
- Boira, H. 2012. La vegetación de los Humedales litorales Valencianos. Bases para su conservación. Universitat Politècnica de Valencia. Valencia. España. pp. 180.
- Boira, H.; Carrasco, J. M.; Sabater, C.; Sastre, J. 1997. Impacto de los principales herbicidas de traslocación empleados en el cultivo del arroz sobre la flora acuática macrofita del lago de La Albufera (Valencia), España. *Agrícola Vergel*, 16: 203-208.
- Borja, F. 2000. Aproximación a la clasificación genética de los Humedales de Andalucía. DGP, CMA Junta de Andalucía. Sevilla. España. pp. 130.
- Borja, C.; Borja, F. 2002. Contribución a la clasificación genética de los humedales Andaluces: tipos genéticos y complejos palustres. En: Aportaciones a la geomorfología de España en el inicio del tercer milenio. Pérez -González, A.; Vegas, J.; Machado, J., eds. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. España. pp. 25-30
- Borja, F.; Montes, C.; Morón, M. C.; Barral, M. A. 1997. Humedales litorales de la provincia de Huelva. Aportación a su clasificación genética. Dinámica Litoral-Interior. Actas del XV Congreso Nacional de Geógrafos Españoles. AGE. Santiago de Compostela, 1: 45-54
- Bouma, J. 1983. Hydrology and soil genesis of soil with Aquic moisture regimes. En: Pedogenesis and Soil Taxonomy. I. Concepts and interactions. Wilding, L.P.; Smeck, N.E.; Hall, G.F., eds. Elsevier Science Publishers. Amsterdam. Holanda. pp. 319.
- Bouza-Deaño, R.; Ternero-Rodríguez, M.; Fernández-Espinosa, A.J. 2008. Trend study and assessment of surface water quality in the Ebro River (Spain). *Journal of Hydrology*, 361; 227–239.
- Brezonik, P.L.; Arnold, W.A. 2011. Water Chemistry: Water Chemistry: An Introduction to the Chemistry of Natural and Engineered Aquatic Systems. Oxford University Press. New York. USA. pp. 808.
- Brison, M.M. 2011. Classification of Wetlands. En: Wetlands: integrating multidisciplinary concepts. LePage B.A.; eds. Springer. Dorrecht. Holanda. pp. 250.
- Buol, S.W.; Hole, F.D.; McCracken, R.J. 1973. Soil Genesis and Classification. Iowa State University Press. Iowa. USA. pp. 360.
- Camargo, F.A.; Santos, G.; Rossiello, R.O.P.; Zonta, E. 1995. Rice straw incorporation in a gleysol and effects on rice yield. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 30: 983-987.

- Cambardella, C.A.; Moorma, T.B.; Novak, J.M.; Parkin, T.B.; Karlen, D.L.; Turco, R.F.; Konopka, A.E. 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Journal of Soil Science Society of America*, 58: 1501-1511.
- Canet, R. Chaves, C. Pomares, F. Albiach, R. 2003. Agricultural use of sediments from the Albufera Lake (eastern Spain). *Agriculture, Ecosystems and Environments*, 95: 29-36.
- Carmona, P. 1995. Análisis geomorfológico de abanicos aluviales y procesos de desbordamiento en el litoral de Valencia. *Cuadernos de Geografía*, 57: 17-34.
- Carmona, P.; Ruiz, J.M. 1999. Evolución en el Holoceno reciente del delta del río Turia y la restinga de la Albufera de Valencia. En: *Geoarqueología i Quaternari litoral. Memorial Maria Pilar Fumana*. Roselló, V.M., eds. Universidad de Valencia. Valencia. España. pp. 447.
- Carrasco, J.M.; Cuñat, P.; Martínez, M.; Martínez, R.M.; Primo, E. 1972. Contaminación de la Albufera de Valencia, I. Niveles de contaminación por insecticidas. *Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 12: 583-896.
- Carretero, J.L.; Boira, H. 1989. Flora y vegetación de la Albufera de Valencia. Bases para su recuperación. Excelentísimo Diputación Provincial de Valencia eds. Colección: Instituto Alfonso el Magnánimo. Valencia. España. pp. 83.
- Casado, S.; Montes, C. 1995. Guía de los lagos y humedales de España. Reyero, J.M., eds. Madrid. España. pp. 255.
- Casas, S.; Noriega, R.; Senent, M. 1988. Situación actual del acuífero miocuaternario de la Plana de Valencia. Medidas de control. TIC'88 Tecnología de la intrusión en Acuíferos costeros. pp. 169-183.
- Caselles, V.; López, M.J.; Soria, J.M. 1986. Estudio del estado trófico del lago de la Albufera (Valencia) a partir de imágenes del Landsat-5 (TM). I Reunión Científica del Grupo de Trabajo en Teledetección. Barcelona. 33-36.
- Castelló, J.V. 1991. *La transformació dels Comunalis a l'Albufera (1761-1840)*. *Afers*, 11-12: 151-159.
- Castillo, E.; Morell, I. 1988. La Hidroquímica en los estudios de intrusión marina en los acuíferos españoles. *Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros TIAC'88*, 19-73.
- Castro, A.M. 1999. Aproximación al diagnóstico nutricional y estudio de la fertilidad de los suelos dedicados al cultivo del arroz en el Parque Natural de l'Albufera de Valencia –Proyecto Final de Carrera. Universitat Politècnica de Valencia. pp. 162.
- Catalán, J. 1990. Química del agua. . 1 reimpression. Bellisco. Madrid. España. pp. 423.
- Catalán, J.; Catalán, J.M. 1978. Ríos. Caracterización y calidad de sus aguas. 2ª edición. Dihidrox. Zamora. España. pp. 264.

- Cavanilles, A. J. 1795. Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del Reyno de Valencia. Graf. Soler. 4ª Edición (Reproducción facsímil de la ed.: Madrid: Imprenta Real, 1795-1797). Valencia. España.
- Ceballos, F. 2001. La Problemática Jurídico-Administrativa de las zonas Húmedas. *Humedales Mediterráneos*, 1: 155-162.
- CEDEX. 2007. Seguimiento de la evolución Temporal de la Perellonada y Calidad de las aguas de la Albufera de Valencia. Memoria de Proyecto. Facultad de Ciencias (Departamento de Biología). Madrid. pp. 95.
- Chebotarev, I. 1955. Metamorphism of natural waters in the crust of weathering. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 8: 22-48.
- Chhabra, R. 1996. Soil salinity and water quality. Bakelma publishers. Brookfield. USA. pp. 284.
- CHJ (Confederación Hidrográfica del Júcar). 2003. Informe Complementario para el banco europeo de Inversiones sobre la conducción Júcar-Vinalopó. Las aportaciones al lago de la Albufera de Valencia. Disponible en: www.chj.es Fecha de consulta: 22 de octubre de 2011.
- CHJ (Confederación Hidrográfica del Júcar). 2012. Actuaciones Programa AGUA. Disponible en: <http://www2.chj.gob.es/programaalbufera/presentacion.shtml> Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2012.
- CHJ (Confederación Hidrográfica del Júcar). 2013. Datos analíticos de aguas, piezometría e intrusión. Disponible en: www.chj.es Fecha de consulta: 14 de abril de 2013.
- Cifres, E.; Mondría, M.; Juan, F. 2006. Actuaciones del Programa A.G.U.A para el desarrollo sostenible de l'Albufera de Valencia. Congreso Nacional de Medio Ambiente. Cumbre del desarrollo sostenible. Disponible en: www.conama8.org Fecha de consulta: 1 de octubre de 2012.
- CITMA (Conselleria de Infraestructuras, territorio y Medio Ambiente). 2012. Página web Conselleria de Infraestructuras, territorio y Medio Ambiente. Disponible en: www.cma.gva.es Fecha de consulta: 10 de enero de 2012.
- Clermont-Dauphin, C.; Suwannang, N.; Grünberger, O.; Hammecker, C.; Maeght, J.L. 2010. Yield of rice under water and soil salinity risks in farmer' fields in northeast Thailand. *Field crops Research*, 118: 289-296.
- CMA (Conselleria de Medio Ambiente). 2001. Calidad de las Aguas del Lago– Informe. Valencia. España. pp. 16.
- CMA (Conselleria de Medio Ambiente). 2006. Guía del Parque Natural de l'Albufera. *Conselleria de Medi Ambient, aigua, urbanisme i habitatge* – Proyecto Obra Social la Caixa. Valencia. España. pp. 20.

- CMAAUV (Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda). 2008. Memoria de Gestión del Parque Natural de la Albufera de Valencia. Valencia. España. pp. 133.
- CMAAUV (Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda). 2009. Memoria de Gestión del Parque Natural de la Albufera de Valencia. Valencia. España. pp. 179.
- CMAAUV (Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda). 2010a. Memoria de Gestión del Parque Natural de la Albufera de Valencia. Valencia. España. pp. 125.
- CMAAUV (Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda). 2010b. Propuesta de reserva de la Biosfera de la Albufera de Valencia. Programa el Hombre y la Biosfera- UNESCO. Valencia. España. pp. 260 + Anejos.
- CMAAUV (Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda). 2011. Memoria de Gestión del Parque Natural de la Albufera de Valencia. Valencia. España. pp. 109.
- Cole, C.A.; Kentula, M.E. 2011. Monitoring and Assessment – What to Measure and Why. En: Wetlands: integrating multidisciplinary concepts. LePage B.A.; eds. Springer. Dorrecht. Holanda. pp. 250.
- Collins, M.E.; Kuehl, R.J. 2001. Organic matter accumulation and Organic soils. En: Wetland soils: Genesis, Hydrology, Landscapes and Classification. Richardson, J.L.; Vepraskas, M.J., eds. Lewis Publishers. New York. USA. pp. 417.
- Conner, W.H.; Trettin, C.; Li, H. 2005. Preface. Wetlands Ecology and Management, 13:1-3.
- Corwin, D.L.; Lesch, S.M. 2003. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: Theory, principles and guidelines. Agronomy journal, 95: 455-471.
- Costa, M. 1982. La vegetación de la Albufera de Valencia. En: Jornadas sobre la problemática de la Albufera. Diputación Provincial de Valencia. Valencia. España. pp. 134.
- Costa, M.; Boira, H. 1981. La vegetación costera valenciana: Los saladares. Anales del Jardín Botánico de Madrid, 38: 233-244
- Costa, M.; Mansanet, J. 1981. Los ecosistemas dunares levantinos: La Dehesa de la Albufera de Valencia. Actas III Congreso Optima, Anales del Jardín Botánico de Madrid, 37: 277-299.
- Cowardin, L.M.; Carter, V.; Golet, F.C.; LaRoe, E.T. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. United States Fish and Wildlife Service. Washington. USA. pp. 103.
- Craft, C.; Krull, K.; Graham, S. 2007. Ecological indicators of nutrient enrichment, freshwater wetlands, Midwestern United States (U.S.). Ecological Indicators, 7: 733-750.
- Cristo, E.; Pérez, N.; González, M.C. 2004. Obtención de una nueva variedad de arroz tolerante a la salinidad mediante el empleo de métodos biotecnológicos. Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos, 354: 135-138.

- CRGCST (Cooperative Research Group on Chinese Soil Taxonomy). 2001. Chinese Soil Taxonomy. Science Press, Beijing, China. pp. 203
- Cruz, J. 1994. La agricultura en las zonas húmedas mediterráneas. *Agricultura y sociedad*, 71: 183-208.
- Currie, H.; Martínez, G.; Ortiz, M. 2001. Evaluación de la calidad del agua utilizada en el riego de arroz, en el centro sur de Corrientes (Argentina). *Información tecnológica*, 12: 35-38.
- Dafauce, C. 1975. La Albufera de Valencia. Un estudio piloto. I.C.O.N.A. Monografía nº 4, Madrid. España. pp. 127.
- Dahl, T.E.; Johnson, C.E.; Frayer, W.E. 1991. Wetlands, status and trends in the conterminous United States mid-1970's to mid-1980's. U.S. Department of the Interior-Fish and Wildlife. Selvire, Washington, D.C. USA. pp.28.
- Dalton, F.N.; Herkelrath, W.N.; Rawlins, D.S.; Rhoades, J.D. 1984. Time-Domain reflectometry: Simultaneous measurement of soil water content and electrical conductivity with a single probe. *Science*, 224: 989 – 990.
- Davidsson, T.; Kiehl, K.; Hoffman, C.C. 2000. Guidelines for monitoring wetland functioning. *EcoSys Bd*, 8: 5-50.
- Davis, C.A. 1907. Peat: Essays on its origin, uses and distribution in Michigan. Report State Board Geological Survey Michigan in 1906. USA. pp. 395.
- Deckers, J.; Raes, D.; Merckx, R.; Diallo, A. 1993. The fate of salic and thionic Fluvisols under irrigated rice in the Senegal River Delta. *Societe Belge de Pedologie*, 43: 389-401.
- De Miquel, L.B.; Fernández, M. 1883. Mapa de la provincia de Valencia. Mapa original a escala: 1.200.000. © Instituto Geográfico Nacional de España.
- Del Barrio, P.; García, A.; García, J.; Álvarez, C.; Revilla, J.A. 2012. A model for describing the eutrophication in a heavily regulated coastal lagoon. Application to the Albufera of Valencia (Spain). *Journal of Environmental Management*, 112: 340-352.
- Demas, G.P. 1993. Submerged soils: A new frontier in soil survey. *Soil Survey Horizon*, 34:44-46.
- Demas, G.P.; Rabenhorst, M.C. 1998. Subaqueous soils: A resource inventory protocol. En: *Actas del 16 congreso de la sociedad del suelo en Montpellier*. Francia. pp. 1-7.
- Demas, G.P.; Rabenhorst, M.C. 1999a. Subaqueous soils: Pedogenesis n a submersed environment. *Journal of Soil Science Society of America*, 63: 1250-1257.
- Demas, G.P.; Rabenhorst, M.C. 2001. Factors of subaqueous soil formation: A system of quantitative pedology for submersed environments. *Geoderma*, 102:189-204.
- Devito, K.J.; Hill, A.R.; Roulet, N. 1996. Groundwater-surface water interactions in headwater forested wetlands of the Canadian Shield. *Journal of Hydrology*, 181: 127-147.

- Dies, B.; Dies, J.I.; Oltra, C.; Català, F.J.; García, F.J. 1999. Las aves de la Albufera de Valencia. VAERSA (Valenciana de Aprovechamiento Energético de Residuos S.A.)-Generalitat Valenciana, eds. Valencia. España. pp. 282.
- Dies, J.I.; Fernández-Anero, F. 1997. Resultados en la recuperación de la biodiversidad en el Racó de l'Olla (l'Albufera de Valencia) tras la aplicación selectiva de Caculia y un herbicida de baja peligrosidad. *Plagas*, 23: 17-37.
- Dizler, C.A.; Ahrens, R.J.; Rabenhorst, M.C.; Stolt, M.; Hipple, K.; Turenne, J. 2011. Classification, Mapping, and Interpretation of Subaqueous Soils (Draft). Disponible en: <http://nesoil.com/sas/index.htm> Fecha de consulta: 3 de mayo de 2011.
- Dolz, J.C.; Gómez, J.A. 1988. Las anátidas y fochas invernantes en España. *Monografías de la Sociedad Española de Ornitología*, 1: 55-69.
- Doorenbos, J.; Kassam, A.H.; Bentvelsen, C.L.M.; Branscheid, V.; Plusjé, J.M.G.A.; Uittenbogaard, G.O.; Van Der Val, H.K. 1988. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO de riego y drenaje, nº 33. FAO (Food and Agriculture organization of the United Nations). Roma. Italia. pp. 212.
- Douaik, A.; Van Meirvenne, M.; Toht, T. 2004. Spatiotemporal kriging of soil salinity rescaled from bulk soil electrical conductivity. En: *GeoENV IV-Geostatistics for Environmental Applications*. Sanchez-Vila, X.; Carrera, J.; Gómez-Hernández, J. eds. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. Holanda. pp. 560.
- Douaik, A.; Van Meirvenne, M.; Tóth, T. 2005. Soil salinity mapping using spatio-temporal kriging and bayesian maximum entropy with interval soft data. *Geoderma*, 128: 234-248.
- Draper, N.R.; Smith, H. 1998. *Applied Regression Analysis*. Third edition. John Wiley & Sons Inc. New Jersey. USA. pp.736
- Duchaufour, P. 1987. *Manual de Edafología*. Versión española. Masson S.A. Barcelona. España. pp. 214.
- Duran, J.J.; García de Domingo, A.; López-Geta, J.A.; Robledo, P.A.; Soria, J.M. 2005. Los Humedales del Mediterráneo español: modelos geológicos e hidrogeológicos. Instituto Geológico y Minero Español. Madrid. España. pp. 160.
- Eijkelkamp. 2009. Hand Auger set for heterogeneous soils. Disponible en: www.eijkelkamp.com Fecha de consulta: 11 de febrero de 2009.
- El Moujabber, M.; Bou Samra, B.; Darwish, T.; Atallah, T. 2006. Comparison of Different Indicators for Groundwater Contamination by Seawater Intrusion on the Lebanese Coast. *Water Resources Management*, 20: 161-180.
- Elangovan, K. 2006. *GIS: Fundamentals, Applications and Implementations*. New India Publishing. Nueva Delhi. India. pp. 208.

- Eldeiry, A.A.; García, L. 2011. Using indicator kriging technique for soil salinity and Yield management. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 137:82-93.
- Environmental Laboratory. 1987. *Wetlands Delineation Manual*. Wetlands Research Program Technical Report Y-87-1 - U.S. Army Corps of Engineers. Vicksburg, MS. USA. pp. 143.
- Erich, E.; Drohan, P.J.; Ellis, L.R.; Collins, M.E.; Payne, M.; Surabian, D. 2010. Subaqueous soils: their genesis and importance in ecosystem management. *Soil Use and Management*, 26: 245-22.
- FAO (Food and Agriculture organization of the United Nations). 2004. Informe: El arroz y la nutrición humana. Disponible en: www.fao.org Fecha de consulta: 18 de junio de 2011.
- FAO (Food and Agriculture organization of the United Nations). 2008. Scoping agricultural-wetlands interactions. Towards a sustainable multiple-response strategy. Wood, A.; Halsema, G.E., eds. *FAO Water Reports*. Roma. Italia. pp. 27.
- FAO (Food and Agriculture organization of the United Nations). 2009. Guía para la descripción de perfiles, 4th ed. FAO. Rome. Italia. pp. 95.
- FAO-UNESCO. 1970. *Soil map of the world 1:5 000 000*. Vol. 2-9. Paris.
- FAO-UNESCO. 1974. *Soil Map of the world. Revised legend. 1:5.000.000*. Roma.
- FAO-UNESCO. 1981. *Clave para la descripción de suelos. Volumen I. Leyenda*. Madrid. pp. 169.
- FAO-UNESCO. 1988. *Soil Map of the world. Revised legend. 1:5.000.000*. Roma.
- Fernández-Buces, N.; Siebe, C.; Cram, S.; Palasio, J.L. 2006. Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation (a case study in the former lake Texcoco, Mexico), *Journal of Arid Environments*, 65: 644-667.
- Ferrer, J.; Benlliure, J.M.; Lacomba, I.; Ballester, A.; Prieto, I. 2006 *La restauración de los humedales costeros en la Comunidad Valenciana*. Actas III Congreso de ingeniería civil, territorio y medio ambiente: Agua, Biodiversidad e Ingeniería. Disponible en www.ciccp.es Fecha de consulta: 26 de septiembre de 2011.
- Fiedler, S.; Sommer, M. 2004. Water and Redox conditions in wetlands soils –Their influence on Pedogenic oxides and Morphology. *Journal of Soil Science Society of America*, 68: 326-335.
- Figuerola, R.; González, E. 1984. El complejo de Vegetación de las Paleodunas de la Dehesa de la Albufera de Valencia: Un ejemplo de Paraserie. *Cuadernos de Geografía*, 34: 57-62.
- Fletcher, P.C. 2009. Soil Morphology as indicator of seasonal high water tables. Disponible en: <http://nesoil.com/sas/index.htm> Fecha de consulta: 23 de enero de 2009.
- Franzen, D. 2007. *Managing Saline Soils in North Dakota*. North Dakota State University Extension Service, SF-1087. Disponible en www.ag.ndsu.edu Fecha de consulta: 15 de febrero de 2011.

- Frayer, W. E.; Monahan, T. J.; Bowden, D. C.; Graybill, F.A. 1983. Status and Trends of Wetlands and Deepwater Habitats in the Conterminous United States, 1950's to 1970's. Colorado State University, Fort Collins. USA. pp. 31.
- Fos, 2001. Catálogo de flora líquénica de la Dehesa del Saler. Bases para la utilización de los líquenes en la gestión de un espacio natural protegido. Ayuntamiento de Valencia, Oficina Técnica de la Devesa-Albufera. Valencia. España. pp. 232.
- Galbraith, H; Amerasingh, P.; Huber-Lee, A. 2005. The effects of agricultural irrigation on wetland ecosystem in developing countries: A literature review. CA Discussion Paper 1 Colombo. Sri Lanka. India. pp. 23.
- Gallardo, A.; Geoestadística. Ecosistemas, 15: 48-58.
- Garay, E. 1982. Problemática en torno a la contaminación fecal de la Albufera. En: Jornadas sobre la problemática de la Albufera. Diputación Provincial de Valencia. Valencia. España. pp. 134.
- García, F. 1921. La repoblación de la Dehesa de la Albufera. Revista Montes. Número 1065. Volumen XLV, 426-433.
- García, J. 1979. La contaminación de la Huerta de Valencia. Del Senia al Segura eds. Valencia. España. pp. 533.
- García, J.; Ballesteros, M.I. 2005. Quality parameters evaluation for organic carbon determining in soils. Revista Colombiana de química, 34: 201-209.
- García, E.; Cabrejas, M. 1996. Medio ambiente y conflicto social: El caso de la Albufera de Valencia. Política y Sociedad, 23: 75-97.
- García, M.A.; Miguelsanz, P. 2009. Discriminación de láminas de agua con imágenes TERRASAR X en la Albufera de Valencia. Teledetección: Agua y desarrollo sostenible. Actas XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. pp. 117-120.
- Gardner, R.C.; Davidson, N.C. 2011. The Ramsar convention. En: Wetlands: integrating multidisciplinary concepts. LePage B.A.; eds. Springer. Dordrecht. Holanda. pp. 250.
- Garrido, M.S.; Giménez, E.; Ramon, M.I.; Gil, A.J. 2013. A high spatio-temporal methodology for monitoring dunes morphology based on precise GPS-NRTK profiles: TEST-CASE OF Dune of Mónsul on the south-east Spanish coastline. Aeolian Research, 8: 75-84.
- Ghabayen, S.M.S.; McKee, M.; Kemblowski, M. 2006. Ionic and isotopic ratios for identification of salinity sources and missing data in the Gaza aquifer. Journal of hydrology, 318: 360-373.
- Ghosh, N.; Adak, M.K.; Ghosh, P.D.; Gupta, S.; Sen Gupta, D.N.; Mandal, C. 2011. Differential responses of two rice varieties to salt stress. Plant Biotechnology, 5: 89 – 103.
- Gil, M. 1982. Situación ecológica actual. En: Jornadas sobre la problemática de la Albufera. Diputación Provincial de Valencia. Valencia. España. pp. 134.

- Gisbert, J.M. 1970. Estudio edafológico de los suelos de arrozal en la zona litoral de Puzol-Sagunto (Valencia). En: Jornadas arroceras en Valencia (25-27 junio). Federación sindical de agricultores arroceros de España, eds. Valencia. España. pp. 398.
- Gisbert, J.M. 1983. Informe: Estudio de los suelos de la zona de Torreblanca (Castellón). IRYDA (Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo) eds. Valencia. España. pp. 132.
- Gisbert, J.M. 1985. Informe: Estudio agronómico de los suelos hidromorfos del litoral del País Valenciano: Propiedades que afectan su utilización. Excelentísimo Diputación Provincial de Valencia eds. Colección: Instituto Alfonso el Magnánimo. Valencia. España. pp. 150.
- Gisbert, J.M. 2002. Taxonomía de Suelos (Soil Taxonomy-99). Universitat Politècnica de València. Valencia. España. pp. 392.
- Gisbert, J.M.; Ibáñez, S. 2002. Génesis de Suelos. Universidad Politècnica de Valencia. Valencia España. pp. 224.
- Gisbert, J.M.; Ibáñez, S.; Moreno, H.; Marqués, A. 2008. Estudio de los niveles del lago de la Albufera y su relación con los Tancats y la salinidad de las aguas. Universitat Politècnica de Valencia -Acción Especial Re 5222 PAIS-08-07. pp. 39
- Gisbert, J.M.; Marco, J. 2008. Estudio de los niveles del lago de la Albufera y sus relaciones con los tancats y la salinidad observada en suelos y agua. Informe. CVER (Centro Valenciano de Estudios del Riego). pp. 37.
- Gisbert, J.M.; Roquero, C. 1981. Anexo B: Toma de Muestras para prospecciones edafológicas. BOE, 1981. Nº 246. Madrid. España.
- Goberna, A.L. 2002. Contaminación en la Albufera: Análisis de sus Aguas. Centro Francisco Tomas y Valiente – UNED Alzira- Valencia. Colección interciencias. Valencia. España. pp. 116.
- Gómez, F.; Alonso, E.; Méndez, A.J.; Matías., R. 2004. Caracterización de la Turba del yacimiento de Caspueñas-Fuentes de la Alcarria (Guadalajara, España). Geogaceta ,35: 111-114
- Gómez de Barreda, D.; Gamón, M.; Lorenzo, E.; Lleó, C.; Ten, A.; Millán, M.R.; Pérez, M.T. 2002. Contaminación de canales por herbicidas en el Parque Natural de La Albufera. XXI Reunión del Grupo de trabajo de Malas Hierbas y Herbicidas. pp. 50–58.
- Gómez-Senent, E. 2002. El arroz en Valencia. Editorial de la Universitat Politècnica de València, eds. Valencia. España. pp. 164.
- Gómez-Serrano, M.; Sanjaume, E.; García, F.J. 2009. Dunas con vegetación esclerófila de *Cisto-Lavanduletalia*. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid. España. pp. 79.
- Greene, H. 1948. Utilisation des terres salines. Food and Agriculture organization of the United Nations - Etude agricole 3. FAO. pp. 53.

- Gundogdu, K.S.; Aslan, S.T.A. 2008. Mapping multi-year ground water salinity patterns in irrigation areas using time-series analysis of ground water salinity maps. *Hydrological processes*, 22: 821-826.
- GVA (Generalitat Valenciana. 1990. *Memoria tècnica i annexes: Pla especial del Parc Natural de la Albufera de Valencia*. Generalitat Valenciana- Conselleria d'Administracions públiques. Valencia. España. pp. 364.
- GVA (Generalitat Valenciana). 1996. Proyecto LUCDEME Mapa de Suelos de la Comunidad Valenciana. Valencia 722. Generalitat Valenciana-Conselleria de Agricultura y Medio Ambiente. Valencia. España. pp. 101.
- GVA (Generalitat Valenciana) - Conselleria de Medio Ambiente. 2002. Importancia del cultivo del arroz en el Parque Natural de l'Albufera. Oficina de Gestión técnica del Parc Natural de l'Albufera – Generalitat Valenciana. Valencia. España. pp. 36.
- Hassan, R.; Scholes, R.; Ash, N. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends; Findings of the Condition and Trends Working group. En: *The millenium Assessment Series*. Island Press. Washington. USA. pp. 917.
- Häkli, P. 2007. The virtual reference station concept in Finland- A case study. *Survey review*, 39: 145-155.
- Harris, J.; Loftis, J.C.; Montgomery, R.H. 1987. Statistical methods for characterizing ground-water quality. *Ground Water*, 25: 185-193.
- He, Y.; Sutter, T.; Prunty, L.; Hoppkins, D.; Jia, X.; Wysocki, D.A. 2012. Evaluation of 1:5 soil to water extract electrical conductivity methods. *Geoderma*, 185-186: 12-17.
- Heagle, D.; Hayashi, M.; Van der Kamp, G. 2013. Surface-subsurface salinity distribution and Exchange in a closed-basin prairie wetland. *Journal of Hydrology*, 478:1-14.
- Heenan, D.P.; Lewin, L.G.; McCaffery, D.W. 1988. Salinity tolerance in rice varieties at different growth stages. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 28: 343 – 349.
- Helsel, D.R.; Hirsch, R.M. 1992. *Statistical methods in water resources*. Studies in environmental sciences, 49: 1-522. Elsevier.
- Henríquez, C.; Killorn, R.; Bertsch, F.; Sancho, F. 2005. La geoestadística en el estudio de la variación espacial de la fertilidad del suelo mediante el uso del interpolador kriging. *Agronomía costarricense*, 29: 73-81.
- Hernández, C.A.; Moreno, I. 2010. Characteristics and classification of soils rice cultivation in La Palma, Pinar del Rio. *Cultivos tropicales*, 31: 37-47.
- Herrero, J.; Ba, A.A.; Aragües, R., 2003. Soil salinity and its distribution determined by sampling and electronic techniques. *Soil Use and Management*, 19: 119-126.

- Hinosoja, J. 2011. La Albufera. De lago Real a Parque Natural. 1ª edición, Ayuntamiento de Valencia. Valencia. España. pp. 294.
- Hogg, T.J.; Henry, L. 1984. Comparison of 1:1 and 1:2 suspensions and extracts with the saturation extract in estimating salinity in Saskatchewan soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 64: 699 – 704.
- Hondius, J. 1709. Valentia Regnum Cotestani Ptolomeo Edentani Plintio. Gerardum, A; Schenk, P., eds. Mapa original a escala: 1.540.000. Ámsterdam. © Instituto Geográfico Nacional de España.
- Honey, D. 1982. El arroz. Compañía Editorial Continental, México. pp. 716.
- Hunt, R.J.; Walker, J.F.; Krabbenhoft, D.P. 1999. Characterizing hydrology and the importance of ground-water discharge in natural and constructed wetlands. *Wetlands* 2: 458-472.
- Hunter, R.G.; Faulkner, S.P.; Gibson, K.A. 2008. The importance of hydrology in restoration of bottomland hardwood wetland functions. *Wetlands*, 28: 605-615.
- Hurt, G.W.; Carlisle, V.W. 2001. Delineating Hydric Soils. En: *Wetland soils: Genesis, Hydrology, Landscapes and Classification*. Richardson, J.L.; Vepraskas, M.J., eds. Lewis Publishers. New York. USA. pp.417.
- Ibrakhimov, M; Martius, C; Lamers, J.P.A; Tischbein, B. 2011. The dynamics of groundwater table and salinity over 17 years in Khorezm. *Agricultural water management*, 101: 52-61.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España). 1974. Mapa Geológico de España, E: 1/50.000. Hoja nº722 (Valencia). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España). 1980. Mapa Geológico de España, E: 1/50.000. Hoja nº747 (Sueca). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España). 2007. Comportamiento de los acuíferos ante las actuaciones de sequía en los sistemas de explotación Júcar y Turia. Madrid. España. pp. 207.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España). 2010. Análisis de la evolución y del estado de las masas de agua subterránea utilizadas en épocas de sequía en la cuenca del Júcar. Informe Final. Madrid. España. pp. 162.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España). 2011. Análisis de la evolución y del estado de las masas de agua subterránea utilizadas en épocas de sequía en la cuenca del Júcar. Informe Final. Madrid. España. pp. 192.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España). 2013a. Unidades hidrogeológicas de España. Disponible en www.igme.es Fecha de consulta: 10 de marzo 2013.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España). 2013b. Informe de seguimiento de indicadores de sequía en el ámbito territorial de la confederación. pp. 17.

- IGN-CNIG. 2005. Atlas Nacional de España. Edafología. 2ª Edición. Instituto Geográfico Nacional. Madrid. pp. 56.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2012. Datos sobre la producción de arroz. Disponible en www.ine.es Fecha de consulta: 22 de junio 2012.
- INITEC, 1990. Estudio de las zonas húmedas continentales de la España Peninsular. Inventario y tipificación. Dirección General de Obras Hidráulicas. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid. España. pp. 80.
- IRRI (International Rice Research Institute).1985. Wetland Soils: Characterization, Classification, and Utilization. IRRI. Laguna. Filipinas. pp. 559.
- Islam, S.N.; Gnauck, A. 2007. Effects of salinity intrusion in mangrove wetlands ecosystems in the sundarbans: An alternative approach for sustainable management. En: Wetlands monitoring, modelling and management. Okruszko, T.; Maltby, E.; Szatyłowicz, J.; Swiatek, D.; Kotowski, W., eds. Taylor & Francis. Londres. Reino Unido. pp. 347.
- IUSS – WRB (International Union of Soil Sciences –World Reference Base). 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos nº 103. FAO. Roma. Italia pp. 117.
- IVIA (Instituto Valenciano de investigaciones Agrarias). 2013. Datos meteorológicos-Servicio de Tecnología del Riego. Disponible en: www.ivia.es Fecha de consulta: 15 de enero de 2013.
- Jenny, H. 1941. Factors of soil formation. McGraw-Hill Hill Book Company, Inc. New York. USA. pp. 281.
- Jiejun, Y.; Linwang; Xuda, H; Chendjian, W. 2009. Assessment of surface and groundwater water quality at Regional scale. A case study of Laoshan District, China. 3rd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering. ICBBE 2009, 1-9.
- Jiménez, J. 2007. Arroz: Economía, naturaleza y paisaje. En: Arroz en el Parque Natural de l'Albufera: Un futuro sostenible. Libro de ponencias - Encuentro Ecorice. pp. 373.
- Jones, M.B. 2009. Freshwater Wetland resources and biology. En: Oceans and Aquatic ecosystems. Vol.1. Wolanskiay, E. eds. Disponible en www.eolss.net Fecha de consulta: 4 de julio de 2012.
- Jolly, I.D., McEwan, K.L.; Holland, K.L. 2008. A review of groundwater-surface water interactions in arid/semi-arid wetlands and the consequences of salinity for wetland ecology. *Ecohydrology*, 1: 43-58.
- Juan, P.; Mateu, J.; Jordan, M.M.; Mataix-Solera, J.; Meléndez-Pastor, I.; Navarro-Pedreño, J. 2011. Geostatistical methods to identify and map spatial variations of soil salinity. *Journal of Geochemical Exploration*, 108: 62-72.

- Junta de Andalucía, 2002. Plan Andaluz de Humedales. Conserjería de Agricultura- Junta de Andalucía. Sevilla. España pp. 252.
- Junta de Andalucía, 2012. Los humedales. Disponible en www.juntadeandalucia.com Fecha de consulta: 14 de agosto de 2012.
- Kadlec, R.H. 2006. Water temperature and evapotranspiration in surface flow wetlands in hot arid climate. *Ecological engineering*, 26: 328-340.
- Katz, B-G-; Eberts, S.m.; Kauffman, L.J. 2011. Using Cl/Br ratios and other indicators to assess potential impacts on groundwater quality from septic systems: A review and examples from principal aquifers in the United States. *Journal of Hydrology*, 397: 151-166.
- Knowles, L.; Iles, J.; Lu, Y.; Kobayashi, T.; Wen, L. 2012 Phosphorus dynamics in an ephemeral wetland ecosystem after re-flooding *Environmental Modelling and Software*, 35: 31-38.
- Kobayashi, T.; Wang, W.; Ikawa, Y.; Cho, H.; He, W. 2006. An easily measurable and practical index of soil salinity. *Journal of Japan Society of Hydrology & Water Resources*, 3: 183 - 188.
- Krupa, M.; Tate, K.W.; Van Kessel, C.; Sarwar, N.; Linqui, B.A. 2011. Water quality in rice-growing watersheds in a Mediterranean climate. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 144: 290–301.
- Kusler, J.A; Mitsch, W.J.; Larson, J.S. 1994. Humedales. *Revista de Investigación y Ciencia*, Marzo 1994: 6-13.
- Lacarra, J.; Cavanilles, A.J.; Jarque, F.; Sánchez, X. 1997. *Les Observacions de Cavanilles, Dos-cents anys després*. AA.VV. Fundació Bancaixa. 4 Tomos. Valencia. España.
- Lamontagne, M.P.; Provencher, M. 1977. Méthode de la détermination d'un indice d'appréciation de la qualité des aux selon différentes utilisations. *Service de la qualité des eaux. Ministère des Richesses naturelles. Québec. W.E. 34. pp. 225.*
- Lamontagne, S.; Leaney, F.W.; Herczeg, A.L. 2005. Groundwater-surface water interactions in a large semi-arid floodplain: implications for salinity management. *Hydrological processes*, 19: 3063-3080.
- Lehner, B.; Döll, P. 2004. Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands. *Journal of Hydrology*, 296:1-22.
- Lenahan, M.J; Bristow, K.L. 2010. Understanding sub-surface solute distributions and salinization mechanisms in a tropical coastal floodplain groundwater system. *Journal of hydrology*, 390: 131-142.
- LePage, B.A. 2011. Wetlands: A Multidisciplinary perspective. En: *Wetlands: integrating multidisciplinary concepts*. LePage B.A. (Eds.) Srpinger. Dorrecht. Holanda. pp. 250.
- Lewis, W.M. 1995. *Wetlands: Characteristics and boundaries*. Committee on Characterization of wetlands - National academy press. Washington. USA. pp. 308.

- Li, H.Y.; Shi, Z.; Webster, R.; Triantafilis, J. 2013. Mapping the three-dimensional variation of soil salinity in a rice-paddy soil. *Geoderma*, 195-196: 31-41.
- LIFE. 2012. Proyecto de Restauración de dunas litorales de Devesa de la Albufera de Valencia. Disponible en www.lifeduna.com Fecha de consulta: 4 de febrero de 2012.
- López, A. 1975. El origen de los riegos valencianos. II. La división del agua. *Cuadernos de geografía*, 17: 1-38.
- López, A.; Olmos, V.S. 1986. *Aproximació a la toponímia històrica catarroquina (segles XVII-XVIII)*. Butlletí de la Societat d'Onomàstica, XXIII: 150-159.
- López, J. 2003. Estado de la intrusión marina en la Unidad Hidrogeológica 08.25. Plana de Valencia Norte (Sector oriental de la Península Ibérica). *Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros TIAC'03*, 563-584.
- López, J.A.; Moreno, L.; Navarrete, P. 1997. Guía operativa para la recogida, almacenamiento y transporte de muestras de aguas subterráneas destinadas al análisis químico y bacteriológico. IGME. Madrid. España. pp. 27.
- López-Geta, J.A. 2009. Importancia e hidrogeología en la investigación y gestión de los humedales. En: *La geología e hidrogeología en la investigación de humedales*. López-Geta, J.A.; Fornés J.M., eds. IGME- Ministerio de Ciencia e Innovación-Junta de Andalucía. Madrid. España. pp. 306.
- Lowry, J. 2005. La utilización de programas y datos de SIG de bajo costo para el inventario, la evaluación y el monitoreo de humedales. Informe Técnico de Ramsar número 2. Secretaria de Convención Ramsar. Gland. Suiza. pp. 25.
- Lucena-Moya, P.; Gómez-Rodríguez, C.; Pardo, I. 2012. Spatio-Temporal Variability in Water Chemistry of Mediterranean Coastal Lagoons and its Management Implications. *Wetlands*, 32:1033–1045.
- Lynn, W.C.; Kinzie, W.E.; Grossman, R.B. 1974. Criteria used in Soil Taxonomy to Classify Organic Soils. En: *Histosols: Their characteristics, classification and use*. Soil Science Society of America. Wisconsin. USA. pp. 136.
- MAAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).2012a. informe de seguimiento del índice de estado de la red básica de piezometría en el ámbito territorial de la confederación hidrográfica del Júcar – Septiembre 2012. C.H.J. pp. 19
- MAAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).2012b. informe de seguimiento del índice de estado de la red básica de piezometría en el ámbito territorial de la confederación hidrográfica del Júcar –Diciembre 2012. C.H.J. pp. 20
- MAAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). 2013a. Boletín mensual de estadística Febrero 2013. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. pp. 72.

- MAAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).2013b. informe de seguimiento del índice de estado de la red básica de piezometría en el ámbito territorial de la confederación hidrográfica del Júcar –Mayo 2013. C.H.J. pp. 20
- Maassena, S.; Ballaa, D.; Kalettkaa, T.; Gabriel, O. 2012. Screening of prevailing processes that drive surface water quality of running waters in a cultivated wetland region of Germany - A multivariate approach. *Science of the Total Environment*, 438: 154–165.
- MAHSC (Mid-Atlantic Hydric Soils Committee). 2004. A guide to hydric soils in the Mid-Atlantic Region –version 1.0. Vasilas, L.M.; Vasila, B.L., eds. USDA-NRCS. Morgantown. USA. pp.129.
- Manzano, M. 2001. Clasificación de los humedales de Doñana atendiendo a su funcionamiento hidrológico. *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, XXIV: 57- 75.
- Manzano, M.; Borja, F.; Montes, C. 2002. Metodología de tipificación hidrológica de los humedales españoles con vistas a su valoración funcional y a su gestión. Aplicación a los humedales de Doñana. *Boletín Geológico y Minero*, 113: 313-330.
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). 1994. Métodos oficiales de análisis. Tomo III. Madrid. España. pp. 662.
- Marco, J. 2007a. El Marco Hidrológico de la Albufera: La evolución de un Problema Común. En: *Arroz en el Parque Natural de l'Albufera: Un futuro sostenible*. Libro de ponencias - Encuentro Ecorice. pp. 373.
- Marco, J. 2007b. Estudio de Flujos del Sistema Hidráulico de l'Albufera de Valencia. Informe del Centro Valenciano de Estudios del Riego (CVER). Valencia. España. pp. 57.
- Marco, J. 2010. Ecología y geoquímica de ostrácodos como indicadores paleoambientales en ambientes marginales marinos.: Un ejemplo de estudio. *La Albufera de Valencia –Tesis Doctoral*. Universitat de València. Valencia. pp. 300.
- Margalef, R.; Mir, M. 1973. Indicadors de canvis de salinitat en els sediments de l'Albufera de València. *Treballs Societat Catalana de Biologia*, 32: 111-117.
- Marie, A.; Vengosh, A. 2001. Sources of salinity in Ground Water from Jericho Area, Jordan Valley. *Ground Water*, 39: 240-248.
- Maroto, J.V.1998. Historia de la Agronomía. Una visión de la evolución histórica de las ciencias y técnicas agrarias. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. pp. 371.
- Martín, M; Confederación Hidrográfica del Júcar. 2008. El Sistema de Filtros Verdes del Tancat de la Pipa. *Ambienta*, 83:53-56.
- Martín, M.; Oliver, N.; Hernández-Crespo, C.; Gargallo, S.; Regidor, M.C. 2013. The use of free water constructed wetland to treat the eutrophicated waters of lake L'Albufera de Valencia (Spain). *Ecological Engineering*, 50: 52-61.

- Martínez, F. J. 2003. Estudio agronómico y ambiental del riego con Aguas residuales depuradas en el cultivo del arroz. Aplicación a una línea de riego en el Parque Natural de la Albufera (Valencia)- Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. pp. 365.
- Martínez A.; Pontevedra, X; Nóvoa, J. C.; Fernández, R.; López-Sáez, J. A. 2009. Turberas ácidas de esfagnos. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, eds. Madrid. España. pp. 64.
- Matthews, D.V.T. 1993. The Ramsar Convention on Wetlands: its History and Development. Luthi, E.; Ramsar, eds. Gland. Switzerland. pp. 87.
- Mateu, E. 1987. Arroz y Paludismo: Riqueza y conflictos en la sociedad valenciana del siglo XVIII. Alfons el Magnànim eds. Valencia. España. pp. 196.
- Maynard S.; James, D.; Davidson, A. 2010. The Development of an Ecosystem Services Framework for South East Queensland. Environmental Management, 45: 881-95.
- Mausbach, M.J.; Blake, W. 2001. Background and History of the concept of Hydric Soils. En: Wetland soils: Genesis, Hydrology, Landscapes and Classification. Richardson, J.L.; Vepraskas, M.J., eds. Lewis Publishers. New York. USA. pp.417.
- MBW&SR (Minnesota Board of Water & Soil Resources). 2013. Hydrologic monitoring of Wetlands. Minnesota. USA. pp. 44
- McCartney, M.P.; Masiyandima, M.; Houghton-Carr, H.A. 2005 Working Wetlands: Classifying Wetland Potential for Agriculture. Research report nº 90. IWMI – International Water Management Institute. Colombo. Sri Lanka. India. pp. 44.
- McEwan, K.; Jolly, I.; Holland, K. 2006. Groundwater-surface water interactions in arid/semi-arid wetlands and the consequences of salinity for wetland ecology. CSIRO land and water science report 53/06. pp. 36.
- McInnes, R.J. 2011. Managing Wetlands for Multifunctional Benefits. En: Wetlands: integrating multidisciplinary concepts. LePage B.A.; eds. Springer. Dorrecht. Holanda. pp. 250.
- McKinzie, W.E. 1974. Criteria used in Soil Taxonomy to Classify Organic Soils. En: Histosols: Their characteristics, classification and use. Soil Science Society of America. Wisconsin. USA. pp. 136.
- Mercator, G.; Hondius, H. 1632. *Regni Valentiae Typus - Atlas Minor*. Hondius, H.; Janssonius, J., eds. Mapa original a escala: 1.100.000. Ámsterdam. © Instituto Geográfico Nacional de España.
- Mesonero, R. 1838. España Pintoresca: La Albufera de Valencia. Semanario Pintoresco, 139: 783-784.
- Mid-Atlantic Hydric Soils Committee. 2004. A guide to Hydric soils in the Mid-Atlantic Region. Version 1.0. Vasilas, L.M.; Vasilas, B.L., eds. USDA- NRCS- Morgantown. USA. pp. 129.

- MIE (Ministerio de Industria y Energía). 1977. Los recursos hidráulicos de la cuenca media y baja del Júcar. Su utilización actual y desarrollo de futuro. Plan Nacional de Investigación en Aguas Subterráneas Investigación Hidrogeológica de la cuenca media y baja del río Júcar. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. España. pp. 92
- MIE (Ministerio de Industria y Energía). 1981. Calidad de las Aguas subterráneas en las cuencas media y baja del río Júcar (primer informe). Madrid. España. pp. 92
- Millana, B.C.; Cuaranta, B. 1852. Atlas de España de Bachiller. Provincia de Valencia. Mapa original a escala: 1.730.000.Madrid. © Instituto Geográfico Nacional de España.
- Milnes, E. 2011. Process-based groundwater salinization risk assessment methodology: Application to the Akrotiri aquifer (Southern Cyprus). *Journal of hydrology*, 399: 29-47.
- Ming, P.; Li, Y.; Sumner, M.E. 2012. *Handbook of Soil Sciences: Properties and Processes 2ª Edition*. Taylor & Francis-CRC Press. Boca Raton. USA. pp. 1442.
- Ministerio de Agricultura. 1952. Memoria (Tomo I): Mapa agronómico nacional. Hoja número 747-Comarca de Sueca. Ed. Gráficas Reunidas S.A. Madrid. España. pp. 220.
- Ministerio de Medio Ambiente. 2007. Informe de sostenibilidad ambiental del plan especial de alerta y eventual sequía en la confederación del Júcar. Confederación Hidrográfica del Júcar.
- Mintegui, J.A. 1986. La erosión en la sedimentación de la Albufera. *Revista Montes*, 12: 39-42.
- Mira, J. 1906. El lago y la dehesa de la Albufera. *Revista Montes*, 708: 397-405.
- Mitsch, W.J; Gosselink, J.G. 2000. The value of wetlands: importance of scale and landscale setting. *Ecological Economics*, 35: 25-33.
- Mitsch, W.J; Gosselink, J.G. 2007. *Wetlands*. 4th edition. John Wiley and Sons. Hoboken. New Jersey. USA. pp. 600.
- Mitsch, W.J; Gosselink, J.G.; Anderson, C.J.; Zhang, Li. 2009. *Wetland ecosystems*. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey. USA. pp. 285.
- Moliner, J.M. 1982. Geología. En: *Jornadas sobre la problemática de la Albufera*. Diputación Provincial de Valencia. Valencia. España. pp. 134.
- Monblach, F. 1960. *Historia de la Albufera de Valencia*. 1ª edición, Ayuntamiento de Valencia. Valencia. España. pp. 485.
- Mondal, N.C.; Singh, V.P.; Singh, V.S.; Saxena, V.K. 2010. Determining the interaction between groundwater major ions chemistry. *Journal of Hydrology*, 388: 100-111. En: *GeoENV VII - Geostatistics for Environmental Applications: Proceedings of the Seventh European Conference on Geostatistics for Environmental Applications*. Atkinson, P.M.; Lloyd, C.D., eds. Southampton. Reino Unido. pp. 419.

- Montes, C. 1995. Inventario y clasificación de lagos y humedales españoles. Tipificación y clasificación de humedales: bases para la elaboración de modelos de actuación y gestión prioritarios. DGOH-SEPOH-MOPT - MA. Madrid. España.
- Montes, C.; Redón-Martos, M.; Varela, L.; Cappa, M.J. 2007. Manual de restauración de humedales mediterráneos. Conserjería de Medio Ambiente. Sevilla. España. pp. 233.
- Montgomery, D.C.; Peck, E.A.; Geoffrey, G. 2012. Introductions to linear regression analysis. 5ª edition. John Wiley & Sons. Inc. New Jersey. USA. pp. 152
- Monirul, M.; Meerschman, E.; Saey, T.; De Smedt, P.; Van de Viejver, E.; Van Meirvenne, M. 2012. Comparing apparent electrical conductivity measurements on a paddy field under flooded and drained conditions. *Precision agriculture*, 13: 384-392.
- Moore, G.E.; Burdick, D.M.; Peter, C.R.; Keirstead, D.R. 2011. Mapping soil pore water salinity of tidal marsh habitats using electromagnetic induction in great bay estuary, USA. *Wetlands*, 31: 309-318.
- Moorman, F.R. 1981. The classification of "paddy soils" as related to soil Taxonomy. *Proceedings of Symposium on Paddy Soils*, 1: 139-150.
- Moormann, F.R.; Van Breemen, N. 1978. *Rice: Soil, Water, Land*. IWWI, Manila. Filipinas. pp. 185
- Morell, I. 1989. Salinización por intrusión marina. Aplicación a los acuíferos costeros de la provincial de Castellón. *Colecció universitària de la Diputació de Castelló*. Castellón de la Plana. España. pp. 2011.
- Munsell Color Co. 1994. *Munsell Soil Color Charts*, Munsell Color Company, New York. USA.
- National Wetlands Working Group. 1988. *Wetlands of Canada – Ecological wetlands classification series 24*. Polyscience Publications. Montreal. Quebec. Canada. pp. 452.
- Navarro, A. 2001. *Desarrollo Rural y Medio Ambiente: Posibilidad de agricultura integrada en un área natural protegida (Parque Natural de la Albufera)*. Serie Estudios. Generalitat Valenciana. Valencia. España. pp. 87
- NEHSTC (New England Hydric Soils Technical Committee). 2004. *Field Indicators for Identifying Hydric Soils in New England*. 3rd edition. New England Interstate Water Pollution Control Commission. Lowell. USA. pp. 90
- Nesoil, 2010; *Methods for conducting a subaqueous soil survey: Draft*. Disponible en <http://nesoil.com> Fecha de consulta: 27 de enero de 2010
- Neue, H.U.; Quijano, C.; Senadhira, D.; Setter, T. 1998. Strategies for dealing with micronutrient disorders and salinity in lowland rice systems. *Field crops research*, 56: 139-155.
- Newhall, F. 1976. *Calculation of Soil Moisture Regimes from the climatic record*. USDA Soil Conservation Service. Washington DC. USA. pp. 22.

- Nicholas, G.P. 1998. Wetlands and hunter-gatherers: A global perspective. *Current Anthropology*, 39: 720-731.
- Noble, C. 2006. Water table monitoring project design. WRAP Technical notes collection. ERDC TN –WRAP-06-02. U.S.Army Engineer Research Development center. Vicksburg. USA. pp. 12.
- Nouri, J.; Mirbagheri, S.; Farrokhan, F.; Jaafarzadeh, N.; Alesheikh, A. 2010. Water quality variability and eutrophic state in wet and dry years in wetlands of the semiarid and arid regions. *Environmental Earth Sciences*, 59: 1397-1407.
- NRC- CNRC (Natural Resources center – Canadian Natural Resources Center). 1998. The Canadian System of Soil Classification, 3rd ed. Agriculture and Agri-Food Canada Publication 1646, 187 pp.
- NRCS (National Resources Conservation Service). 2005. Glossary of terms for subaqueous soils, landscapes, landforms, and parent materials of estuaries and lagoons. Subaqueous Soils Subcommittee of the Standing Committee on NCSS Standards National Cooperative. pp. 1-9
- Nyman, J.A. 2011. Wetlands: Ecological functions of Wetlands En: *Wetlands: integrating multidisciplinary concepts*. LePage B.A., eds. Springer. Dorrecht. Holanda. pp. 250.
- Odum, H.T.; Copeland, B.J.; McMahan, E.A. 1974. Coastal Ecological Systems of the United States. Odum, H.T.; Copeland, B.J.; McMahan, E., eds. Conservation Foundation. Washington. USA. pp. 533.
- Olías, M.; Cerón, J.C.; Fernández, I. 2005. Sobre la utilización de la clasificación de las aguas de riego del U.S.Laboratory Salinity (USLS). *Geogaceta*, 37: 111-113.
- Olmos, V. 1983. *Els fonaments de l'Horta-Albufera contemporània*. Ajuntament de Catarroja eds. Valencia. España. pp. 136.
- Oltra, C. 2007. El cultivo del arroz en el Parque Natural de l'Albufera. En: *Arroz en el Parque Natural de l'Albufera: Un futuro sostenible*. Libro de ponencias - Encuentro Ecorice. pp. 373.
- Oltra, J.E.; Navarro, A.J.; Fos, S.; Ferrer, P.P.; Pérez, P.; Pérez, J.; Serra, L.; Peña, C.; Sebastián, A.; Laguna, E.; DelToro, V.I.; Ballester, G. 2011. Nuevas aportaciones corológicas a las especies protegidas de la flora Valenciana. *Flora Montibérica*, 49: 45-59.
- Ontañón, J.M. 1968. Suelos de España Peninsular (Mapa). Clasificado de acuerdo con el Sistema SCS-USDA. Madrid. España.
- Ontañón, J.M. 1970. Suelos de España Peninsular (Mapa). Nomenclatura FAO. Madrid. España.
- Ontañón, J.M. 1973. Suelos de España Peninsular (Mapa). Clasificado de acuerdo con el Sistema de clasificación F.A.O. Madrid. España.
- Ortelius, A. 1584. *Valentiae Regni, olim Contestanorum si Ptolemaeo, Edetanorum si Plinio Credimus Typus - Theatrum Orbis Terrarum*. Mapa original a escala: 1.600.000. Amberes. © Instituto Geográfico Nacional de España.

- Ouyang, Y. 2005. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. *Water Research*, 39: 2621–2635
- Ovalles, F.A. 2003. El Color del suelo: definiciones e interpretación. *Ceniap Hoy*, nº 3. pp.9.
- Panno, S.V.; Hackley, K.C.; Hwang, H.H.; Greenberg, S.E.; NKrapac, I.G.; Landsberger, S.; O’Kelly, D.J. 2006. Characterization and Identification of Na-Cl sources in groundwater. *Ground Water*, 44: 167-178.
- Parker, W.R. 1992. Rationale for Hydric Soils criteria. Paper presentado a la NTSC en Agosto de 1992, 17-20.
- Pascual, J.A.; Añó, C.; Sánchez, J. 2004. Dinámica reciente de sellado artificial del suelo en espacios fluvio-litorales mediterráneos. El entorno metropolitano de Valencia. En: Medio ambiente, recursos y riesgos naturales: análisis mediante tecnología SIG y Teledetección. Conesa, C.; Álvarez, Y.; Martínez, J.B., eds. Universidad de Murcia. Murcia. España. pp 451.
- Payne, M.K.; Turenne, J. 2009. Mapping the new frontier of soil survey: Rhode Island’s MapCoast Partnership. *Soil survey Horizons*, 50:86-89.
- Pendleton, L.H. 2009. The Economic and market value of Coasts and Estuaries: What’s At Stake? Pendleton, L.H, eds. Arlington. USA. pp. 175.
- Peña, C.; Sebastián, A.; Laguna, E. 2003. *Cyperus papyrus* L. en la Albufera de Valencia. *Flora Montibérica*, 23: 44-45.
- Peris, E.; Requena, S.; De la Guardia, M.; Pastor, A.; Carrasco, J.M. 2005. Organochlorinated pesticides in sediments from the lake Albufera of Valencia (Spain). *Chemosphere*, 60: 1542-1549.
- Peris, J.B.; Sanchis, E.; Roig, C. 1994. Relación suelo/vegetación en la Plana Cuaternaria del Golfo de Valencia. *Cuadernos de Geografía*, 56: 155-162.
- Pérez, L.V. 2000. La primera descripción de la Albufera de Valencia y sus etnónimos asociados. En: Torrens; *Estudis i investigacions de Torrent i Comarca*. Ajuntament de Torrent, eds. Torrent (Valencia). España. pp. 294.
- Pérez, T.V. 1991. *Arròs, paludisme i població a la comarca de l’horta. L’epidemia de 1784*. *Revista Afers*, 11-12: 137-150
- Pérez, F. 2011. *L’Albufera Viva*. Ajuntament de Valencia. Valencia. España. pp. 327.
- Pernía, J.M.; Cuesta, F.; Ballesteros, B.; Barba-Romero, J.; García, E. 1996. Jornadas sobre el libro blanco de las aguas subterráneas. Madrid. España.
- Piera, E. 1988. *El cas de l’Albufera. Monografies 6*. Generalitat Valenciana- Conselleria d’Obres publiques, urbanisme i transports. Valencia. España. pp. 152.

- Primo, E.; Cuñat, P.; Carrasco, J.M.; Blanco, C.; Martínez, M. 1975. Contaminación de la Albufera de Valencia II. Niveles de contaminación por residuos urbanos durante el trienio 1972-1974. *Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 15: 98-112.
- Prince, H. 1997. *Wetlands of the American Midwest: A Historical Geography of Changing Attitudes*. University of Chicago. Chicago. USA. pp. 399.
- Ponnamperuma, F.N. 1977. Physiochemical properties of submerged soils in relation to fertility. IRRRI Research paper series nº5. International research institute. Manila. Filipinas. pp.32.
- Pons, L.J.; Zonneveld, I.S. 1965. Soil ripening and soil classification. Initial soil formation in alluvial deposits and a classification of the resulting soils. Publication nº13. International Institute for land reclamation and Improvement. Wageningen. Holanda. p p.130.
- Pontevedra, X.; Martínez, A. 2004. Turberas de Galicia: Procesos formativos, distribución y valor medioambiental. El caso particular de las "Serras septentrionais". *Chioglossa*, 2: 103 -121.
- Porras, J.; Nieto, P.; EPTISA; Álvarez-Fernández, C.; Fernández, A.; Gimeno, M.V. 1985. Calidad y Contaminación de las Aguas subterráneas en España. IGME (Instituto Geológico y Minero de España). Madrid. España. pp.281
- Porta, J.; López-Acevedo, M.; Roquero, C. 2003. *Edafología para la agricultura y el Medio Ambiente*. 3ª Edición. Mundi-Prensa. Madrid. España. pp. 929.
- Pulido-Leboeuf, P.; Pulido-Bosch, A.; Calvache, M.L. 2002. Distribución espacial e índices factoriales de ACP aplicado a parámetros fisicoquímicos de aguas subterráneas (Castell de Ferro, Granada). *Geogaceta*, 31: 79-81.
- Quadir, M.; Ghafoor, A.; Murtaza, G. 2000. Amelioration strategies for saline soils: A review. *Land degradation & Development*, 11: 501-521.
- Quantin, C.; HGrünberger, O.; Suvannang, N.; Bourdon, E. 2008. Land management effects on Biogeochemical functioning of salt-affected paddy soils. *Pedosphere*, 18: 183-194.
- Quesada, A; Leganés, F.; Fernández-Valiente, E. 1997. Environmental Factors Controlling N fixation in Mediterranean Rice Fields. *Microbial Ecology*, 34: 39-48.
- Quesada, A.; Sánchez-Maeso, E.; Fernández-Valiente, E. 1995. Seasonal variations in the physical and chemical characteristics of a shallow water ecosystem, the rice fields of Valencia, Spain. *Arch. Hydrobiol*, 132: 495-511.
- Quinn, N.W.T.; Ortega, R.; Rahilly, P.J.A.; Royer, C.W. 2010. Use of environmental sensors and sensor network to develop water and salinity budget for seasonal wetland real-time water quality management. *Environmental modelling & software*, 25: 1045-1058.
- RAMSAR. 2001. The cultural heritage of wetlands. Ramsar secretariat. pp. 11.
- RAMSAR. 2013. Contracting Parties in order of their accession. Disponible en www.ramsar.org Fecha de consulta: 5 de marzo de 2013.

- Reddy, R.; DeLaune, R. 2008. Biogeochemistry of Wetlands. Science and Application. CRC Press-Taylor & Francis. Boca Raton. USA. pp. 774.
- Requena, S. 2001. Caracterización y aprovechamiento de los sedimentos del lago de la Albufera – Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. pp. 264.
- Reza, M. 2010. Effect of NaCl on some physiological parameters of rice. *European Journal of botanical science*, 3:6-16.
- Rhoades, J.; 1972. Quality of water irrigation. *Soil science*, 113:277-284
- Rhoades, J.D.; Mantegui, N.A.; Shouse, P.J.; Alves, W.J. 1989 Estimating soil salinity from saturated soil-paste electrical conductivity. *Soil Science Society American Journal*, 53:428-433.
- Rhoades, J.D.; Chanduvi, F.; Lesh, S.M. 1999. Soil salinity assessment. Methods and interpretation of electrical conductivity measurements. *FAO Irrigation and Drainage Paper 57*. FAO. Rome. pp. 150.
- Rhoades, J.D.; Kandiah, A.; Mashali. A.M. 1992. The use of saline waters for crop production. *Irrigation and Drainage paper nº 48*. FAO (Food and Agriculture organization of the United Nations). Roma. Italia. pp. 133.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Agriculture Handbook nº60*. USSL. USDA (United States Department of Agriculture). Riverside. California. USA. pp. 165.
- Richardson, J.L.; Arndt, J.L.; Montgomery, J.A. 2001. Hydrology of wetland and related soils. En: *Wetland soils: Genesis, Hydrology, Landscapes and Classification*. Richardson, J.L.; Vepraskas, M.J., eds. Lewis Publisher. New York. USA. pp.417.
- Riera, J. 1983. Estudios y documentos sobre arroz y paludismo en Valencia (siglo XVIII). Universidad de Valladolid. Salamanca. España. pp. 194.
- Rijsberman, F.; De Silva, S. 2006. Sustainable Agriculture and Wetlands. En: *Wetlands and Natural Resource Management*. Verhoeven, J.T.A.; Beltman, B.; Whigham, D.F.; Bobbink, C.; eds. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp. 341.
- Robinson, G.W.; Zhu, S.; Singh, S.; Evans, M.W. 1996. *Water in Biology, Chemistry and Physics*. World Scientific Publishing. London. Reino Unido. pp. 528.
- Rodrigo, M.A.; Alonso-Guillén, J.L.; Cirujano, S.; Soulié-Märsche, I. 2009. Aproximación a las comunidades de crófitos que existieron en la Albufera de Valencia a partir del estudio de las oósporas del sedimento. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 66: 195-208.
- Roger, A. 1996. Biology and Management of the floodwater ecosystem in rice fields. *International Rice Research Institute*. Manila. Philipines. pp. 250.
- Roselló, J. 1982. Contaminación de la Albufera y sus causas. En: *Jornadas sobre la problemática de la Albufera*. Diputación Provincial de Valencia. Valencia. España. pp. 134.

- Roselló, V.M. 1972. Los ríos Júcar y Turia en la génesis de la Albufera de Valencia. Cuadernos de Geografía, 11:7-25.
- Roselló, V.M. 1987. *Les salines de l'Albufera: Un enigma històric i una hipòtesi geogràfica*. Cuadernos de Geografía, 42: 113-132.
- Roselló, V.M. 1993. Albuferas Mediterráneas. Cuadernos de Geografía, 53: 35-64.
- Roselló, V.M. 1995. L'Albufera de Valencia. 1ª edición. Publicacions Abadía de Montserrat. Barcelona. España. pp. 190.
- Rozemejeier, J.C.; Broers, H.P. 2007. The groundwater contribution to surface water contamination in a region with intensive agricultural land use (Noord-Brabant, The Netherlands) *Environmental pollution*, 148: 695-706.
- Rubio, J.L.; Andreu, V.; Sanchis, E. 1998. Los suelos de la devesa de la Albufera de Valencia. *Revista d'estudis autonòmics*, 29: 129-136.
- Sala, D. 1999. Viajeros franceses por la Valencia del siglo XVII. Ajuntament de Valencia. Valencia. España. pp. 270.
- Salama, R.B.; Otto, C.J.; Fitzpatrick, W. 1999. Contributions of groundwater conditions to soil and water salinization. *Hydrogeology Journal*, 7: 46-64.
- Sánchez, I.J. 2011. Estudio de la modificación de las características del suelo en el sistema de humedales artificiales del "Tancat de Pipa" (Albufera de Valencia). Universitat Politècnica de València. Valencia. España. pp. 129.
- Sánchez-Martos, F.; Pulido-Bosch, A.; Molina-Sánchez, L.; Vallejos-Izquierdo, A. 2002. Identification of the origin of salinization in groundwater using minor ions (Lower Andarax, Southeast Spain). *The science of the total Environment*, 297: 43-58.
- Sánchez-Martos, F.; Pulido, A.; Vallejos, A.; Gisbert, J.; Pulido, P. 2003. Identificación de la interfase agua dulce-agua de mar en el delta del río Andarax (Almería). En: *Tecnología de la intrusión marina en acuíferos costeros: países mediterráneos*. IGME. Madrid. España. pp. 95-102.
- Sanchis, C. 2001. *Regadiu i canvi ambiental a l'Albufera de València*. SPUV, Valencia. España. pp. 332.
- Sanchis, C. 2007. L'Albufera de Valencia: Sistema natural y producto humano. En: *Arroz en el Parque Natural de l'Albufera: Un futuro sostenible*. Libro de ponencias - Encuentro Ecorice. pp. 373.
- Sanchis, C. 2011. *L'Albufera de València. Cinquanta anys d'eutròfia*. Revista Mètode, 71: 32-41.
- Sanjaume, E. 1974. El cordón litoral de la Albufera de Valencia: Estudio sedimentológico. Cuadernos de Geografía, 14: 61-96.
- Sanjaume, E.; Pardo, J.E. 1999. Albuferas litorales: estado de la cuestión. En: *Geomorfología litoral: Procesos activos*. De Andrés, J.R.; Gracia, F.J., eds. Madrid. España. . 255.

- Sanjaume, E.; Segura, F.; López, M^aJ.; Pardo, J. 1992. Tasas de sedimentación en l'Albufera de Valencia. Cuadernos de Geografía, 51: 63-81.
- Santander, K. 2007. Evaluación de la calidad fisicoquímica de las aguas del P.N de l'Albufera de Valencia. Valoración ecotoxicológica – Proyecto Final de Carrera. Universitat Politècnica de València. pp. 106.
- Santisteban, C.; Marco-Barba, J.; Miracle, M.R. 2009. La evolución Holocena de la Albufera de Valencia. Geogaceta, 46: 99-102.
- Scardaci, S.C.; Eke, A.u.; Hill, J.E.; Shannon, M.C.; Rhoades, J.D. 1996. Water and soil salinity studies on California Rice. Rice publication nº 2. California. pp. 9.
- Schoeneberger, P.J.; Wysocki, D.A.; Benham, E.C.; Broderson, W.D. 2002. Field book for describing and sampling soils. Version 2.0. NRCS-USDA. Lincoln. USA. pp.228.
- Schot, P.P.; Pieber, S.M. 2012. Spatial and temporal variations in shallow wetland groundwater quality. Journal of Hydrology, 422-423: 43-52.
- Schwertmann, U. 1993. Relations between iron oxides, Soil color and Soil formation. En: Minerals in soil environments. Dixon, J.B.; Weed, S.B., eds. Soil Science Society of America. Madison. USA. pp. 948
- Schwertmann, U.; Taylor R.M. 1989. Iron oxides En: Soil Color, SSSA Special Publication No 31. Bigham, J.M.; Ciolkosz, E.J., eds. Soil Science Society of America. Madison. USA. pp. 159.
- SCS (Soil Conservation Service). 1986. Food Security Act Manual. USDA- SCS. Washington, DC. USA. pp. 127.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. 2010a. Manejo de Humedales: Marcos para manejar Humedales de Importancia Internacional y otros humedales. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4^a edición, vol 18. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland. Suiza. pp. 102.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. 2010b. Uso racional de los humedales: Conceptos y enfoques para el uso racional de los humedales. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4^a edición, vol 1. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland. Suiza. pp. 59.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. 2013. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 6a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland. Suiza. pp. 120.
- Senadhira, D.; Zapata-Arias, F.J.; Greorio, G.B.; Alejar, M.S.; de la Cruz, H.C.; Padolina, T.F.; Galvez, A.M. 2002. Development of the firsts salt-tolerant rice cultivar through indica/indica anther culture. Field Crops Research, 76: 103-110.

- Sendra, J.B. 1997. Cambios químicos en suelos inundados y abonados del arroz. En: El cultivo del arroz en clima mediterráneo. Dirección General de Investigación y formación agraria de la Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla. España. pp. 468.
- Serra, J.; Salvador, A.; De la Guardia, M. 1988. Contenido de materia orgánica disuelta en las aguas de La Albufera de Valencia y de las acequias que vierten A la misma. Revista de agroquímica y tecnología de alimentos, 28: 56-66.
- Servent, J. 2004. *Serapias parviflora* Parl. En la Dehesa de la Albufera (Valencia). Flora Monteibérica, 27: 3-4.
- Shaffer, P.W.; Cole, A. Kentula, M.E.; Brooks, R.P. 2000. Effects of measurement frequency on water-level summary statistics. Wetlands, 20: 148-161.
- Shapiro, S.S.; Wilk, M.B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika, 52: 591-611.
- Shaw, S.P.; Fredine, C.G. 1956. Wetlands of United States, their extent and their value for waterfowl and other wildlife. Circular 39, U.S.Fish and Wildlife services. U.S. Department of interior, Washington. USA. pp. 67.
- Shiklomanov, I. 1993. World fresh water resources. En: Water in Crisis: A Guide to the World's Freshwater Resources. Gleick, P., eds. Oxford University Press. New York. USA. pp. 498.
- Simonson, R.W. 1959. Outline of a generalized theory of soil formation. Soil Science Society of America Proceedings, 23:152-156.
- Sipple, W.S. 1988. Wetland identification and delineation manual. Office of Wetlands Protection, Office of Water - U.S. Environmental Protection Agency. Washington DC. USA. 2 Volumes.
- Slavich, P.G.; Petterson, G.H. 1990. Estimating solution extract salinity from soil paste electrical conductivity. An evaluation of procedures. Australian Journal of Soil Research, 28: 517- 522.
- Slavich, P.G.; Petterson, G.H. 1993. Estimating the electrical conductivity of saturated paste extracts from 1:5 Soil: Water suspensions and texture. Australian Journal of Soil Research, 31: 73 - 81.
- Smith, M.J.; Sabine, E.; Schreiber, G.; Kohout, M.; Ough, K.; Lennie, R.; Turnbull, D.; Jin, C.; Clancy, T. 2007. Wetlands as landscape units: spatial patterns in salinity and water chemistry. Wetlands and Ecology Management, 15: 95- 103.
- Snoeyink, V.L.; Jenkins, D. 1999. Química del Agua. Noriega eds. Mexico. pp. 508.
- Soil Survey Staff. 1960. Soil Classification a comprehensive system: 7th Approximation. USDA. Washington. USA. pp. 269.
- Soil Survey Staff. 1975. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 1st edition. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook. Washington. USA. pp. 744.

- Soil Survey Staff. 1999. Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2nd edition. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook. Washington. USA. pp. 436.
- Soil Survey Staff. 2004. Soil Survey Laboratory Methods Manual, Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 4.0 Burt, R.; eds. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Washington. USA. pp. 700.
- Soil Survey Staff. 2009. Soil Survey Field and Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 51, Version 1.0. Burt, R., eds. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Washington. USA. pp. 407.
- Soil Survey Staff. 2010. Claves para la Taxonomía de Suelos, 11th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC. pp. 366.
- Sonmez, S.; Buyuktas, D.; Okturen, F.; Citak, S. 2008. Assessment of different soil to water ratios (1:1, 1:2.5, 1:5) in soil salinity studies. *Geoderma*, 144: 361-369.
- Sophocleous, M. 2002. Interactions between groundwater and surface water: the state of the science. *Hydrogeology Journal*, 10: 52-67
- Soria, J.M. 1993. Caracterización fisicoquímica de las surgencias del Parque Natural de la Albufera de Valencia (Valencia). *Actas del VI Congreso Español de Limnología*, 93-97.
- Soria, J.M. 1997. Estudio limnológico de los ecosistemas acuáticos del Parque Natural de la Albufera de Valencia – Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. Valencia. pp.292.
- Soria, J.M. 2006. Past, present and future of la Albufera of Valencia Natural Park. *Limnetica*, 25: 135-142.
- Soria, J.M.; Miracle, M.R.; Vicente, E. 1987. Aporte de nutrientes y eutrofización de la Albufera de Valencia. *Limnetica*, 3:227-242.
- Soria, J.M.; Ros, M. 1991. Relación entre el fitoplacton y la salinidad, de las lagunas intradunares de la Dehesa de la Albufera (Valencia). *Acta Botánica Malacitana*, 16: 43-50.
- Soria, J.M.; Sahuquillo, M.; Miracle, R. 2005. Relaciones entre las aportaciones a la zona regable del río Júcar y la conductividad de la Albufera de Valencia. *Limnetica*, 24: 155-160.
- Soria, J.M.; Vicente, E. 2002. Estudio de las aportaciones al Parque Natural de la albufera de Valencia. *Limnética*, 21: 105-116.
- Soria, J.M.; Vicente, E.; Miracle, M.R. 2001. The influence of flash floods on the limnology of the Albufera of Valencia lagoon (Spain). *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 27: 2232-2235.
- Sparling, G.P.; Schipper, L.A.; Bettjeman, W.; Hill, R. 2004. Soil quality monitoring in New Zealand: practical lessons from a 6-year trial. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 104: 523–534.

- Sprecher, S.W. 2000. Installing Monitoring wells/piezometers in wetlands. WRAP Technical notes collection. ERDC TN –WRAP-00-02. U.S.Army Engineer Research Development center. Vicksburg. USA. pp. 17.
- Sprecher, S.W. 2008. Installing Monitoring wells in soils. Version 1.0. USDA – NRCS (United States Department of Agriculture)-(Natural Resources Conservation Service). Lincoln. USA. pp. 29.
- Stegman, J.L. 1976. Overview of current wetland classification and inventories in the United States and Canada: U.S.Fish and Wildlife Service. En: National Wetland classification and inventory workshop proceedings-1975. Sather, J.H., eds. U.S.Fish and Wildlife Service. Washington. USA. pp. 358.
- Stiff, H.A. 1951. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. *Journal of Petroleum Technology*, 3-10: 15-17.
- Sreenivas, Ch.; Raju, R.A.; Reddy, K. 2012. Effects of soil salinity on yield of a rice cropping system in the western delta of Godavari River, India. *International rice research notes* pp. 6.
- Stringer, C.E.; Rains, M.C.; Kruse, S.; Whigham, D. 2010. Controls on water levels and salinity in a barrier Island Mangrove, Indian River Lagoon, Florida. *Wetlands*, 30: 725-734.
- Sun, Y.; Kang, S.; Li, F.; Zhang, L. 2009. Comparison of interpolation methods for depth to groundwater and its temporal and spatial variations in the Minqin oasis of northwest China. *Environmental modelling & software*, 24: 1163-1170.
- Tarazona, C.; Carrasco, J.M.; Sabater, C. 2003. Monitoring of rice pesticides in an aquatic system of natural park of Albufera (Valencia-Spain). XII Symposium Pesticide of Chemistry. pp. 727–735.
- Tinarelli, A. 1989. *El Arroz*. 2ª Edición. Mundi Prensa, eds. Madrid. España. pp. 575.
- Tiner, R.W. 1984. Wetlands of the United States: Current studies and recent trends. *National Wetland Inventory*. pp. 59
- Tiner, R.W. 1999. *Wetland Indicators: A Guide to Wetland Identification, Delineation, Classification, and Mapping*. Lewis Publishers - CRC Press. pp. 410.
- Torres, P.; Meléndez-Pastor, I.; Navarro-Pedreño, J.; Gómez, I.; Hernández, E.I. 2010. Mediterranean wetland soil classes and its relationship with vegetation and land uses types. *World Congress of Soil Science-Soil Solutions for a Changing World - Division Symposium 2.1 Wetland soils and global change*. Brisbane, Australia. pp. 40-43.
- Triantafilis, J.; Odeh, I.O.A.; McBratney, A.B. 2001. Five geostatistical models to predict soil salinity from electromagnetic induction data across irrigated cotton. *Journal of Soil Science Society of America*, 65: 869-878.
- Typsa. 2005. Estudio para el desarrollo sostenible de la Albufera de Valencia. Ministerio de Medio Ambiente-Confederación hidrográfica del Júcar. Valencia. Varios tomos.

- Turenne. J. 2010. Subaqueous soils "A new frontier in soil survey". Disponible en <http://nesoil.com.sas> Fecha de consulta: 27 de enero 2010.
- Ucha, A.; Fernández, E. 2001. Dinámica del Nitrógeno en los arrozales de Valencia. Generalitat Valenciana. Valencia. España. pp. 155
- UC – UPV (Universidad de Cantabria - Universidad Politécnica de Valencia). 2006. Desarrollo de un estudio integral del sistema hidráulico Júcar-Albufera (Comunidad Valenciana). Informe a petición de la EPSAR (Empresa Pública de Saneamiento de Aguas Residuales).
- USACE (U.S.Army Corps of Engineers). 2005. Technical Standard for water-table monitoring of potential wetland sites. WRAP Technical notes collection. ERDC TN –WRAP-05-2. U.S.Army Engineer Research and Development center. Vicksburg. USA. pp. 18.
- USACE (U.S.Army Corps of Engineers). 2012. Regional Supplement to the Corps of Engineers Wetland Delineation Manual: Northcentral and Northeast Region. U.S.Army Corps of Engineers. Washington. USA. pp.162.
- Usaquén, O.L.; García, A.; García, A.; Álvarez, C.; Revilla, J.A. 2012. Methodology to assess sustainable management of water resources in coastal lagoons with agricultural uses: An application to the Albufera lagoon of Valencia (Eastern Spain). *Ecological indicators*, 13:129-143.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1996. Soil Quality Resource Indicators: Organic matter, Soil Quality Information Sheet. USDA Natural Resources Conservation Service. Washington. USA. pp. 2.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1998a. Soil Quality Resource concerns: Salinization, Soil Quality Information Sheet. USDA Natural Resources Conservation Service. Washington. USA. pp. 2.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1998b. Soil Quality Indicators: pH, Soil Quality Information Sheet. USDA Natural Resources Conservation Service. Washington. USA. pp. 2.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2000. How to Texture soils & Test for salinity. Salinity notes nº 8. USDA. pp. 4.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2013. Apartado de suelos hídricos en la web. Disponible en: <http://soils.usda.gov/use/hydric/> Fecha de consulta: 3 de abril de 2013.
- USDA – NRCS (United States Department of Agriculture)-(Natural Resources Conservation Service). 2010. Field Indicators of Hydric Soils in the United States. Version 7.0. Vasilas, L.M.; Hurt, G.W.; Noble, C.V.; eds. USDA-NRCS-NTCHS. pp.51.
- USDA-SCS (United States Department of Agriculture)-(Soil Conservation Service). 1985. Hydric Soils of the United States. USDA-SCS National Bulletin 430: 5-9. Washington, DC. USA.

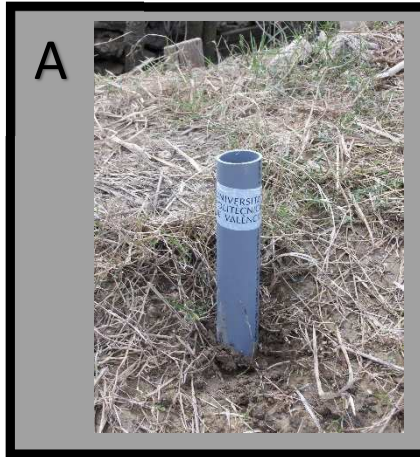
- Uset, A.; Ruiz, M.E.; Herrera, J.; Ponde de Leon, D. 1998. A geostatistical method for soil salinity sample site spacing. *Geoderma*, 86: 143-151.
- Valero, J. 2010. La Acequia Real del Júcar y la Albufera de Valencia. Jornada de Gestión sostenible de regadíos y conservación de humedales. Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino. Madrid. Disponible en: <http://hispagua.cedex.es/node/61316> Fecha de consulta: 21 de mayo de 2011.
- Vallés, I. 1979. *Cartografia històrica de l'Albufera de València*. Acta Geològica Hispànica – *Homenatge a Lluís Solé I Sabaris*, 14: 49-53.
- Varadachari, G.; Goswami, G; Ghosh, K. 2006. Dissolution of iron oxides. *Clay research*, 25: 1-19.
- Varallyay, G.; Szabolcs, I. 1974. Special water problems in salt affected soils. *Agrochimica*, XVIII 3: 277-287.
- Vazquez-Roig, P.; Andreu, V.; Blasco, C.; Picó, Y. 2011a. SPE and LC-MS/MS determination of 14 illicit drugs in Surface waters from the Natural Park of l'albufera (Valencia, Spain). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 397: 2851-2864.
- Vazquez-Roig, P.; Andreu, V.; Onghena, M.; Blasco, C.; Picó, Y. 2011b. Assessment of the occurrence and distribution of pharmaceuticals in a Mediterranean wetland (L'Albufera, Valencia, Spain) by LC-MS/MS. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 400: 1287-1301.
- Vepraskas, M.J.; Wilding, L.P.; Drees, L.R. 1993. Aquic conditions for Soil Taxonomy: concepts, soil morphology and micromorphology. En: *Soil micromorphology: Studies in management and genesis*. Ringrose-Voase, A.J.; Humpheys, G.S., eds. Elsevier. New York. pp. 886.
- Vepraskas, M.J. 1995. Redoximorphic Features for Identifying Aquic Conditions. North Carolina Agricultural Research Service Technical Bulletin 301. North Carolina State University. Raleigh, N. pp. 33.
- Vepraskas, M.J.; Caldwell, P.V. 2008. Interpreting morphological features in wetland soils with a hydrologic model. *Catena*, 73: 153-165.
- Vera, P.; Valentín, A. 2009. Florula y Vegetación de "Els ullals de Na Molins" (La Albufera, Valencia). Referencia de un estado intermedio de restauración de Humedales. *Flora Montibérica*, 42: 31-40.
- Verhoeven, J.T.A.; Beltman, B.; Whigham, D.F.; Bobbink, R. 2006a. Wetland functioning in a Changing World: Implications for Natural Resources Management. En: *Wetlands and Natural Resource Management*. Verhoeven, J.T.A.; Beltman, B.; Whigham, D.F.; Bobbink, R.; eds. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp. 341.
- Verhoeven, J.T.A.; Arheimer, B.; Yin, C.; Hefting, M.M. 2006b. Regional and global concerns over wetlands and water quality. *Ecology and Evolution*, 21: 96-103.

- Verhoeven, J.T.A.; Setter, T.L. 2010. Agricultural use of wetlands: opportunities and limitations. *Annals of Botany*, 105: 155-163.
- Vermeulen, J.; Grotenhuis, T.; Joziase, J.; Rulkens, W. 2003. Ripening of Clayey Dredged Sediments during Temporary Upland Disposal. A bioremediation technique. *Journal of Soils & Sediments*, 3: 49-59.
- Vicente, E. 2011. Importancia de los aportes de agua a la Albufera de Valencia para el control de la Eutrofización y el mantenimiento de su calidad ecológica y Biodiversidad. Disponible en: <http://sorianet.miesin.net/calidad.htm> Fecha de consulta: 14 de enero de 2011.
- Vicente, E.; Miracle M.R. 1992. The coastal lagoon Albufera de Valencia: An ecosystem under stress. *Limnetica*, 8: 8-100.
- Villena, M.J. 2007. Ecología de los lagos someros en la zona mediterránea. Importancia de los productores primarios – Tesis Doctoral. Universitat de Valencia. pp. 210.
- Visconti, F.; de Paz, J.M.; Rubio, J.L. 2010. What information does the electrical conductivity of soil water extracts of 1 to 5 ratio (w/v) provide for soil salinity assessment of agricultural irrigated lands? *Geoderma*, 154: 387 – 397.
- Vymazal, J. 2010. Constructed Wetlands for Wastewater Treatments. *Water*, 2: 530-549.
- Vymazal, J.; Greenway, M.; Tonderski, K.; Brix, H.; Mander, Ü. 2006. Constructed wetlands for wastewater treatment. En: *Wetlands and Natural Resource Management*. Verhoeven, J.T.A.; Beltman, B.; Whigham, D.F., Bobbink, G., eds. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp. 341.
- Wang, W.; Kobayasi, T.; Cho, H.; He, W. 2006. Simultaneous and continuous measurement of Soil Water content and solution Electrical Conductivity in an irrigated cornfield using TDR. *Journal of Japan Society Hydrology & Water resources*, 19: 350-359.
- Wang, W.; Watanabe, E.; Kobayashi, T.; Cho, H.; He, W.; Mohri, N. 2005. A method for measuring Soil solution Electrical conductivity in the field using TDR. *Journal of Japan Society Hydrology & Water resources*, 18: 55-63.
- Wanninger, L. 2003. Virtual reference stations (VRS). *Gps Solutions*, 7: 143- 144.
- Warming, E. 1909. *Oecology of Plants. An introduction to the study of Plant-communities*. Clarendon Press, Oxford. England. pp. 407.
- Warner, B.G.; Rubec, C.D.A. 1997. *The Canadian wetlands classification system*. 2nd edition. Wetlands Research Centre, University of Waterloo. Ontario. Canada. pp. 95.
- Warrick, A.W. 2001. *Soil Physics Companion*. 1st edition. CRC Press. Boca Raton. USA. pp. 400.
- Webber, H.; Thurman, H. 1991. *Marine biology*. 2a edición. Harper Collins Publishers, eds. USA pp. 424.

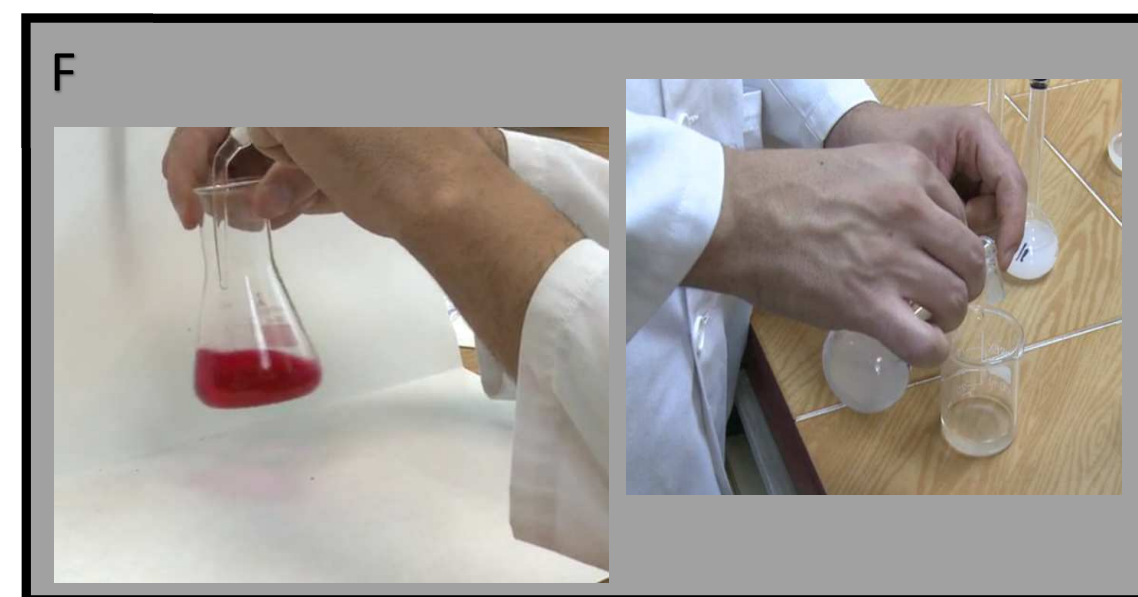
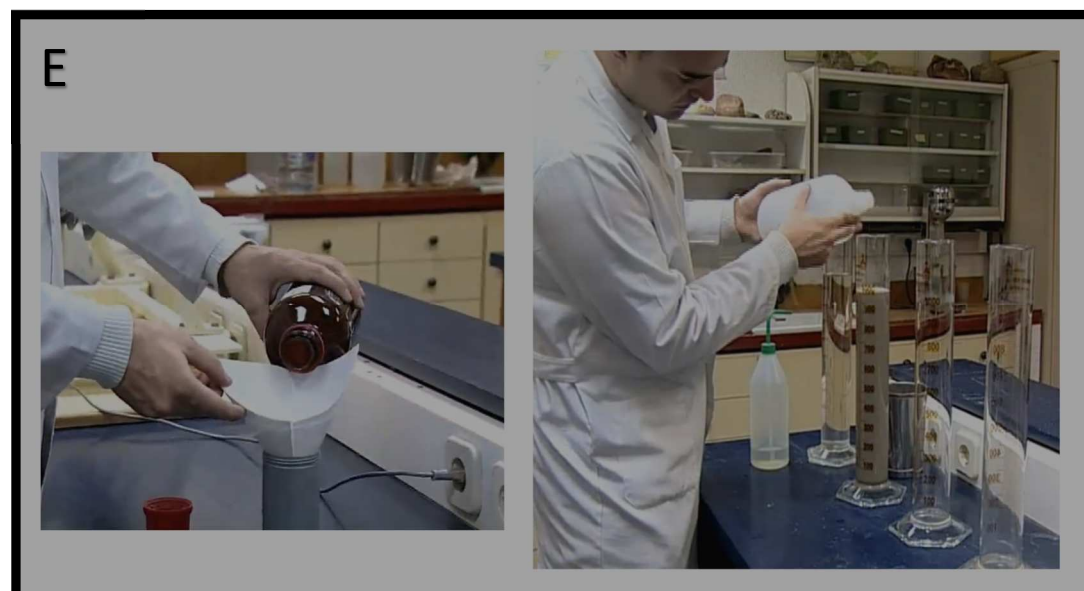
- Wei, H.; Dai, L.; Wang, L. 2007. Spatial distribution and risk assessment of radionuclides in soils around a coal-fired power plant: A case study from the city of Baoji, China. *Environmental Research*, 104: 201-208.
- Wheater, C.P.; Cook, P.A. 2000. *Using Statistics to Understand the Environment*. Taylor & Francis Group. Abington, Reino Unido. pp. 272.
- Whitney, M.; Means, T.H. 1897. An electrical method of determining the soluble salt content of soils. USDA-Soils division (United States Department of Agriculture). Bulletin nº 8. Washington. USA. pp. 30.
- Wilcox, L.V. 1948. The quality of water for irrigation use. USDA (Agriculture Department o United States). Technical bulletin nº 962. pp.39.
- Wolanski, E.; Brinson, M.M.; Cahoon, D.R.; Perillo, G.M.E. 2009. Coastal wetlands: A synthesis. En: *Coastal wetlands: An integrated ecosystems approach*. Perillo, G.M.E; Wolanski, E.; Brinson, M.M.; Cahoon, D.R., eds. Elsevier. Oxford. USA. pp. 933.
- Wright, J.O. 1907. Swamp and overflowed lands in United States. U.S. Department of Agriculture. Circular 76. Washington. USA. pp. 23.
- Xun, Z.; Haoyan, Z.; Li, Z. 2008. Characteristics of piezometric heads and determination of fresh water-salt interface in the coastal zone near Beihai, China. *Environmental Geology*, 54: 67-73.
- Xunta de Galicia. 2002. *Humedales de Galicia*. Xunta de Galicia. Conselleria de Medio Ambiente. España. pp. 56.
- Yang, M.; Liu, S.L.; Ynag, Z.F.; Sun, T.; Beazley, R. 2009. Multivariate and geostatistical analysis of wetland soil salinity in nested areas of the Yellow River Delta. *Australian Journal of Soil Research*, 47: 486-497.
- Zalidis, G. 1998. Management of river water for irrigation to mitigate soil salinization on a coastal wetland. *Journal of Environmental Management*, 54: 161-167.
- Zeff, M.L. 2011. The necessity for multidisciplinary approaches to wetland design and adaptive management: the case of wetland channels. En: *Wetlands: integrating multidisciplinary concepts*. LePage B.A.; eds. Springer. Dordrecht. Holanda. pp. 250.
- Zeng, L.; Shannon, M.C.; Lesch, S.M. 2001. Timing of salinity stress affects rice growth and yield components. *Agricultural water management*, 48: 191-206.
- Zeng, L.; Lesch, S.M.; Grieve, C.M. 2003. Rice growth and yield respond to changes in water depth and salinity stress. *Agricultural water management*, 59, 67-75.
- Zhang, H.; Schroder, J.L.; Pittman, J.J.; Wang, J.J.; Payton, M.E. 2005. Soil Salinity using Saturated Paste and 1:1 Soil to water Extracts. *Soil Science Society American Journal*, 69: 1146 – 1151.
- Zitong, G. 1986. Origin, Evolution, and Classification of Paddy Soils in China. *Advances in Soil Science*, 5: 179-200.

Anejo I

Cronograma



		2009	2010												2011												2012												2013
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Planificación																																							
Instalación piezómetros		A																																					
Sondeos		B																																					
Calicatas																																							
Georeferenciación																																							
Muestreo	capa freática																																						
	lámina libre																																						
	alturas																																						
	acequias																																						
Análisis	suelos																																						
	aguas																																						
Resultados																																							
Redacción																																							



Anejo II

Fichas de campo



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo

Origen del agua

Lugar de muestreo

Uso del agua

Cultivo

Observaciones

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE <i>(dS m⁻¹ a 25°C)</i>	pH	CACIONES		ANIONES	
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹
		Ca ⁺²		Cl	
		Mg ⁺²		SO ₄ ⁻²	
		Na ⁺		HCO ₃ ⁻	
		K		CO ₃ ⁻²	
		Σ		Σ	

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	mg l ⁻¹
	STD	mg l ⁻¹
Adsorción de Na	SAR	
	pHc	
	SARadj	
	Ca _x	meq l ⁻¹
	RNa adj	
	Na ₂ CO ₃ residual	meq l ⁻¹
Calidad agua para riego		
	Clase	
	Peligro de salinidad	
	Peligro de sodio	

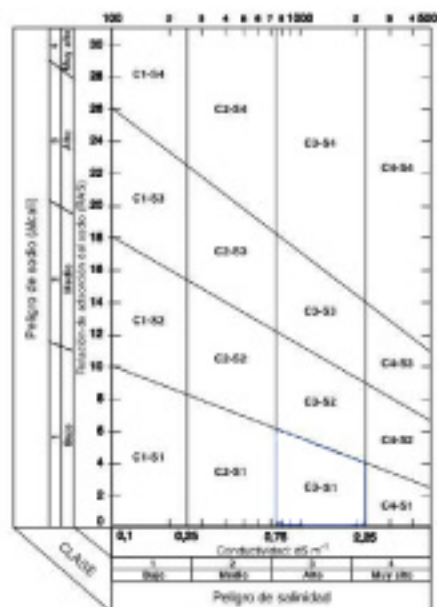


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego

eixugó (A)
 inaccesible (B)
 Sin agua (no eixugó) (C)

FECHA

	Interior	L. Agua	Exterior	Obsevaciones
S.1				
S.2				
S.3				
S.4				
S.5				
S.6				
S.7				
S.8				
S.9				
S.10				
S.11				
S.12				
S.13				
S.14				
S.15				
S.16				
S.17				
S.18				
S.19				
S.20				
S.21				
S.22				
S.23				
S.24				
S.25				
S.26				
S.27				
S.28				
S.29				
S.31				
S.32				
S.33				
S.34				
S.35				
S.36				

	Interior	L. Agua	Exterior	Obsevaciones
S.37				
S.38				
S.39				
S.40				
S.41				
S.42				
S.43				
S.44				
S.45				
S.46				
S.47				
S.48				
S.49				
S.50				
S.51				
S.52				
S.53				
S.54				
S.55				
S.56				
S.57				
S.58				
S.59				
S.60				
S.61				
S.67				
S.68				
S.69				
S.70				
S.71				
S.72				
S.73				
S.74				
S.75				
S.76				

SUELOS

Nombre de la unidad del
mapa (Series y fase) _____

Clase de Drenaje _____

Taxonomía (Subgrupo) _____

¿Localizado en campo con la cartografía?
Si _____ No _____

Descripción del Perfil

Profundidad (cm)	Horizonte	Color Matriz (Munsell Humedad)	Color Moteado (Munsell Humedad)	Moteado Abundancia/Contraste	Textura, Concreciones, Estructura, etc.
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Indicadores de suelos hídricos

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Histosol | <input type="checkbox"/> Concreciones |
| <input type="checkbox"/> Epipedion Histic | <input type="checkbox"/> Contenido elevado de materia orgánica en la superficie de suelos arenosos |
| <input type="checkbox"/> Olor sullfidrico | <input type="checkbox"/> Vetas o acumulaciones orgánicas en suelos arenosos |
| <input type="checkbox"/> Régimen de humedad aquic | <input type="checkbox"/> Identificados en la lista local de suelos hídricos |
| <input type="checkbox"/> Condiciones de reducción | <input type="checkbox"/> Identificados en la lista nacional de suelos hídricos |
| <input type="checkbox"/> Colores bajos en croma o gley | <input type="checkbox"/> Otros (Explicar en observaciones) |

Observaciones

Determinación de Humedales

¿Existencia de Vegetación hidromórfica?

___ SI ___ No

¿Esta este punto de muestreo dentro del humedal?

¿Existencia de hidrología de humedales?

___ SI ___ No

___ SI ___ No

¿Suelos hidromorfos presentes?

___ SI ___ No

Observaciones

Anejo III

Analíticas de aguas



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	14/09/2011
Origen del agua	Superficial/Acequia
Lugar de muestreo	Ac. Dels Campets
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control de la calidad superficial de las Acequias en el P.N. Albufera (Valencia)- Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	1,90 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.94	Ca ⁺²	5.60	112.00	Cl	6.60	234.30
		Mg ⁺²	7.30	89.06	SO ₄ ⁻²	6.27	300.96
		Na ⁺	4.82	110.86	HCO ₃ ⁻	5.10	311.10
		K ⁺	0.10	4.00	CO ₃ ⁻²		
		Σ	17.8	315.9	Σ	18.0	846.4

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1162.3 mg l ⁻¹	
	STD	1216.0 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	1.9	
	pHc	6.8	
	SARadj	4.9	
	Ca _x	2.4 meq l ⁻¹	
	RNa adj	2.2	
	Na ₂ CO ₃ residual	-7.8 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C3-S1	
	Peligro de salinidad	3	
	Peligro de sodio	1	

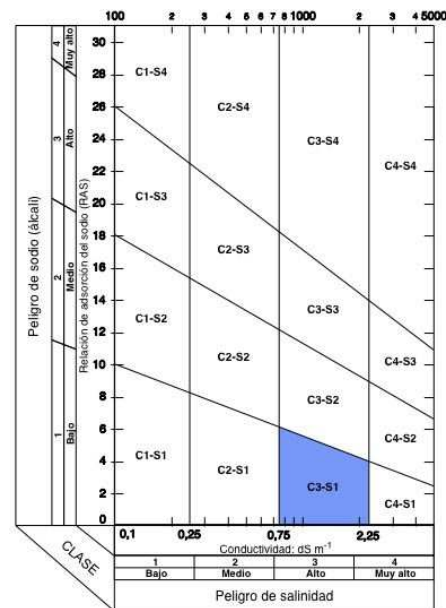


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	18/04/2012
Origen del agua	Mar Mediterráneo
Lugar de muestreo	Mar Mediterráneo
Uso del agua	Mar
Cultivo	
Observaciones	Estudio Control de la calidad superficial de las Acequias en el P.N. Albufera (Valencia)- Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	51,50 ($dS\ m^{-1}$ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
pH	7.84	meq l^{-1}	mg l^{-1}	meq l^{-1}	mg l^{-1}		
		Ca ⁺²	35.36	707.20	Cl	566.68	20117.14
		Mg ⁺²	2.24	27.33	SO ₄ ⁻²	15.68	752.64
		Na ⁺	554.31	12749.13	HCO ₃ ⁻	0.59	35.99
		K ⁺	4.24	169.60	CO ₃ ⁻²		
		Σ	596.1	13653.3	Σ	583.0	20905.8

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	34559.0 mg l^{-1}	
	STD	41200.0 mg l^{-1}	
Adsorción de Na	SAR	127.8	
	pHc	7.7	
	SARadj	217.3	
	Ca _x	19.9 meq l^{-1}	
	RNa adj	166.5	
	Na ₂ CO ₃ residual	-37.0 meq l^{-1}	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C4-S4	
	Peligro de salinidad	4	
	Peligro de sodio	4	

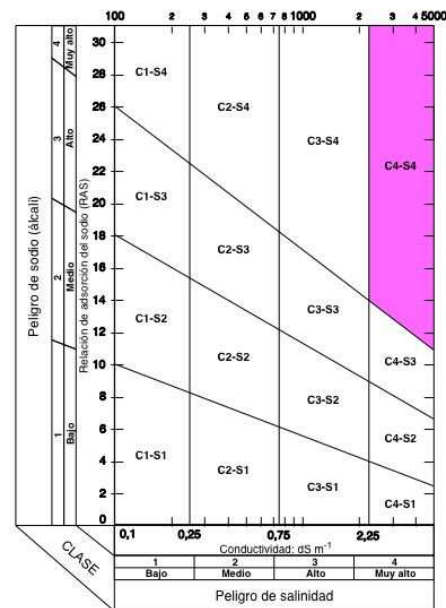


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

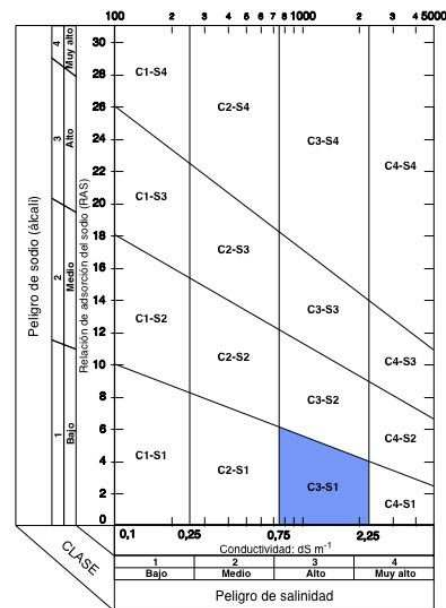
Fecha_muestreo	11/02/2010
Origen del agua	Superficial/Acequia
Lugar de muestreo	Ac. Dels Setze Pams
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control de la calidad superficial de las Acequias en el P.N. Albufera (Valencia)- Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	1,53 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.65	Ca ⁺²	5.00	100.00	Cl	6.67	236.79
		Mg ⁺²	4.20	51.24	SO ₄ ⁻²	4.76	228.48
		Na ⁺	6.29	144.67	HCO ₃ ⁻	4.70	286.70
		K ⁺	0.03	1.20	CO ₃ ⁻²		
		Σ	15.5	297.1	Σ	16.1	752.0

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1049.1 mg l ⁻¹
	STD	979.2 mg l ⁻¹
Adsorción de Na	SAR	2.9
	pHc	7.1
	SARadj	6.7
	Ca _x	2.3 meq l ⁻¹
	RNa adj	3.5
	Na ₂ CO ₃ residual	-4.5 meq l ⁻¹ Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C3-S1
	Peligro de salinidad	3
	Peligro de sodio	1





ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	22/11/2010
Origen del agua	Superficial/Acequia
Lugar de muestreo	Ac. Del Tremolar
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control de la calidad superficial de las Acequias en el P.N. Albufera (Valencia)- Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	1,72 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.66	Ca ⁺²	5.40	108.00	Cl	11.00	390.50
		Mg ⁺²	3.59	43.80	SO ₄ ⁻²	2.77	132.96
		Na ⁺	9.92	228.16	HCO ₃ ⁻	5.49	334.89
		K ⁺	0.27	10.80	CO ₃ ⁻²		
		Σ	19.2	390.8	Σ	19.3	858.4

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1249.1 mg l ⁻¹	
	STD	1100.8 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	4.7	
	pHc	7.0	
	SARadj	11.0	
	Ca _x	2.2 meq l ⁻¹	
	RNa adj	5.8	
	Na ₂ CO ₃ residual	-3.5 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C3-S2	
	Peligro de salinidad	3	
	Peligro de sodio	2	

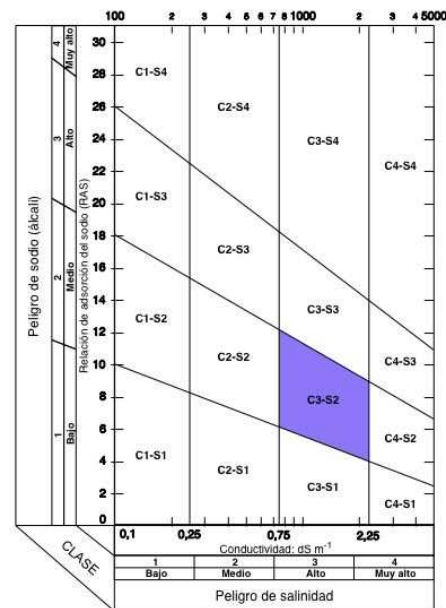


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	14/04/2010
Origen del agua	Superficial/Acequia
Lugar de muestreo	Ac. De L'Ullal
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control de la calidad superficial de las Acequias en el P.N. Albufera (Valencia)- Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	1,23 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.98	Ca ⁺²	5.20	104.00	Cl	3.10	110.05
		Mg ⁺²	6.00	73.20	SO ₄ ⁻²	6.84	328.32
		Na ⁺	3.31	76.13	HCO ₃ ⁻	4.70	286.70
		K ⁺	0.03	1.20	CO ₃ ⁻²		
		Σ	14.5	254.5	Σ	14.6	725.1

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	979.6 mg l ⁻¹
	STD	787.2 mg l ⁻¹
Adsorción de Na	SAR	1.4
	pHc	7.0
	SARadj	3.3
	Ca _x	2.3 meq l ⁻¹
	RNa adj	1.6
	Na ₂ CO ₃ residual	-6.5 meq l ⁻¹ Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C3-S1
	Peligro de salinidad	3
	Peligro de sodio	1

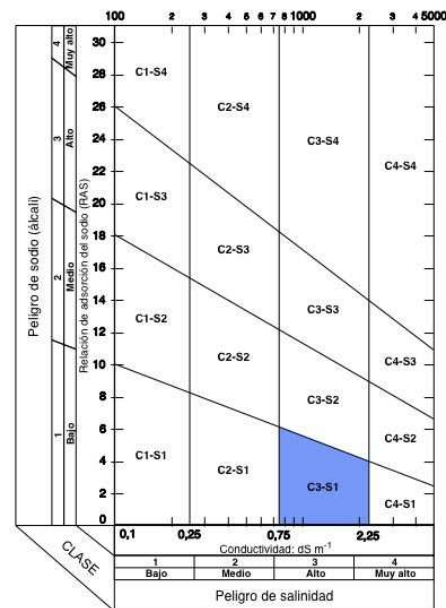


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	12/12/2011
Origen del agua	Superficial/Acequia
Lugar de muestreo	Sequiol de la Font Nova
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control de la calidad superficial de las Acequias en el P.N. Albufera (Valencia)- Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	1,83 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.54	Ca ⁺²	5.61	112.20	Cl	11.67	414.29
		Mg ⁺²	4.90	59.78	SO ₄ ⁻²	5.78	277.44
		Na ⁺	9.68	222.64	HCO ₃ ⁻	2.16	131.76
		K ⁺	0.12	4.80	CO ₃ ⁻²		
		Σ	20.3	399.4	Σ	19.6	823.5

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1222.9 mg l ⁻¹	
	STD	1171.2 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	4.2	
	pHc	7.3	
	SARadj	8.7	
	Ca _x	4.2 meq l ⁻¹	
	RNa adj	4.5	
	Na ₂ CO ₃ residual	-8.4 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C3-S1	
	Peligro de salinidad	3	
	Peligro de sodio	1	

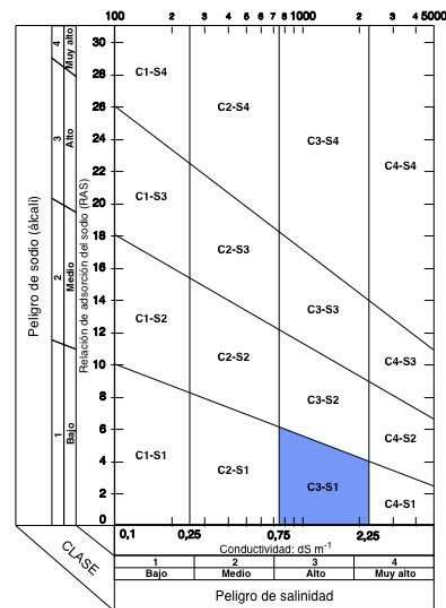


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	12/12/2011
Origen del agua	Superficial/Acequia
Lugar de muestreo	Ac. Del Comú
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control de la calidad superficial de las Acequias en el P.N. Albufera (Valencia)- Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	2,14 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	8.06	Ca ⁺²	8.67	173.40	Cl	10.00	355.00
		Mg ⁺²	4.03	49.17	SO ₄ ⁻²	8.14	390.72
		Na ⁺	8.08	185.84	HCO ₃ ⁻	2.16	131.76
		K ⁺	0.05	2.00	CO ₃ ⁻²		
		Σ	20.8	410.4	Σ	20.3	877.5

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1287.9 mg l ⁻¹	
	STD	1369.6 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	3.2	
	pHc	7.2	
	SARadj	6.9	
	Ca _x	5.7 meq l ⁻¹	
	RNa adj	3.7	
	Na ₂ CO ₃ residual	-10.5 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C3-S1	
	Peligro de salinidad	3	
	Peligro de sodio	1	

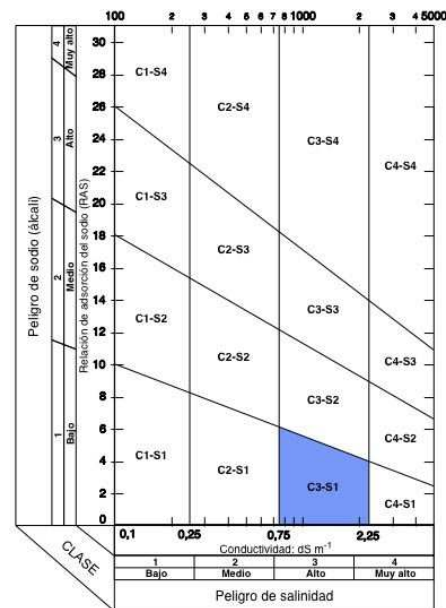


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	22/11/2010
Origen del agua	Superficial/Acequia
Lugar de muestreo	Ac. Del Escorredor Fondo
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control de la calidad superficial de las Acequias en el P.N. Albufera (Valencia)- Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	1,83 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	8.17	Ca ⁺²	6.80	136.00	Cl	11.67	414.29
		Mg ⁺²	4.38	53.44	SO ₄ ⁻²	3.46	166.08
		Na ⁺	10.23	235.29	HCO ₃ ⁻	5.88	358.68
		K ⁺	0.36	14.40	CO ₃ ⁻²		
		Σ	21.8	439.1	Σ	21.0	939.0

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1378.2 mg l ⁻¹	
	STD	1171.2 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	4.3	
	pHc	6.9	
	SARadj	10.6	
	Ca _x	2.5 meq l ⁻¹	
	RNa adj	5.5	
	Na ₂ CO ₃ residual	-5.3 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C3-S1	
	Peligro de salinidad	3	
	Peligro de sodio	1	

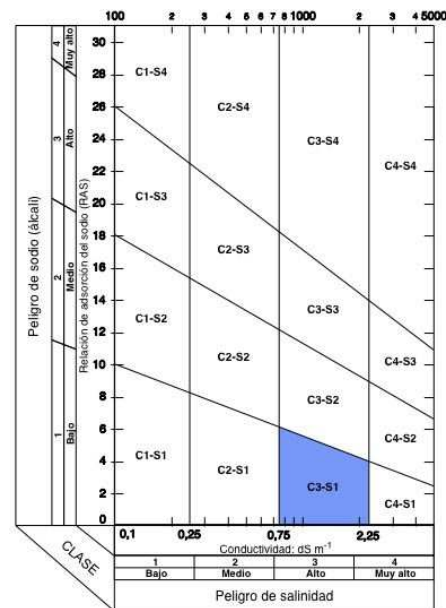


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	15/01/2012
Origen del agua	Superficial/Acequia
Lugar de muestreo	Ac. De la Alquerissa
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control de la calidad superficial de las Acequias en el P.N. Albufera (Valencia)- Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	2,16 ($dS\ m^{-1}$ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		$meq\ l^{-1}$	$mg\ l^{-1}$	$meq\ l^{-1}$	$mg\ l^{-1}$		
pH	8.14	Ca^{+2}	6.12	122.40	Cl	11.67	414.29
		Mg^{+2}	9.58	116.88	SO_4^{-2}	9.86	473.28
		Na^+	8.92	205.16	HCO_3^-	3.53	215.33
		K^+	0.46	18.40	CO_3^{-2}		
		Σ	25.1	462.8	Σ	25.1	1102.9

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1565.7 $mg\ l^{-1}$	
	STD	1382.4 $mg\ l^{-1}$	
Adsorción de Na	SAR	3.2	
	pHc	7.1	
	SARadj	7.4	
	Ca_x	3.3 $meq\ l^{-1}$	
	RNa adj	3.5	
	Na_2CO_3 residual	-12.2 $meq\ l^{-1}$	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C3-S1	
	Peligro de salinidad	3	
	Peligro de sodio	1	

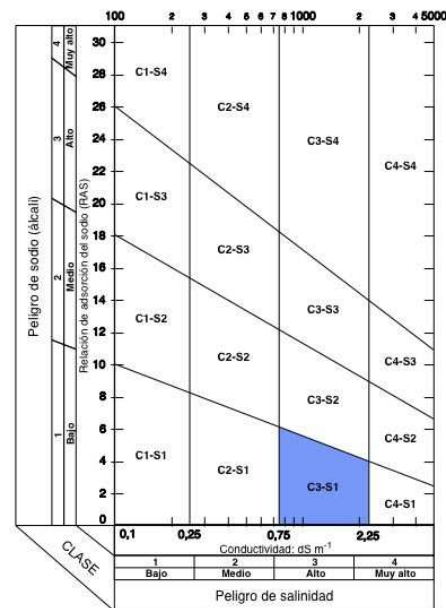


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	22/11/2010
Origen del agua	Superficial/Acequia
Lugar de muestreo	Sequiol del Port de Silla
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control de la calidad superficial de las Acequias en el P.N. Albufera (Valencia)- Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	1,82 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.6	Ca ⁺²	7.80	156.00	Cl	9.80	347.90
		Mg ⁺²	4.38	53.44	SO ₄ ⁻²	6.62	317.76
		Na ⁺	8.78	201.94	HCO ₃ ⁻	4.70	286.70
		K ⁺	0.15	6.00	CO ₃ ⁻²		
		Σ	21.1	417.4	Σ	21.1	952.4

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1369.7 mg l ⁻¹	
	STD	1164.8 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	3.6	
	pHc	7.0	
	SARadj	8.4	
	Ca _x	3.2 meq l ⁻¹	
	RNa adj	4.5	
	Na ₂ CO ₃ residual	-7.5 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C3-S1	
	Peligro de salinidad	3	
	Peligro de sodio	1	

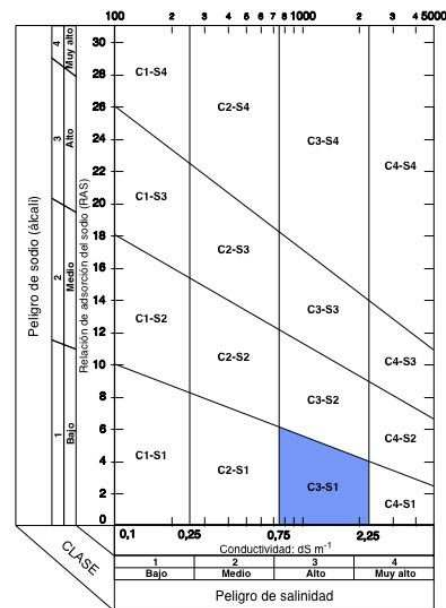


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	07/06/2011
Origen del agua	Lámina Libre
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	6,53 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.83	Ca ⁺²	22.80	456.00	Cl	30.10	1068.55
		Mg ⁺²	7.57	92.37	SO ₄ ⁻²	27.00	1296.04
		Na ⁺	29.70	683.06	HCO ₃ ⁻	3.33	203.25
		K ⁺	0.62	24.91	CO ₃ ⁻²		
		Σ	60.7	1256.3	Σ	60.4	2567.8

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	3824.2 mg l ⁻¹	
	STD	5224.0 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	7.6	
	pHc	6.9	
	SARadj	19.1	
	Ca _x	9.5 meq l ⁻¹	
	RNa adj	10.2	
	Na ₂ CO ₃ residual	-27.0 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C4-S3	
	Peligro de salinidad	4	
	Peligro de sodio	3	

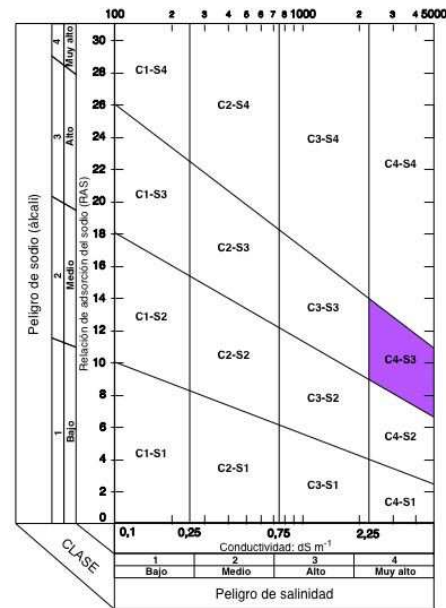


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

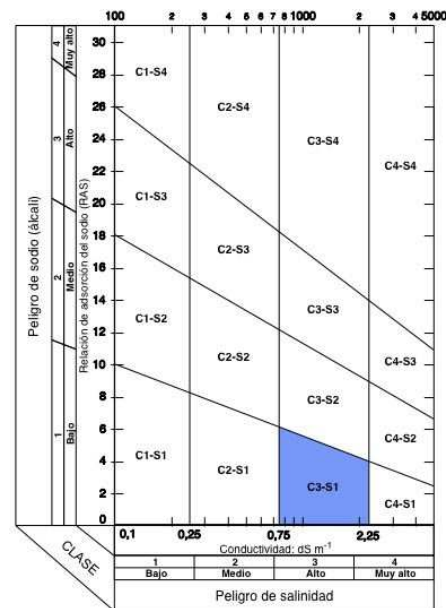
Fecha_muestreo	07/06/2011
Origen del agua	Capa freática
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	1,94 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.63	Ca ⁺²	8.80	176.00	Cl	11.30	401.15
		Mg ⁺²	3.59	43.76	SO ₄ ⁻²	3.76	180.30
		Na ⁺	7.20	165.60	HCO ₃ ⁻	4.70	286.94
		K ⁺	0.12	4.63	CO ₃ ⁻²		
		Σ	19.7	390.0	Σ	19.8	868.4

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1258.4 mg l ⁻¹	
	STD	1241.6 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	2.9	
	pHc	7.0	
	SARadj	6.8	
	Ca _x	3.4 meq l ⁻¹	
	RNa adj	3.8	
	Na ₂ CO ₃ residual	-7.7 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego			
	Clase	C3-S1	
	Peligro de salinidad	3	
	Peligro de sodio	1	





ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	07/06/2011
Origen del agua	Capa freática
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	2,93 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	8.16	Ca ⁺²	12.70	254.00	Cl	16.90	599.95
		Mg ⁺²	7.60	92.72	SO ₄ ⁻²	8.30	398.41
		Na ⁺	8.61	198.08	HCO ₃ ⁻	5.98	364.66
		K ⁺	0.00	0.00	CO ₃ ⁻²		
		Σ	28.9	544.8	Σ	31.2	1363.0

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1907.8 mg l ⁻¹	
	STD	1875.2 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	2.7	
	pHc	6.7	
	SARadj	7.4	
	Ca _x	3.9 meq l ⁻¹	
	RNa adj	3.6	
	Na ₂ CO ₃ residual	-14.3 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego			
	Clase	C4-S1	
	Peligro de salinidad	4	
	Peligro de sodio	1	

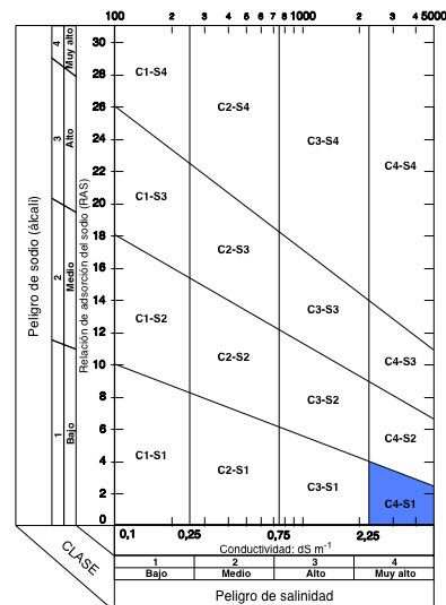


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	14/04/2010
Origen del agua	Capa freática
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	3,50 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.53	Ca ⁺²	8.00	160.00	Cl	13.20	468.60
		Mg ⁺²	11.60	141.52	SO ₄ ⁻²	7.26	348.48
		Na ⁺	6.85	157.48	HCO ₃ ⁻	5.88	358.68
		K ⁺	0.25	9.95	CO ₃ ⁻²		
		Σ	26.7	468.9	Σ	26.3	1175.8

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1644.7 mg l ⁻¹	
	STD	2242.9 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	2.2	
	pHc	6.8	
	SARadj	5.7	
	Ca _x	2.9 meq l ⁻¹	
	RNa adj	2.5	
	Na ₂ CO ₃ residual	-13.7 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C4-S1	
	Peligro de salinidad	4	
	Peligro de sodio	1	

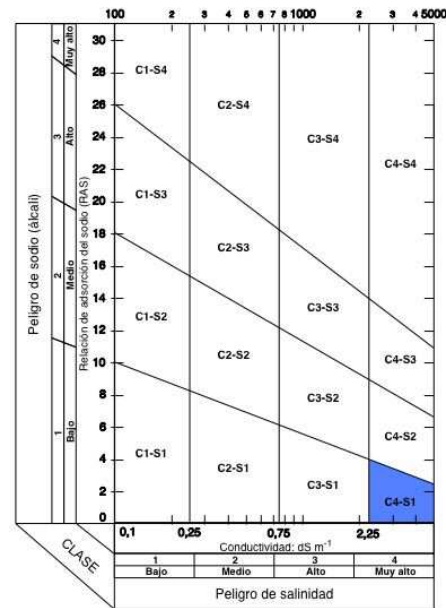


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	14/04/2010
Origen del agua	Capa freática
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	2,23 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.31	Ca ⁺²	8.40	168.00	Cl	13.20	468.60
		Mg ⁺²	7.20	87.84	SO ₄ ⁻²	9.02	433.18
		Na ⁺	9.35	215.08	HCO ₃ ⁻	3.53	215.21
		K ⁺	0.54	21.42	CO ₃ ⁻²		
		Σ	25.5	492.3	Σ	25.8	1117.0

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1609.3 mg l ⁻¹	
	STD	1428.5 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	3.3	
	pHc	7.1	
	SARadj	7.8	
	Ca _x	4.0 meq l ⁻¹	
	RNa adj	3.9	
	Na ₂ CO ₃ residual	-12.1 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego			
	Clase	C3-S1	
	Peligro de salinidad	3	
	Peligro de sodio	1	

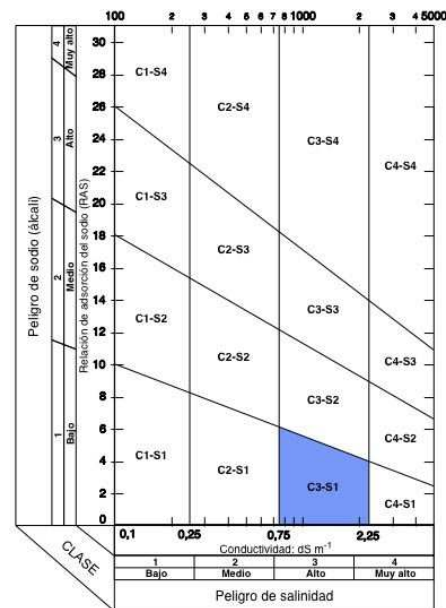


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	14/04/2010
Origen del agua	Capa freática
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	2,19 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	8.7	Ca ⁺²	2.10	42.00	Cl	25.00	887.50
		Mg ⁺²	3.20	39.04	SO ₄ ⁻²	0.70	33.43
		Na ⁺	23.50	540.50	HCO ₃ ⁻	3.92	239.12
		K ⁺	0.59	23.46	CO ₃ ⁻²		
		Σ	29.4	645.0	Σ	29.6	1160.0

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1805.1 mg l ⁻¹	
	STD	1401.8 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	14.4	
	pHc	7.5	
	SARadj	27.7	
	Ca _x	1.5 meq l ⁻¹	
	RNa adj	15.3	
	Na ₂ CO ₃ residual	-1.4 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego			
	Clase	C3-S4	
	Peligro de salinidad	3	
	Peligro de sodio	4	

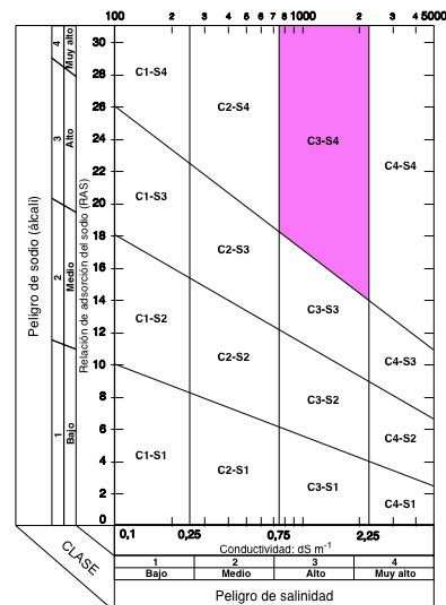


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	14/04/2010
Origen del agua	Lámina Libre
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	1,85 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.7	Ca ⁺²	7.98	159.68	Cl	8.00	284.00
		Mg ⁺²	5.98	72.93	SO ₄ ⁻²	5.98	286.88
		Na ⁺	4.55	104.56	HCO ₃ ⁻	5.29	322.81
		K ⁺	0.16	6.29	CO ₃ ⁻²		
		Σ	18.7	343.5	Σ	19.3	893.7

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1237.2 mg l ⁻¹
	STD	1185.0 mg l ⁻¹
Adsorción de Na	SAR	1.7
	pHc	6.8
	SARadj	4.4
	Ca _x	3.0 meq l ⁻¹
	RNa adj	2.1
	Na ₂ CO ₃ residual	-8.7 meq l ⁻¹ Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C3-S1
	Peligro de salinidad	3
	Peligro de sodio	1

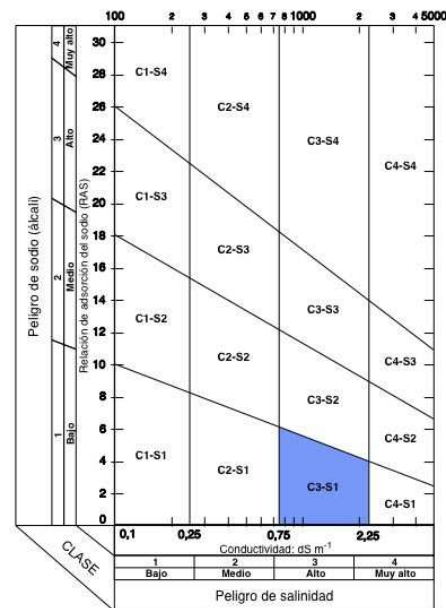


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	14/07/2011
Origen del agua	Lámina Libre
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	1,66 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	8.51	Ca ⁺²	3.15	63.00	Cl	6.48	230.00
		Mg ⁺²	4.38	53.48	SO ₄ ⁻²	3.15	151.34
		Na ⁺	6.22	142.95	HCO ₃ ⁻	4.41	269.01
		K ⁺	0.78	31.29	CO ₃ ⁻²		
		Σ	14.5	290.7	Σ	14.0	650.4

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	941.1 mg l ⁻¹	
	STD	1061.4 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	3.2	
	pHc	7.2	
	SARadj	7.0	
	Ca _x	1.8 meq l ⁻¹	
	RNa adj	3.5	
	Na ₂ CO ₃ residual	-3.1 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego			
	Clase	C3-S1	
	Peligro de salinidad	3	
	Peligro de sodio	1	

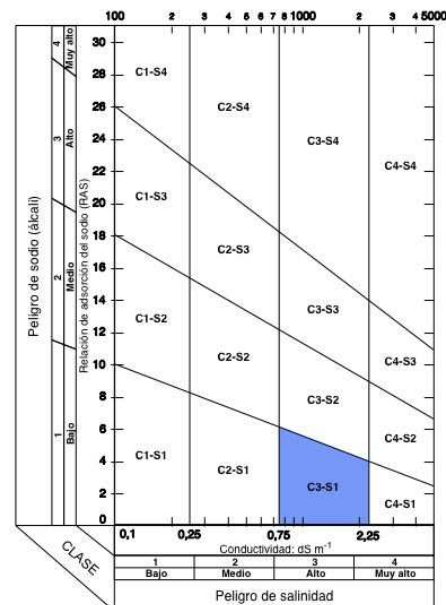


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

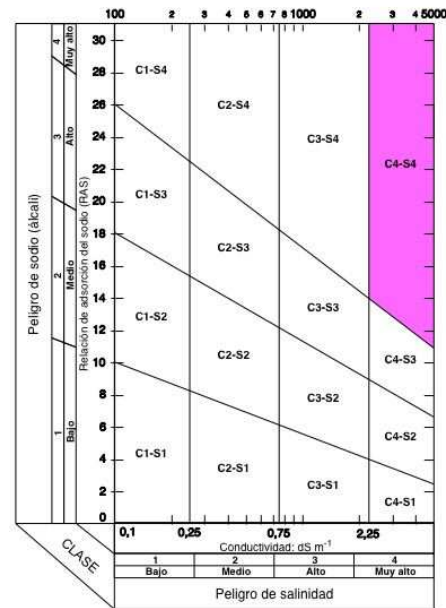
Fecha_muestreo	14/07/2011
Origen del agua	Capa freática
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	10,52 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.71	Ca ⁺²	6.20	124.00	Cl ⁻	91.60	3251.80
		Mg ⁺²	8.08	98.58	SO ₄ ⁻²	6.41	307.58
		Na ⁺	105.00	2415.00	HCO ₃ ⁻	21.76	1327.12
		K ⁺	1.01	40.27	CO ₃ ⁻²		
		Σ	120.3	2677.8	Σ	119.8	4886.5

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	7564.3 mg l ⁻¹
	STD	8419.1 mg l ⁻¹
Adsorción de Na	SAR	39.3
	pHc	6.3
	SARadj	121.8
	Ca _x	1.2 meq l ⁻¹
	RNa adj	48.8
	Na ₂ CO ₃ residual	7.5 meq l ⁻¹ No
Calidad agua para riego	Clase	C4-S4
	Peligro de salinidad	4
	Peligro de sodio	4





ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	14/07/2011
Origen del agua	Lámina Libre
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	1,46 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	8.02	Ca ⁺²	9.20	184.00	Cl	11.50	408.25
		Mg ⁺²	1.60	19.52	SO ₄ ⁻²	3.48	167.19
		Na ⁺	13.80	317.40	HCO ₃ ⁻	10.19	621.71
		K ⁺	0.02	0.77	CO ₃ ⁻²		
		Σ	24.6	521.7	Σ	25.2	1197.2

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1718.8 mg l ⁻¹	
	STD	934.5 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	5.9	
	pHc	6.7	
	SARadj	16.3	
	Ca _x	2.0 meq l ⁻¹	
	RNa adj	10.3	
	Na ₂ CO ₃ residual	-0.6 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C3-S2	
	Peligro de salinidad	3	
	Peligro de sodio	2	

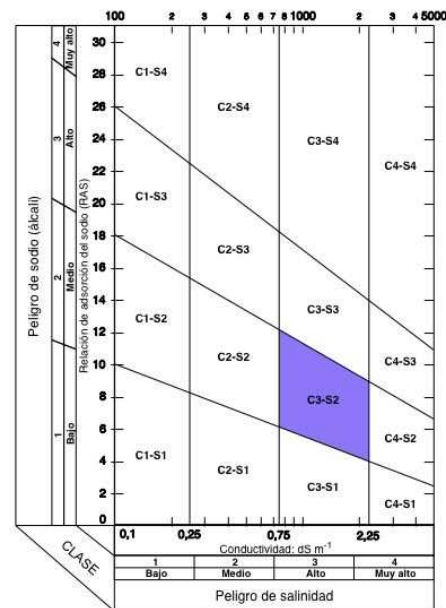


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	01/09/2012
Origen del agua	Capa freática
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	11,19 ($dS\ m^{-1}$ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l^{-1}	mg l^{-1}	meq l^{-1}	mg l^{-1}		
pH	8.44	Ca ⁺²	1.60	32.00	Cl	90.00	3195.00
		Mg ⁺²	15.20	185.44	SO ₄ ⁻²	15.15	727.20
		Na ⁺	91.10	2095.19	HCO ₃ ⁻	1.37	83.69
		K ⁺	2.17	86.78	CO ₃ ⁻²		
		Σ	110.1	2399.4	Σ	106.5	4005.9

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	6405.3 mg l^{-1}	
	STD	8952.0 mg l^{-1}	
Adsorción de Na	SAR	31.4	
	pHc	7.4	
	SARadj	62.9	
	Ca _x	3.0 meq l^{-1}	
	RNa adj	30.2	
	Na ₂ CO ₃ residual	-15.4 meq l^{-1}	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C4-S4	
	Peligro de salinidad	4	
	Peligro de sodio	4	

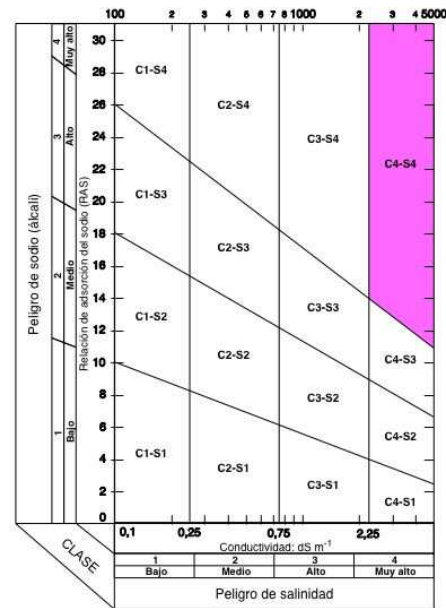


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

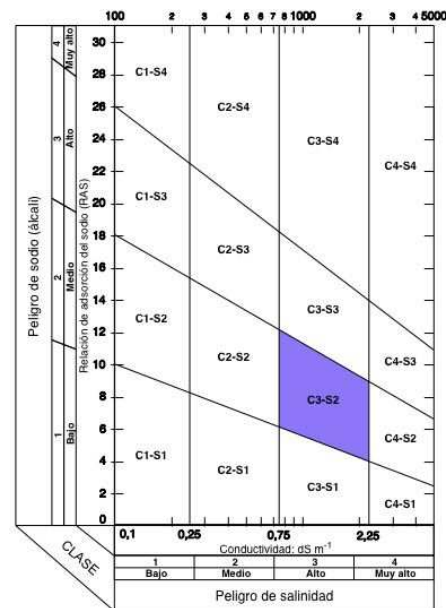
Fecha_muestreo	01/09/2012
Origen del agua	Lámina Libre
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	1,89 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.93	Ca ⁺²	5.20	104.00	Cl	12.67	449.79
		Mg ⁺²	5.20	63.44	SO ₄ ⁻²	8.62	413.70
		Na ⁺	11.86	272.78	HCO ₃ ⁻	1.57	95.65
		K ⁺	0.25	10.10	CO ₃ ⁻²		
		Σ	22.5	450.3	Σ	22.9	959.1

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1409.5 mg l ⁻¹	
	STD	1209.6 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	5.2	
	pHc	7.6	
	SARadj	9.6	
	Ca _x	4.9 meq l ⁻¹	
	RNa adj	5.3	
	Na ₂ CO ₃ residual	-8.8 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C3-S2	
	Peligro de salinidad	3	
	Peligro de sodio	2	





ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	01/09/2012
Origen del agua	Capa freática
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	9,62 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	8.18	Ca ⁺²	4.80	96.00	Cl	63.33	2248.22
		Mg ⁺²	15.60	190.32	SO ₄ ⁻²	23.47	1126.56
		Na ⁺	63.86	1468.78	HCO ₃ ⁻	1.57	95.65
		K ⁺	2.67	106.85	CO ₃ ⁻²		
		Σ	86.9	1862.0	Σ	88.4	3470.4

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	5332.4 mg l ⁻¹	
	STD	7696.0 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	20.0	
	pHc	7.3	
	SARadj	42.0	
	Ca _x	5.7 meq l ⁻¹	
	RNa adj	19.6	
	Na ₂ CO ₃ residual	-18.8 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C4-S4	
	Peligro de salinidad	4	
	Peligro de sodio	4	

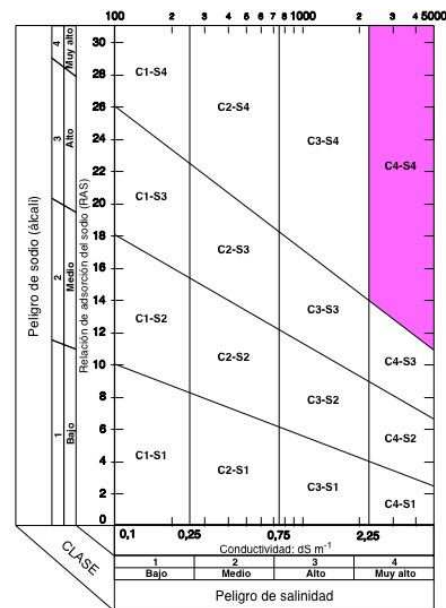


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	01/09/2012
Origen del agua	Lámina Libre
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	2,19 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.88	Ca ⁺²	4.00	80.00	Cl	15.00	532.50
		Mg ⁺²	6.40	78.08	SO ₄ ⁻²	9.22	442.43
		Na ⁺	14.38	330.74	HCO ₃ ⁻	1.37	83.69
		K ⁺	0.29	11.78	CO ₃ ⁻²		
		Σ	25.1	500.6	Σ	25.6	1058.6

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1559.2 mg l ⁻¹	
	STD	1401.6 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	6.3	
	pHc	7.6	
	SARadj	11.6	
	Ca _x	4.6 meq l ⁻¹	
	RNa adj	6.1	
	Na ₂ CO ₃ residual	-9.0 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C3-S2	
	Peligro de salinidad	3	
	Peligro de sodio	2	

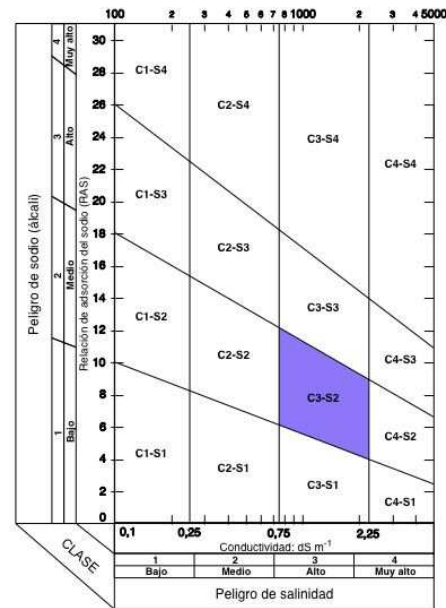


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	12/03/2012
Origen del agua	Capa freática
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	33,50 ($dS\ m^{-1}$ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l^{-1}	mg l^{-1}	meq l^{-1}	mg l^{-1}		
pH	8.14	Ca ⁺²	69.20	1384.00	Cl	345.00	12247.50
		Mg ⁺²	115.20	1405.44	SO ₄ ⁻²	55.71	2674.06
		Na ⁺	219.12	5039.87	HCO ₃ ⁻	1.57	95.65
		K ⁺	4.69	187.79	CO ₃ ⁻²		
		Σ	408.2	8017.1	Σ	402.3	15017.2

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	23034.3 mg l^{-1}	
	STD	26800.0 mg l^{-1}	
Adsorción de Na	SAR	22.8	
	pHc	7.3	
	SARadj	47.9	
	Ca _x	19.9 meq l^{-1}	
	RNa adj	26.7	
	Na ₂ CO ₃ residual	-182.8 meq l^{-1}	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C4-S4	
	Peligro de salinidad	4	
	Peligro de sodio	4	

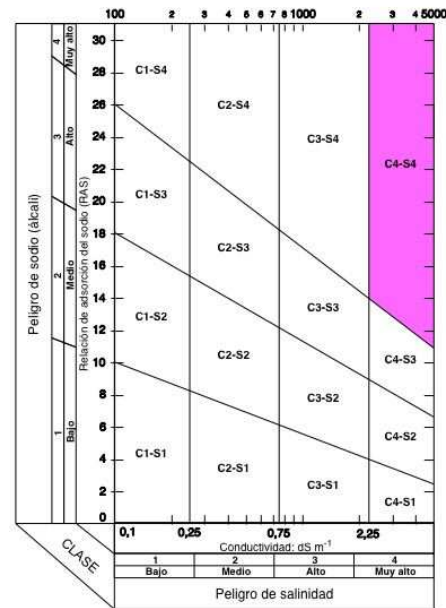


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	12/03/2012
Origen del agua	Lámina Libre
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	2,26 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	8.06	Ca ⁺²	2.40	48.00	Cl	15.00	532.50
		Mg ⁺²	7.60	92.72	SO ₄ ⁻²	5.24	251.52
		Na ⁺	11.15	256.52	HCO ₃ ⁻	0.78	47.82
		K ⁺	0.44	17.69	CO ₃ ⁻²		
		Σ	21.6	414.9	Σ	21.0	831.8

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1246.8 mg l ⁻¹	
	STD	1446.4 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	5.0	
	pHc	7.8	
	SARadj	7.8	
	Ca _x	4.8 meq l ⁻¹	
	RNa adj	4.5	
	Na ₂ CO ₃ residual	-9.2 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C4-S2	
	Peligro de salinidad	4	
	Peligro de sodio	2	

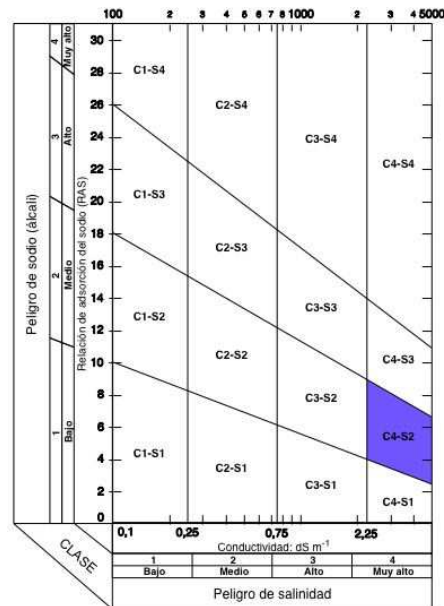


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	24/05/2010
Origen del agua	Capa freática
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	4,84 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.85	Ca ⁺²	12.77	255.49	Cl	29.90	1061.45
		Mg ⁺²	4.38	53.48	SO ₄ ⁻²	1.67	80.19
		Na ⁺	26.88	618.15	HCO ₃ ⁻	13.72	836.92
		K ⁺	0.79	31.72	CO ₃ ⁻²		
		Σ	44.8	958.8	Σ	45.3	1978.6

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	2937.4 mg l ⁻¹	
	STD	3095.8 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	9.2	
	pHc	6.4	
	SARadj	27.5	
	Ca _x	2.4 meq l ⁻¹	
	RNa adj	14.6	
	Na ₂ CO ₃ residual	-3.4 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C4-S3	
	Peligro de salinidad	4	
	Peligro de sodio	3	

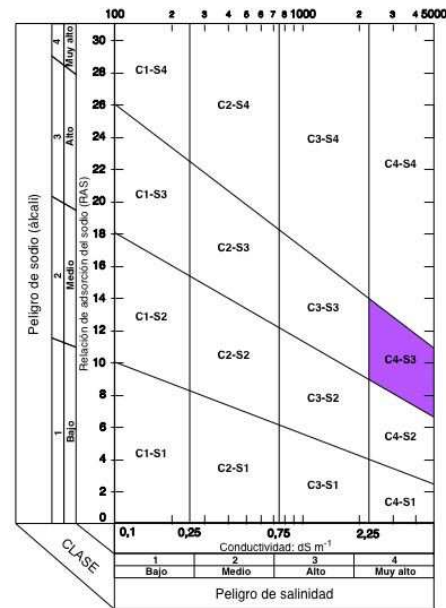


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	24/05/2010
Origen del agua	Lámina Libre
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	Riego
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	2,98 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.91	Ca ⁺²	12.38	247.50	Cl	19.00	674.50
		Mg ⁺²	6.77	82.65	SO ₄ ⁻²	8.08	387.72
		Na ⁺	9.86	226.69	HCO ₃ ⁻	3.14	191.30
		K ⁺	0.33	13.33	CO ₃ ⁻²		
		Σ	29.3	570.2	Σ	30.2	1253.5

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	1823.7 mg l ⁻¹	
	STD	1908.0 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	3.2	
	pHc	7.0	
	SARadj	7.6	
	Ca _x	5.9 meq l ⁻¹	
	RNa adj	3.9	
	Na ₂ CO ₃ residual	-16.0 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C4-S1	
	Peligro de salinidad	4	
	Peligro de sodio	1	

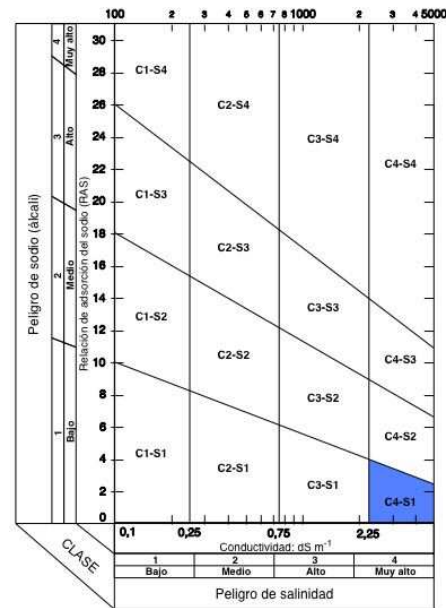


Diagrama para la clasificación de las aguas de riego



ANÁLISIS DE AGUAS

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA

Fecha_muestreo	24/05/2010
Origen del agua	Capa freática
Lugar de muestreo	Parque Natural Albufera de Valencia
Uso del agua	
Cultivo	Arroz
Observaciones	Estudio Control del agua superficial y subterránea en el P.N. Albufera (Valencia) - Tesis

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

CE	7,86 (dS m ⁻¹ a 25°C)	CATIONES		ANIONES			
		meq l ⁻¹	mg l ⁻¹	meq l ⁻¹	mg l ⁻¹		
pH	7.87	Ca ⁺²	24.40	488.00	Cl	91.10	3234.05
		Mg ⁺²	6.00	73.20	SO ₄ ⁻²	8.39	402.76
		Na ⁺	76.11	1750.44	HCO ₃ ⁻	10.29	627.69
		K ⁺	2.40	95.84	CO ₃ ⁻²		
		Σ	108.9	2407.5	Σ	109.8	4264.5

PARÁMETROS CALCULADOS

Sólidos totales	STDcalc	6672.0 mg l ⁻¹	
	STD	6290.4 mg l ⁻¹	
Adsorción de Na	SAR	19.5	
	pHc	6.4	
	SARadj	58.6	
	Ca _x	4.8 meq l ⁻¹	
	RNa adj	32.7	
	Na ₂ CO ₃ residual	-20.1 meq l ⁻¹	Riesgo nulo
Calidad agua para riego	Clase	C4-S4	
	Peligro de salinidad	4	
	Peligro de sodio	4	

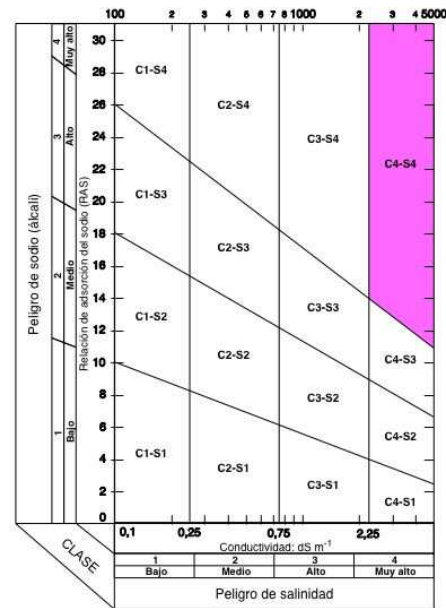
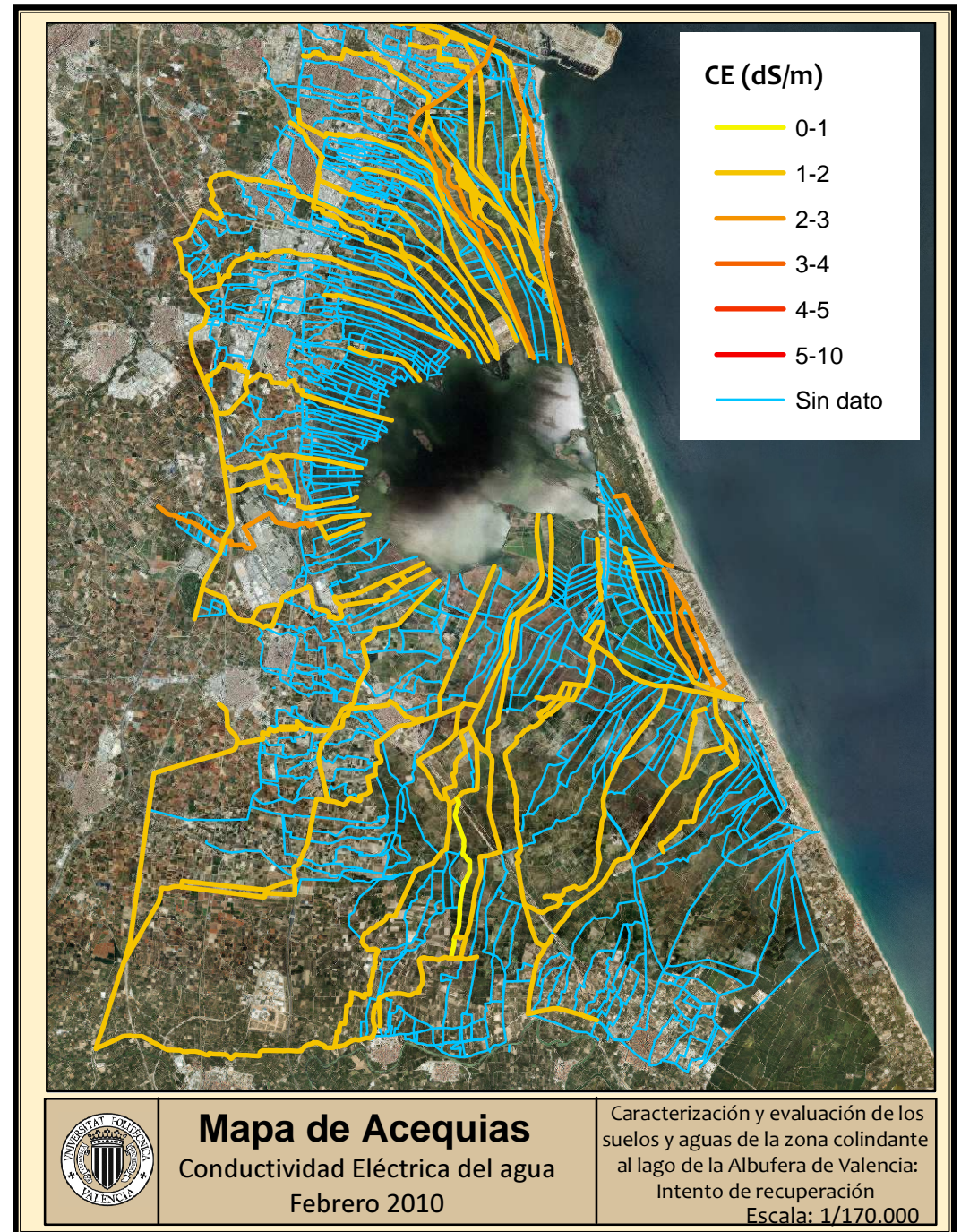
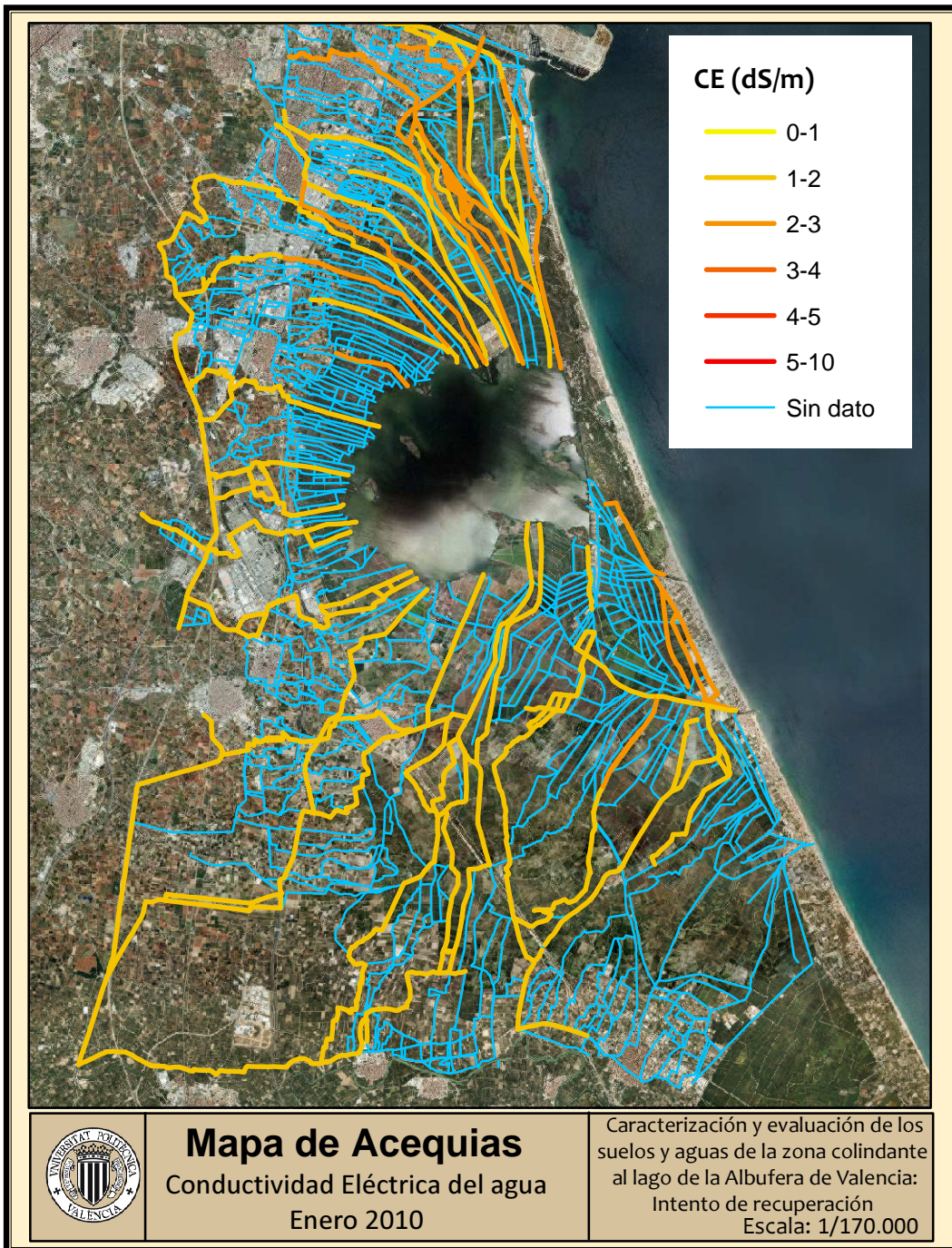
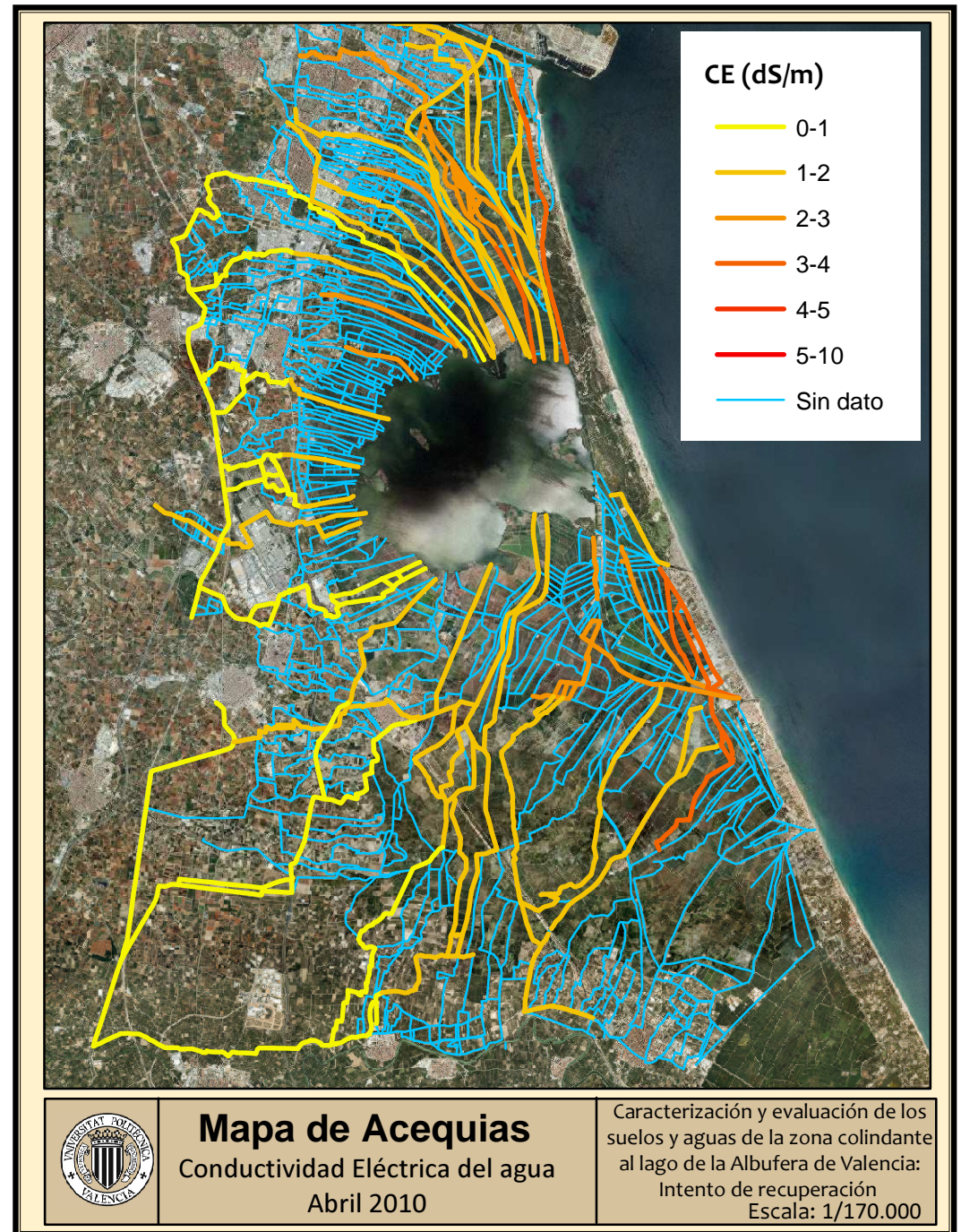
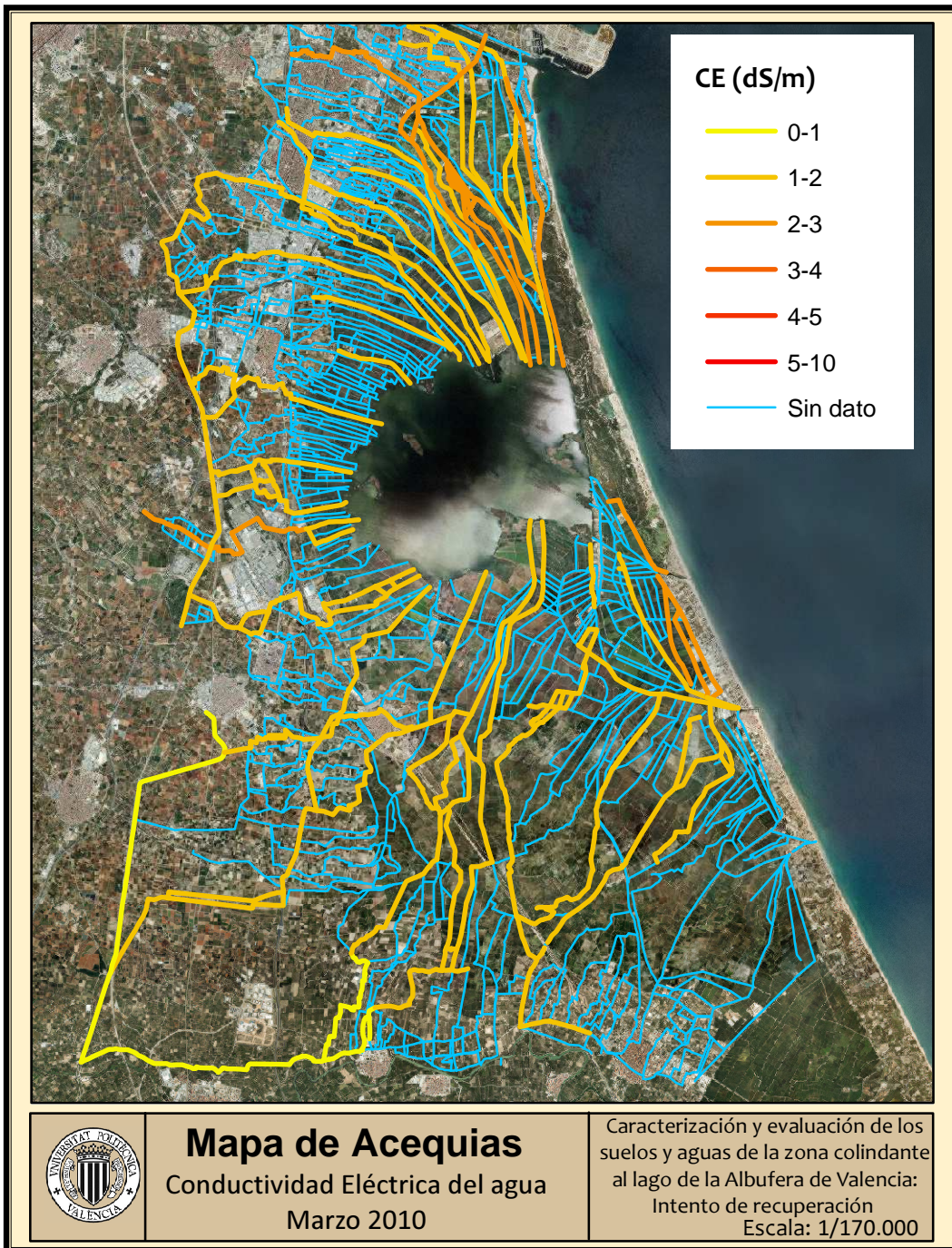


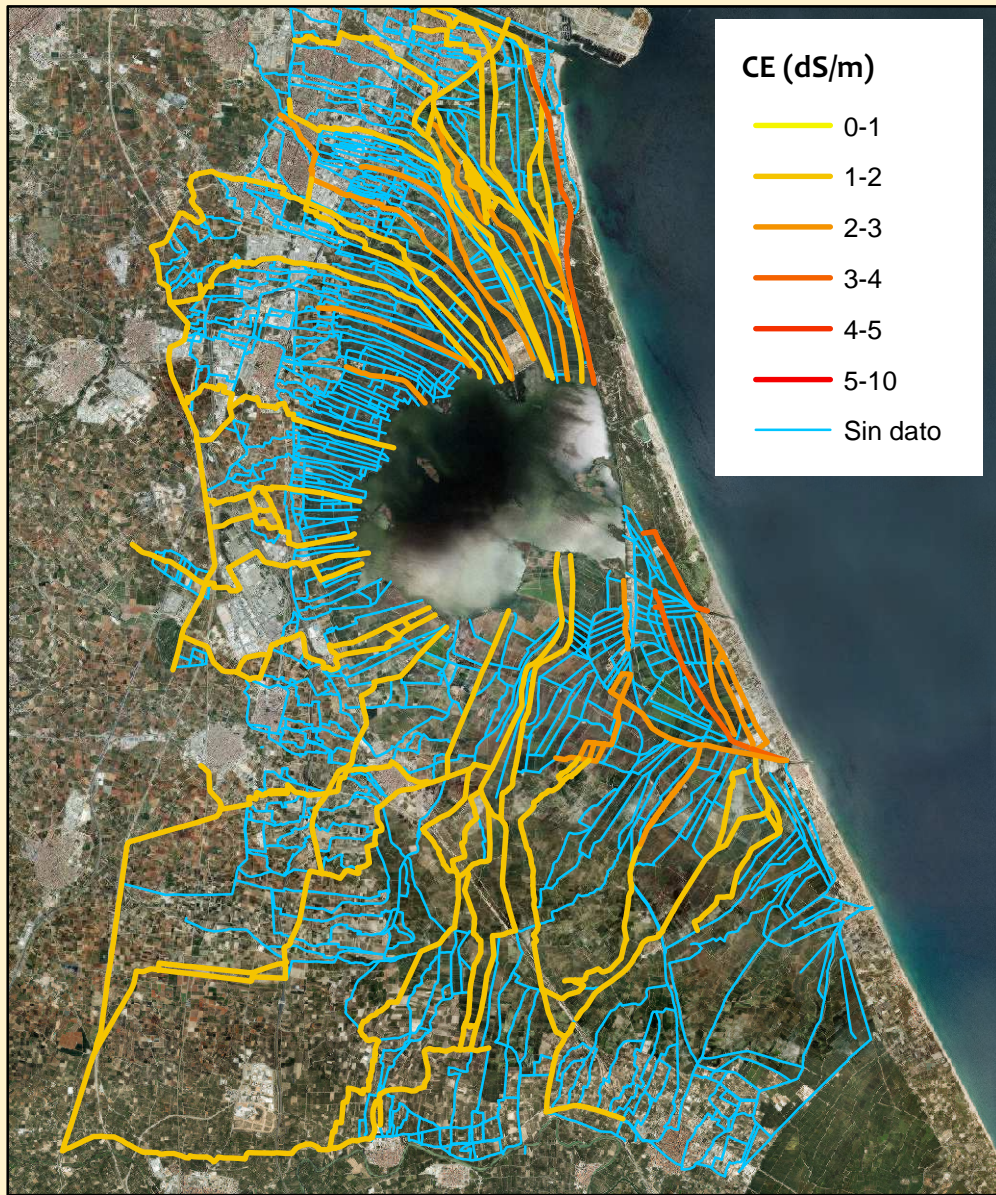
Diagrama para la clasificación de las aguas de riego

Anejo IV

Evolución espacio-temporal de la CE en acequias







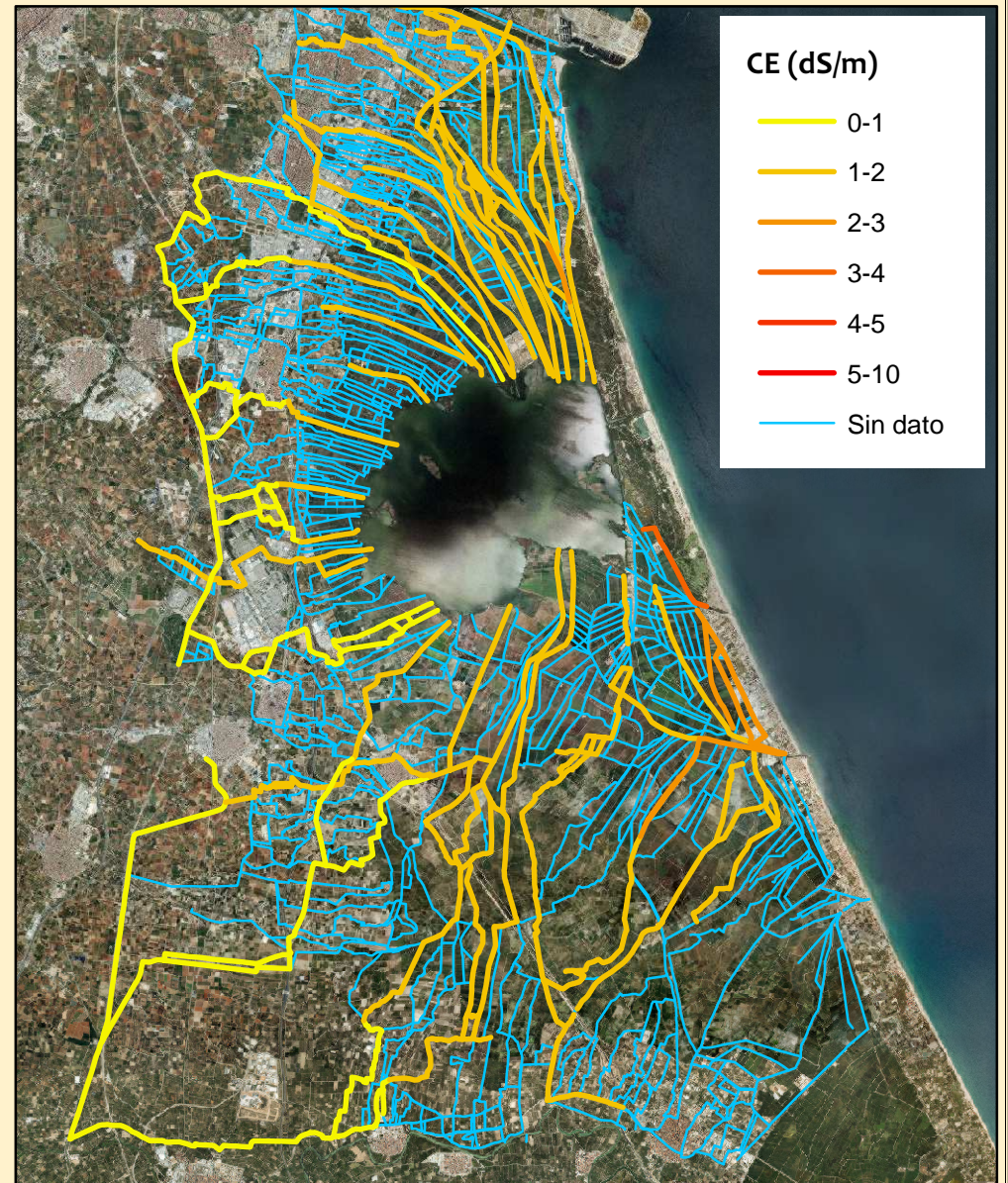
CE (dS/m)

- 0-1
- 1-2
- 2-3
- 3-4
- 4-5
- 5-10
- Sin dato



Mapa de Acequias
 Conductividad Eléctrica del agua
 Mayo 2010

Caracterización y evaluación de los
 suelos y aguas de la zona colindante
 al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/170.000



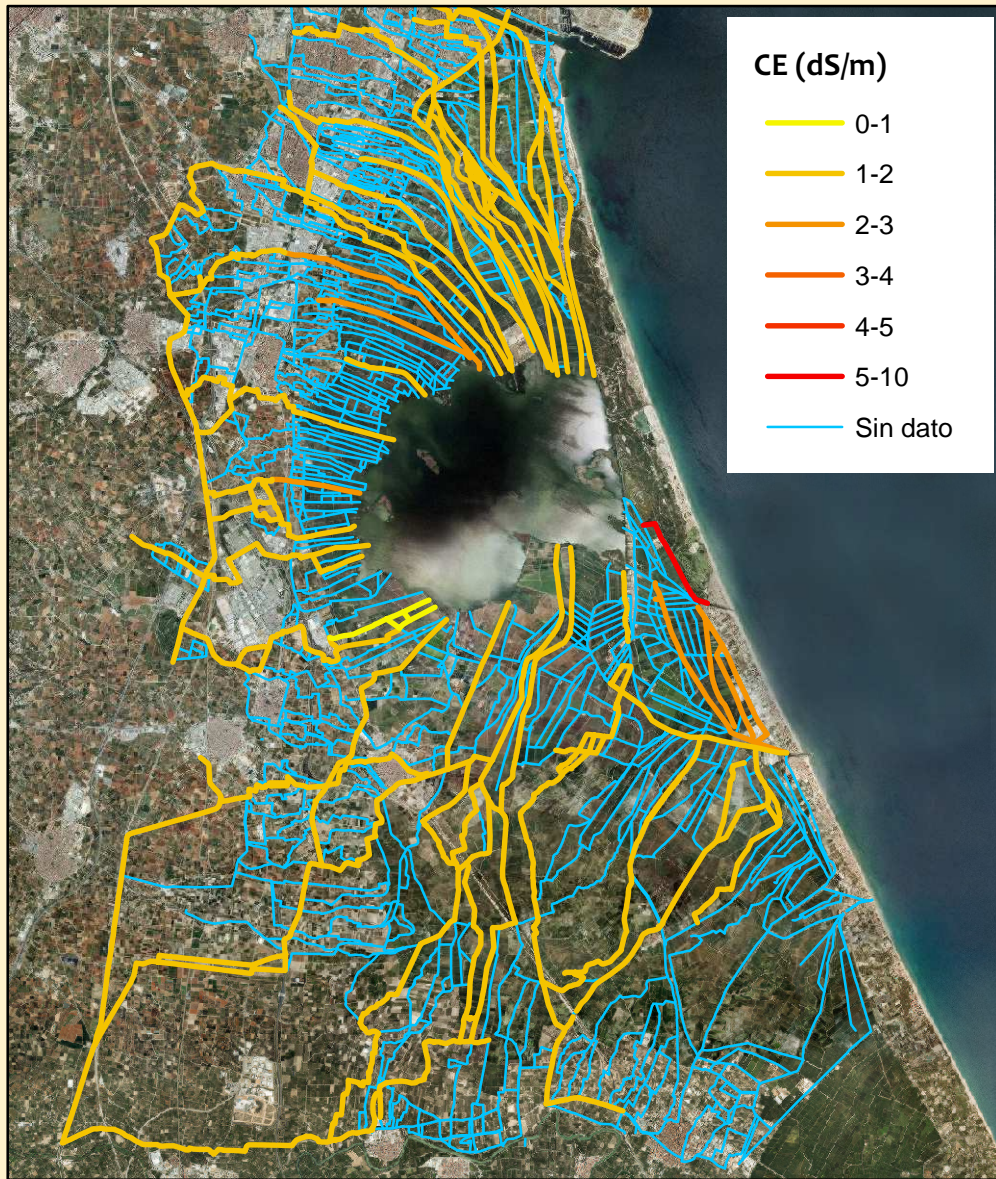
CE (dS/m)

- 0-1
- 1-2
- 2-3
- 3-4
- 4-5
- 5-10
- Sin dato



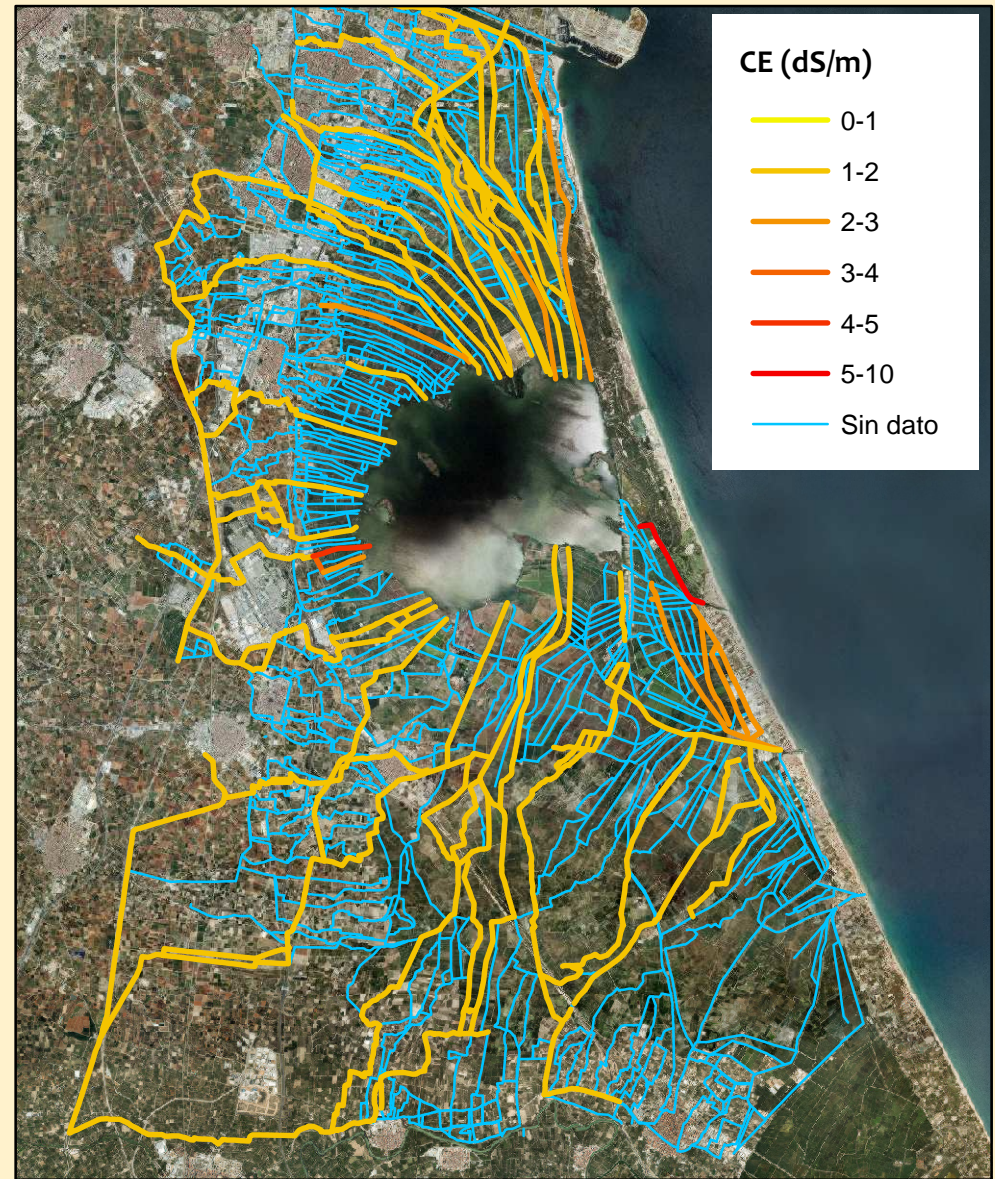
Mapa de Acequias
 Conductividad Eléctrica del agua
 Junio 2010

Caracterización y evaluación de los
 suelos y aguas de la zona colindante
 al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/170.000



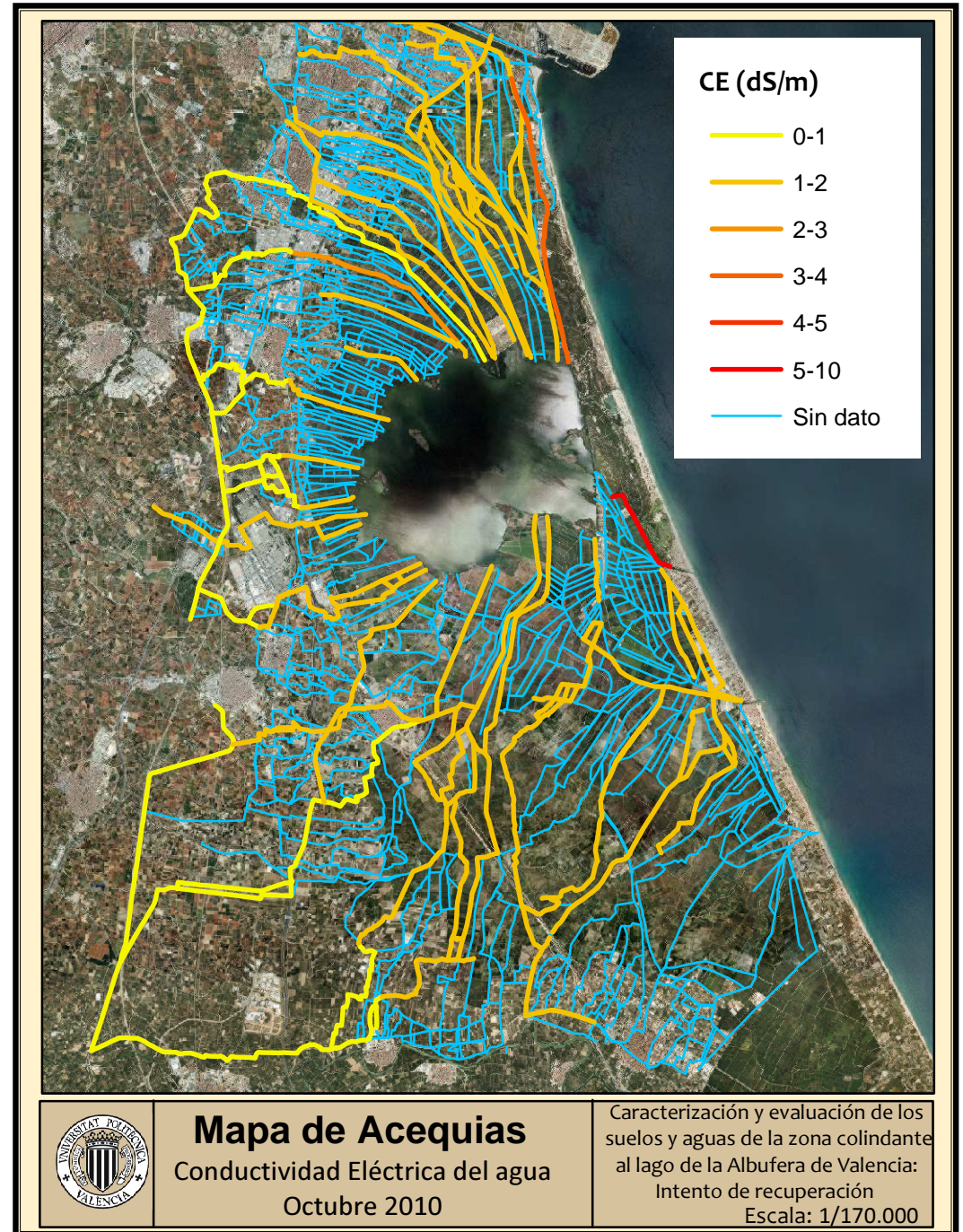
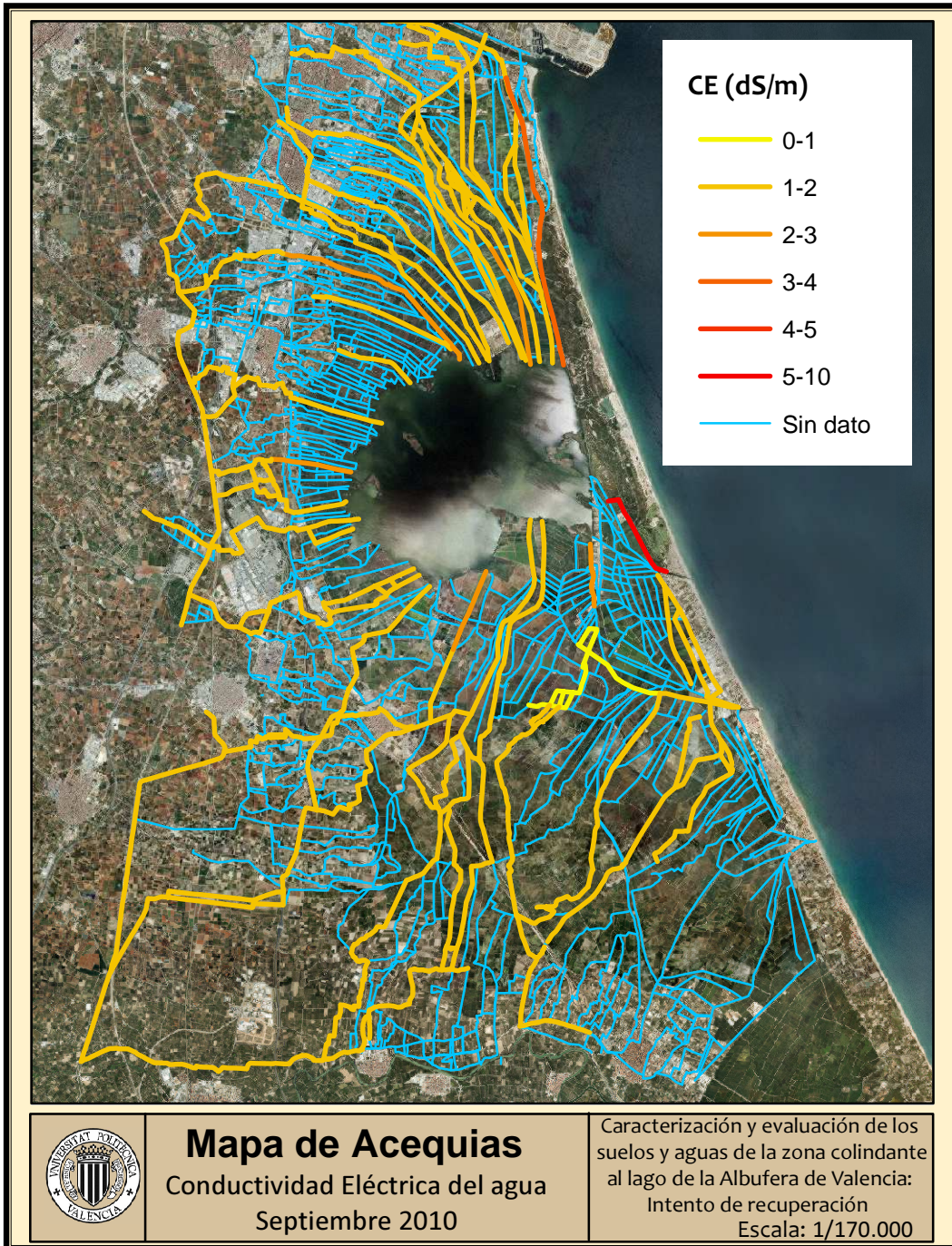
Mapa de Acequias
 Conductividad Eléctrica del agua
 Julio 2010

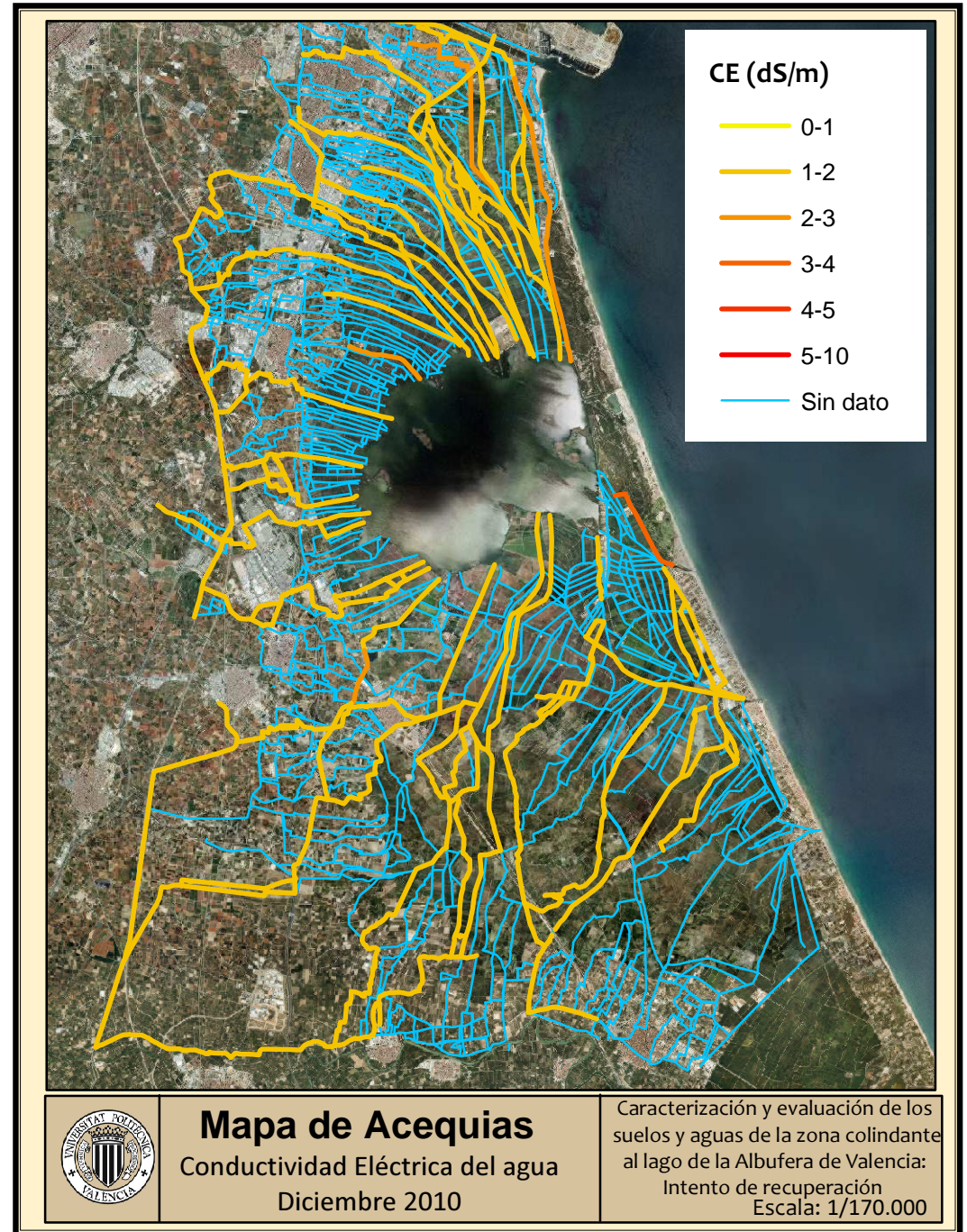
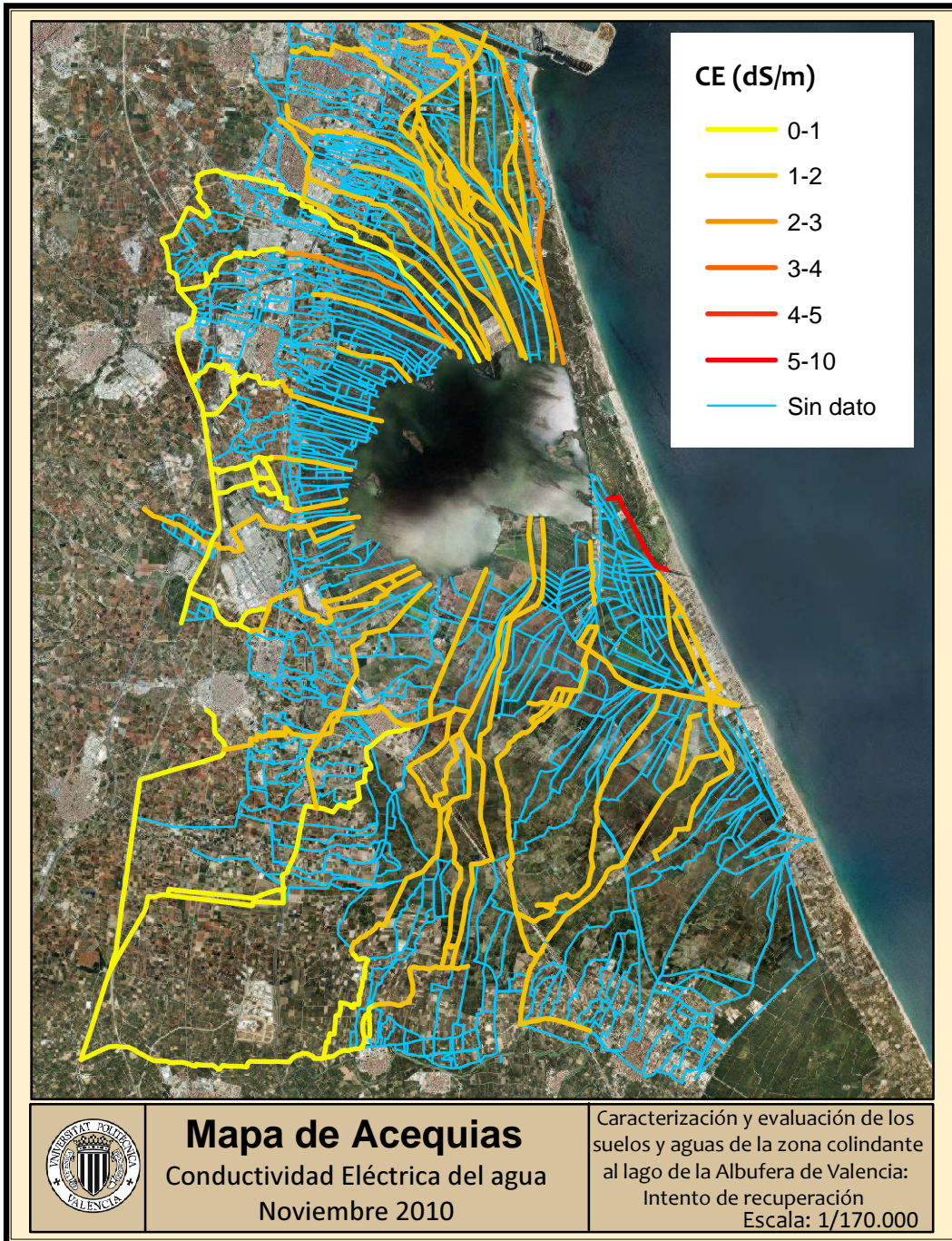
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/170.000

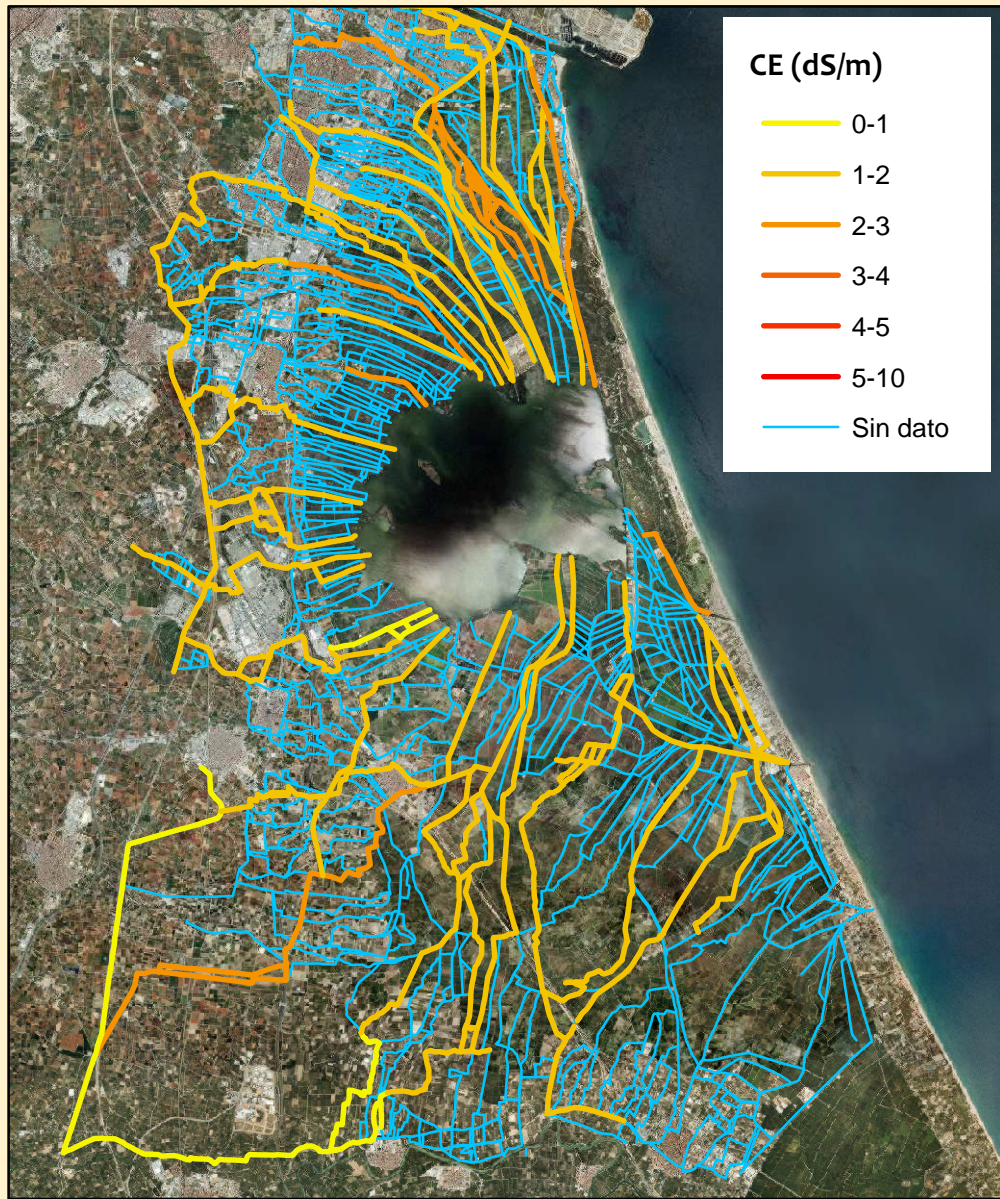


Mapa de Acequias
 Conductividad Eléctrica del agua
 Agosto 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/170.000

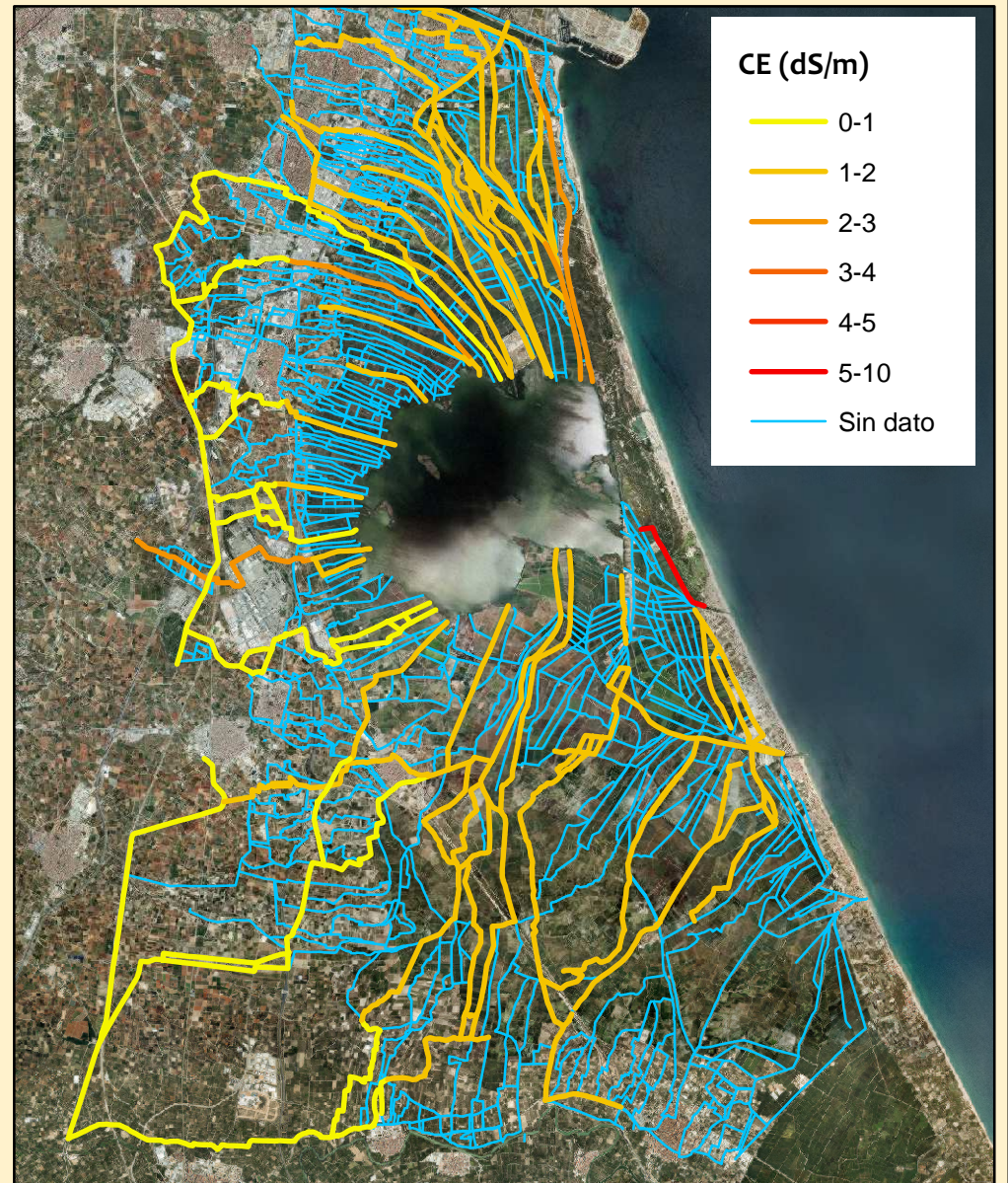






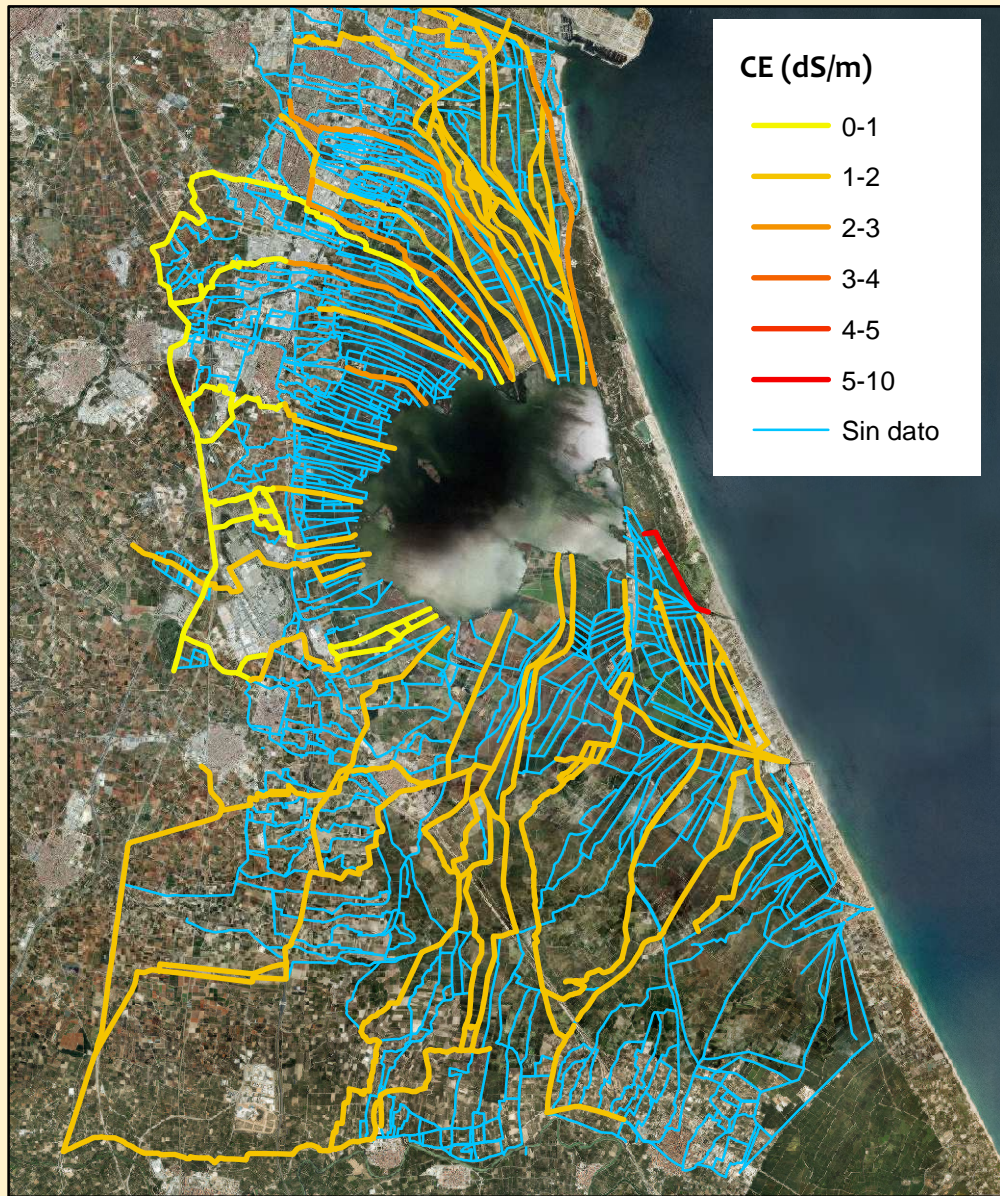
Mapa de Acequias
 Conductividad Eléctrica del agua
 Enero 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/170.000



Mapa de Acequias
 Conductividad Eléctrica del agua
 Febrero 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/170.000



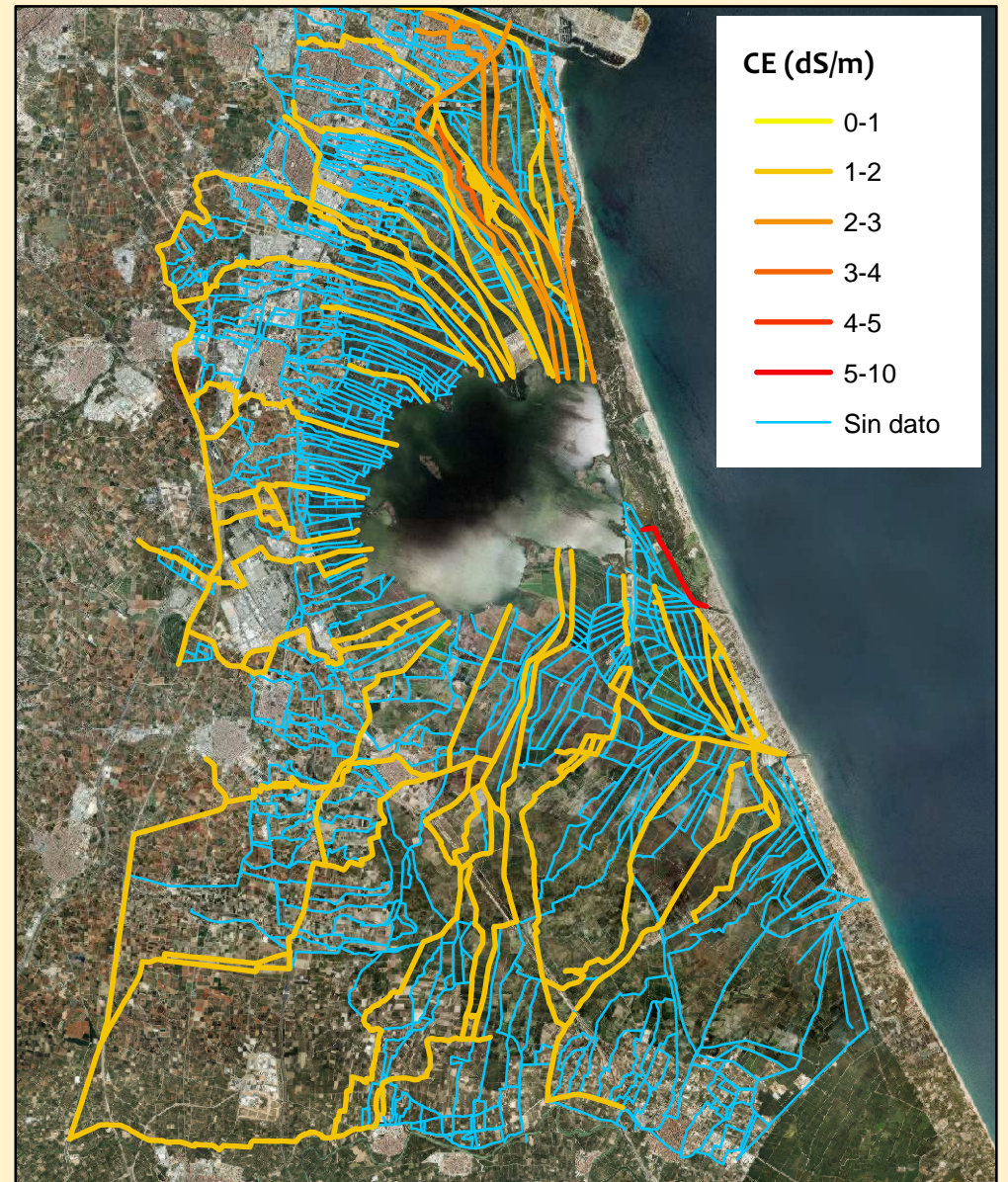
CE (dS/m)

- 0-1
- 1-2
- 2-3
- 3-4
- 4-5
- 5-10
- Sin dato



Mapa de Acequias
 Conductividad Eléctrica del agua
 Marzo 2011

Caracterización y evaluación de los
 suelos y aguas de la zona colindante
 al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/170.000



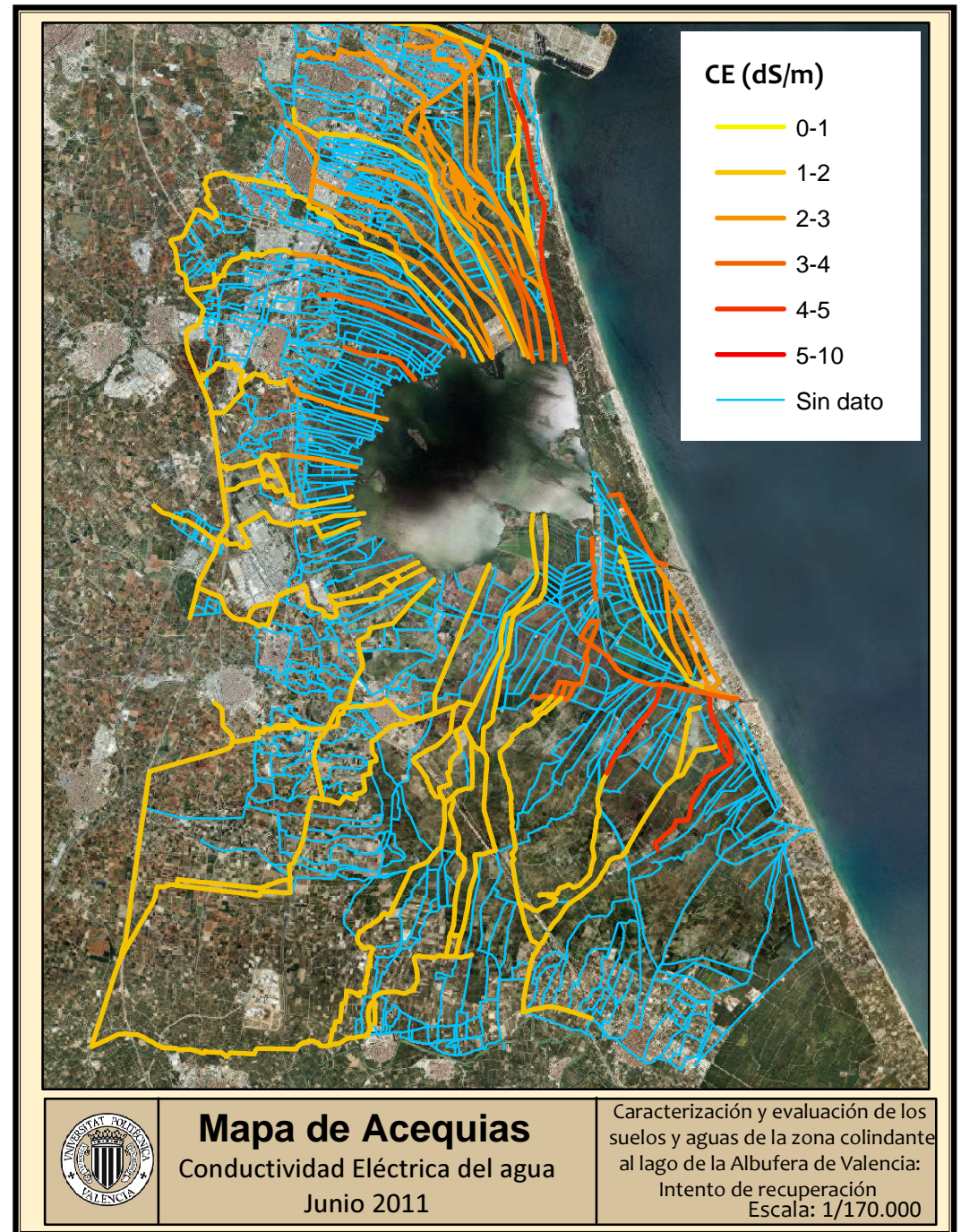
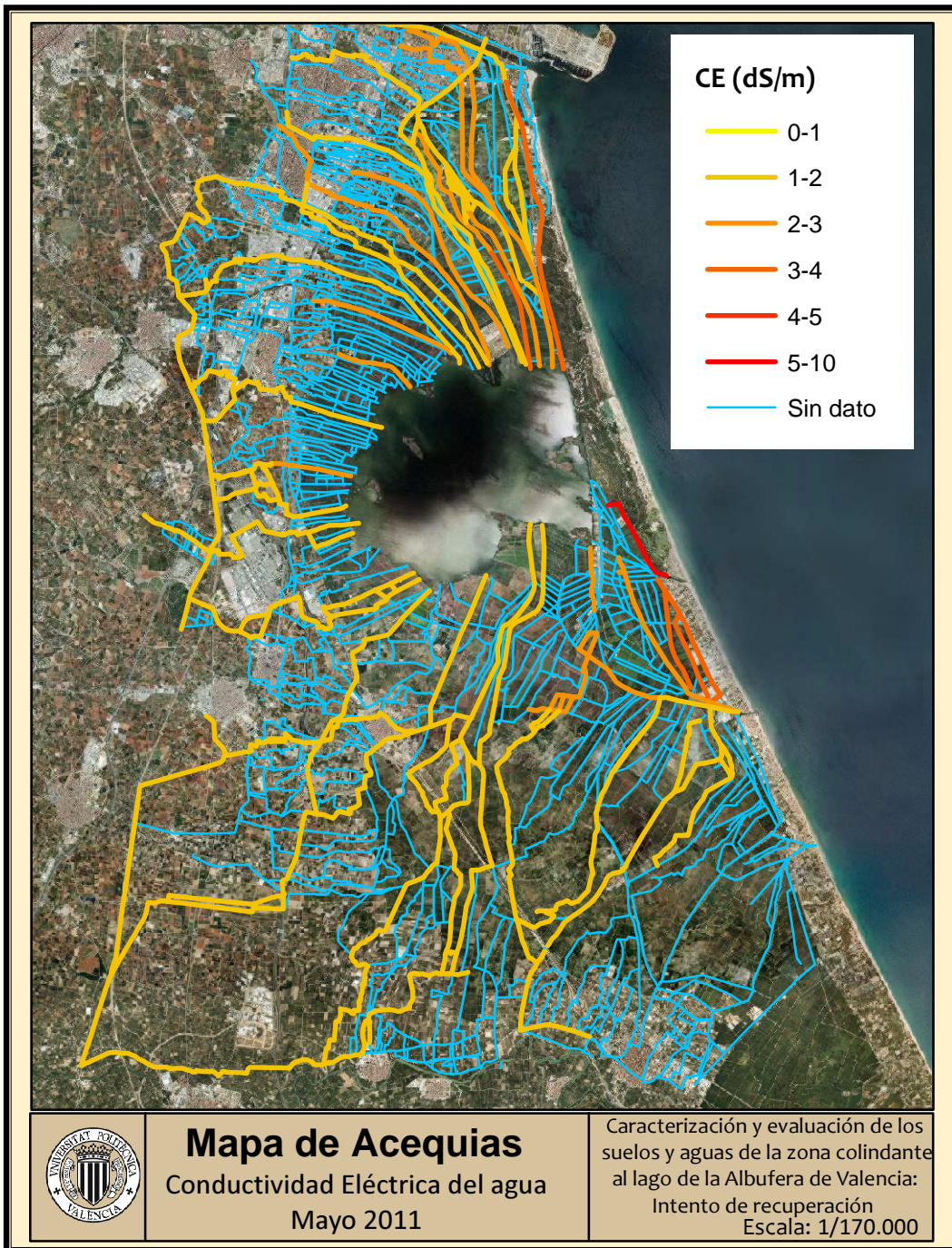
CE (dS/m)

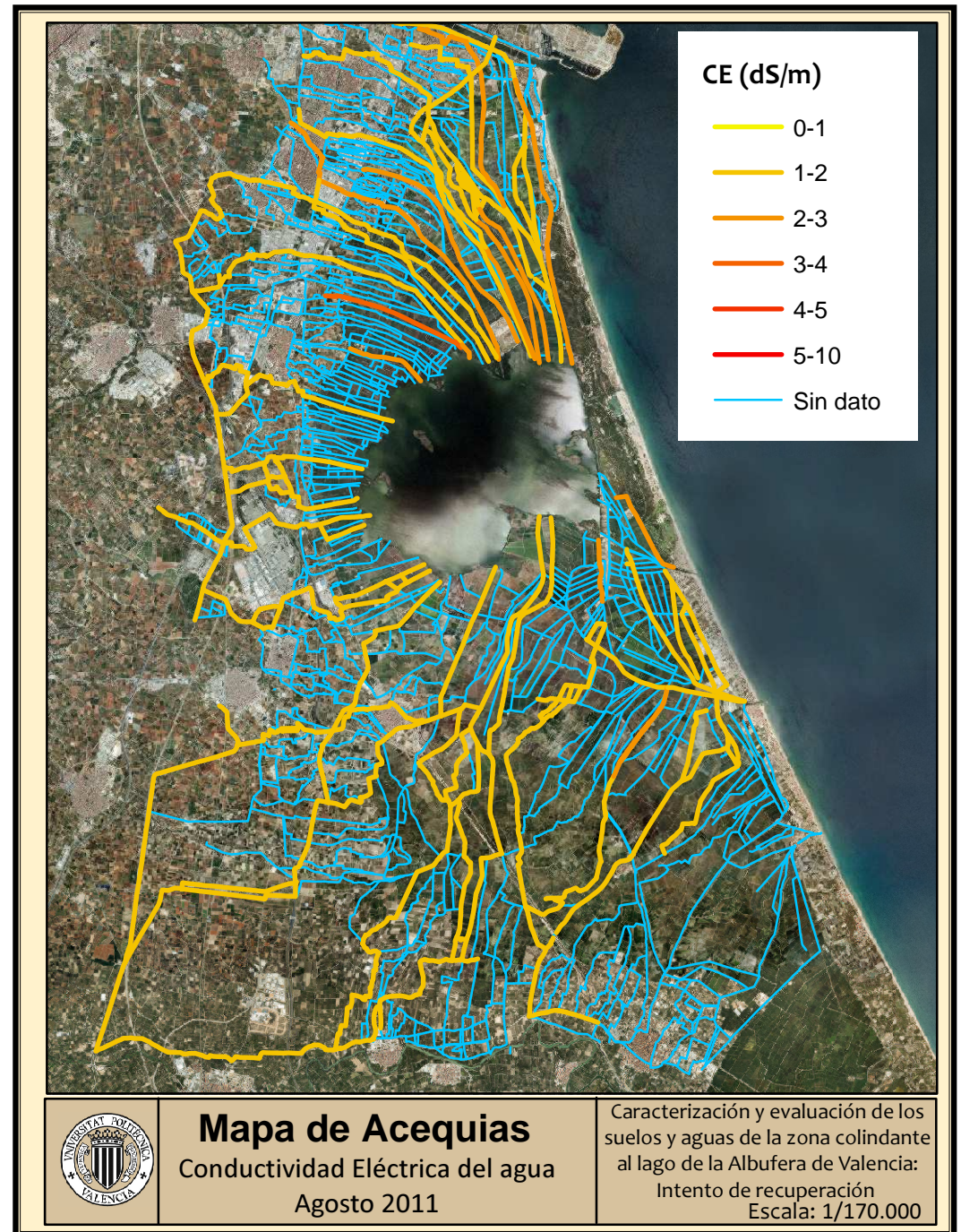
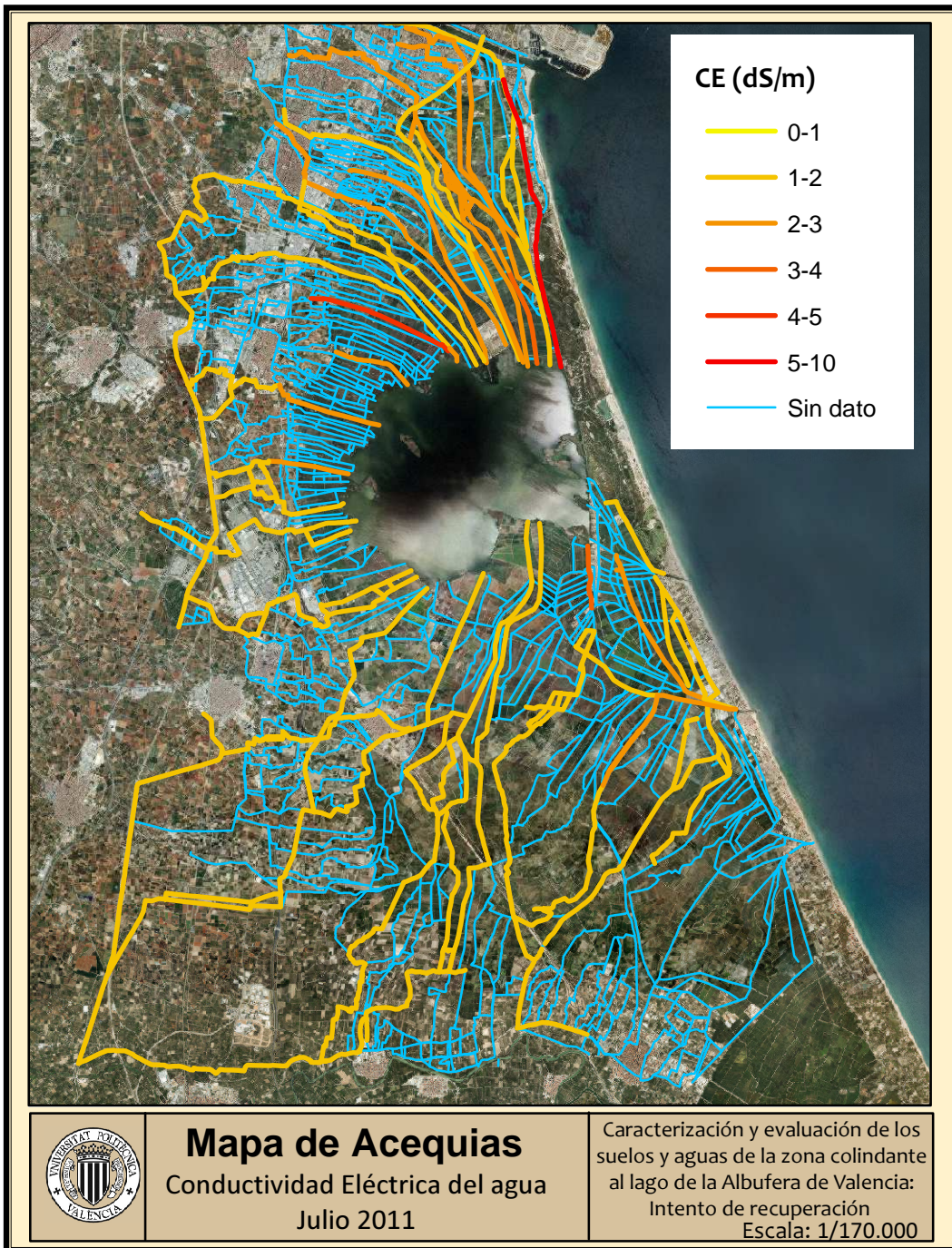
- 0-1
- 1-2
- 2-3
- 3-4
- 4-5
- 5-10
- Sin dato

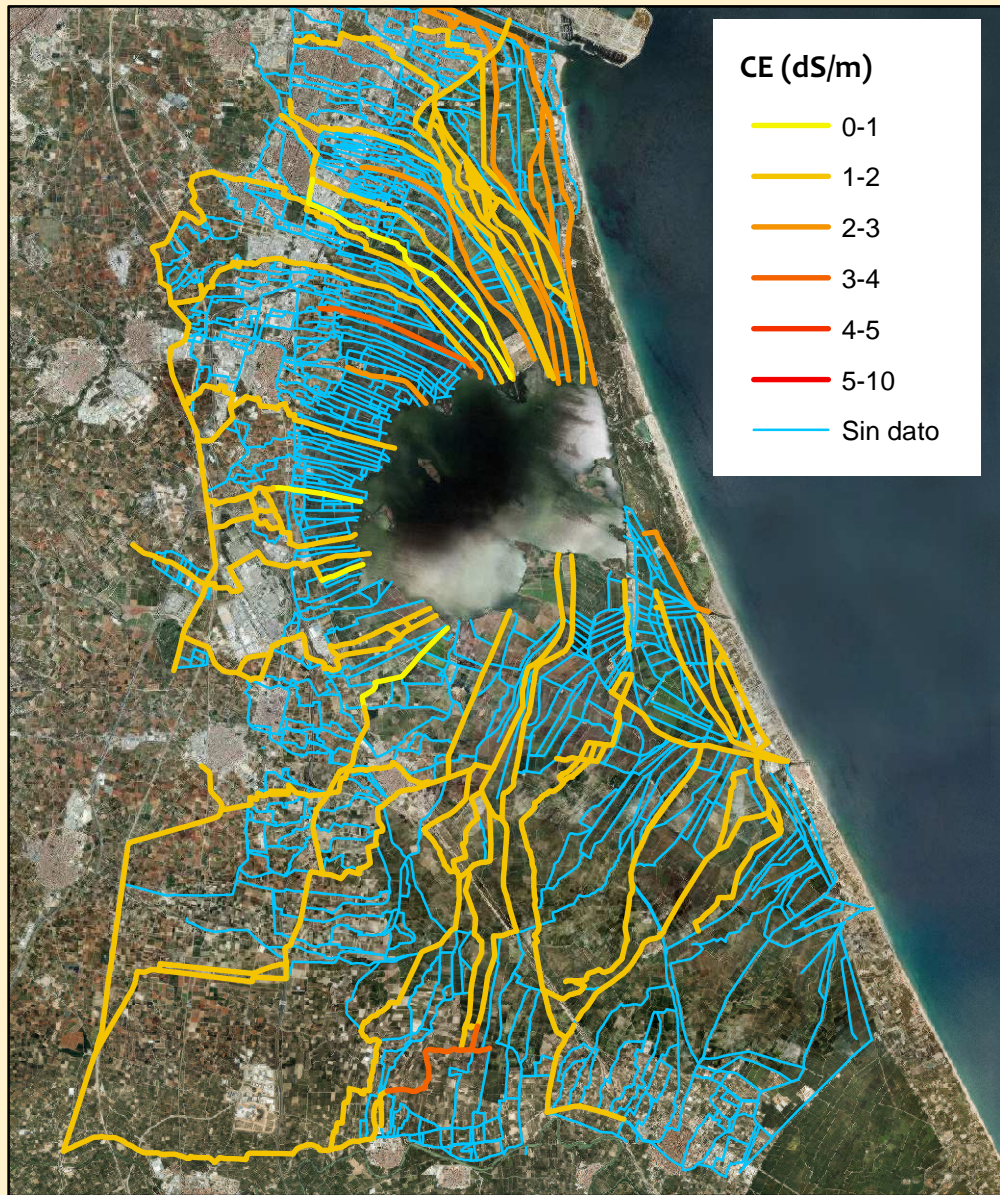


Mapa de Acequias
 Conductividad Eléctrica del agua
 Abril 2011

Caracterización y evaluación de los
 suelos y aguas de la zona colindante
 al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/170.000







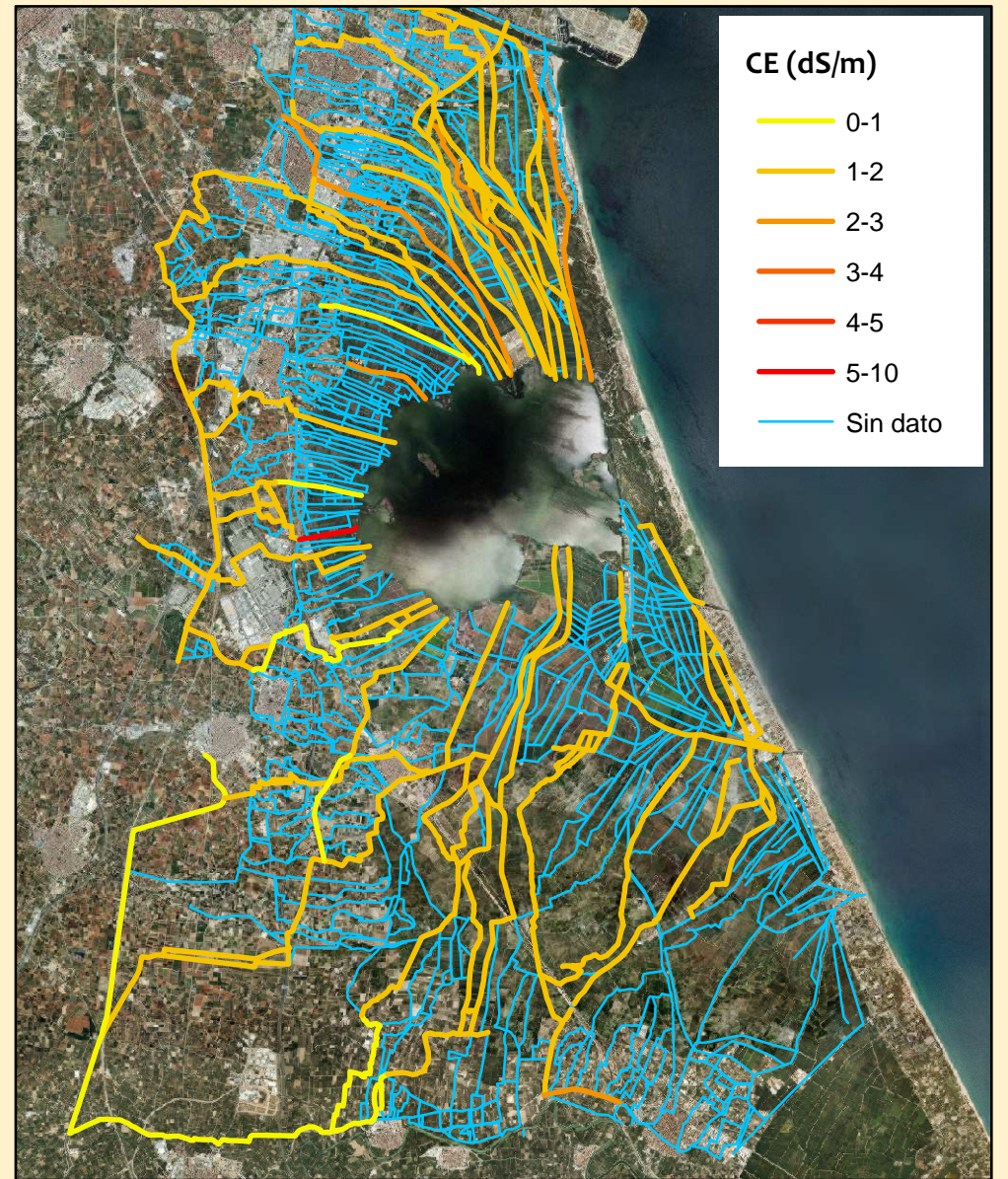
CE (dS/m)

- 0-1
- 1-2
- 2-3
- 3-4
- 4-5
- 5-10
- Sin dato



Mapa de Acequias
 Conductividad Eléctrica del agua
 Septiembre 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
 Escala: 1/170.000



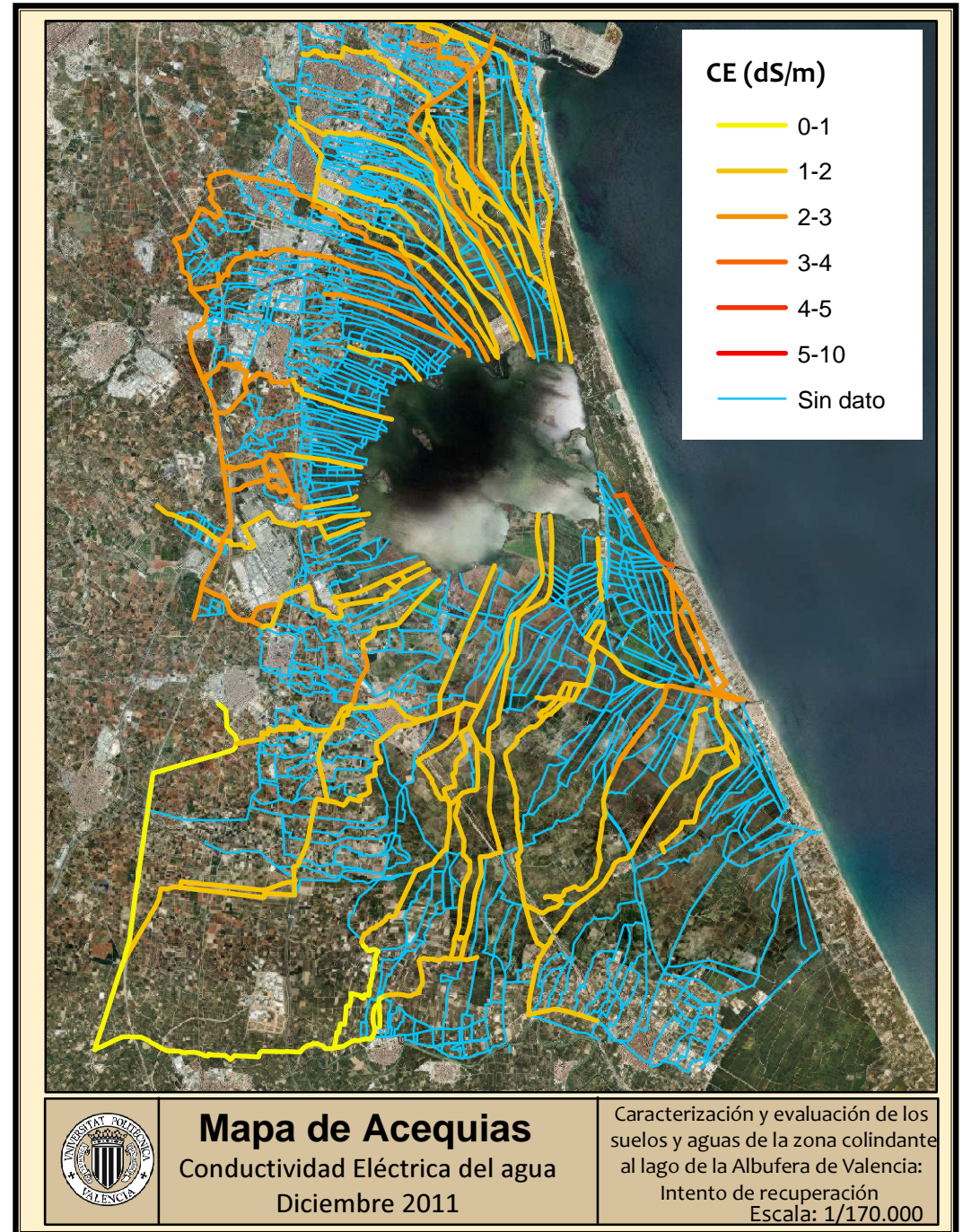
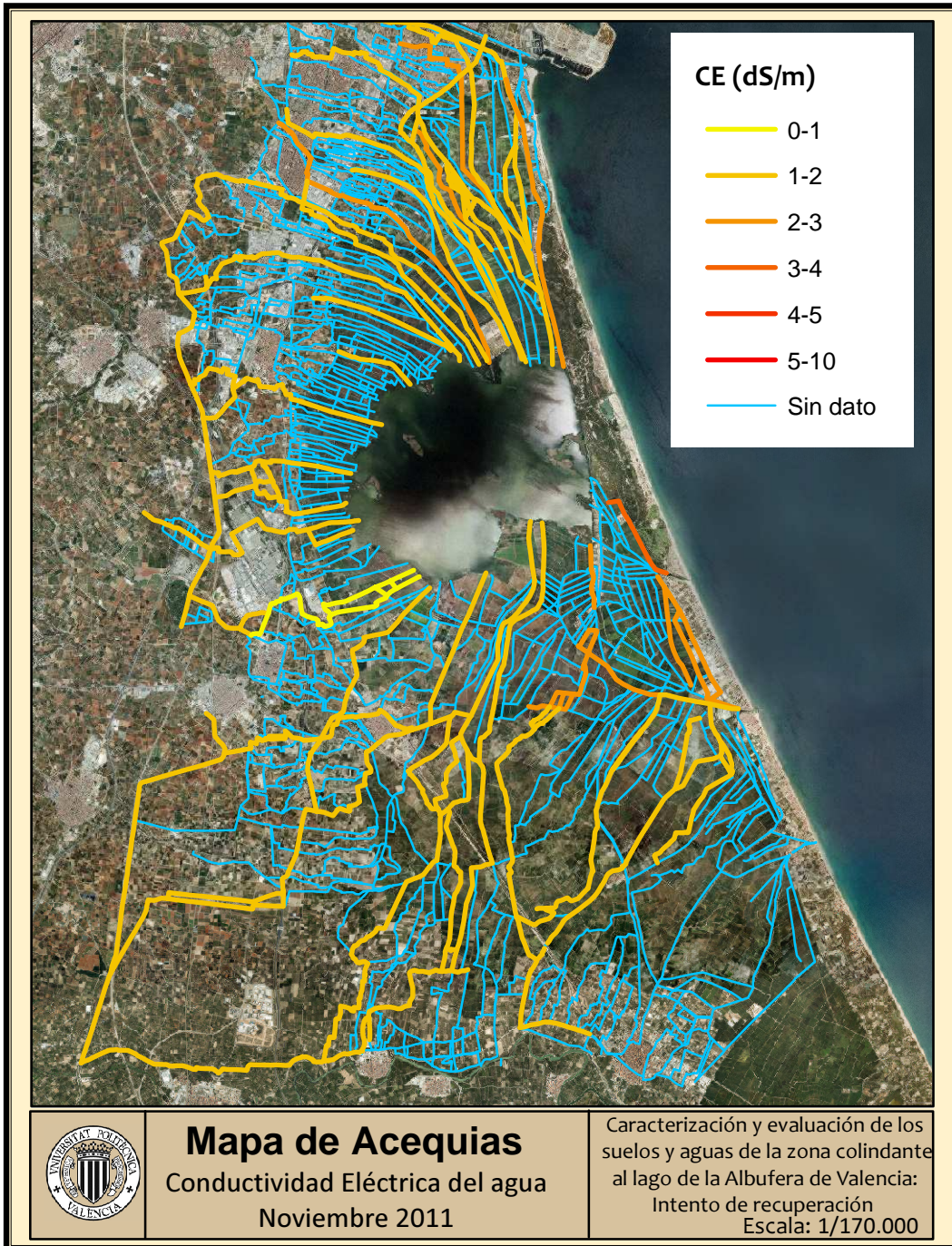
CE (dS/m)

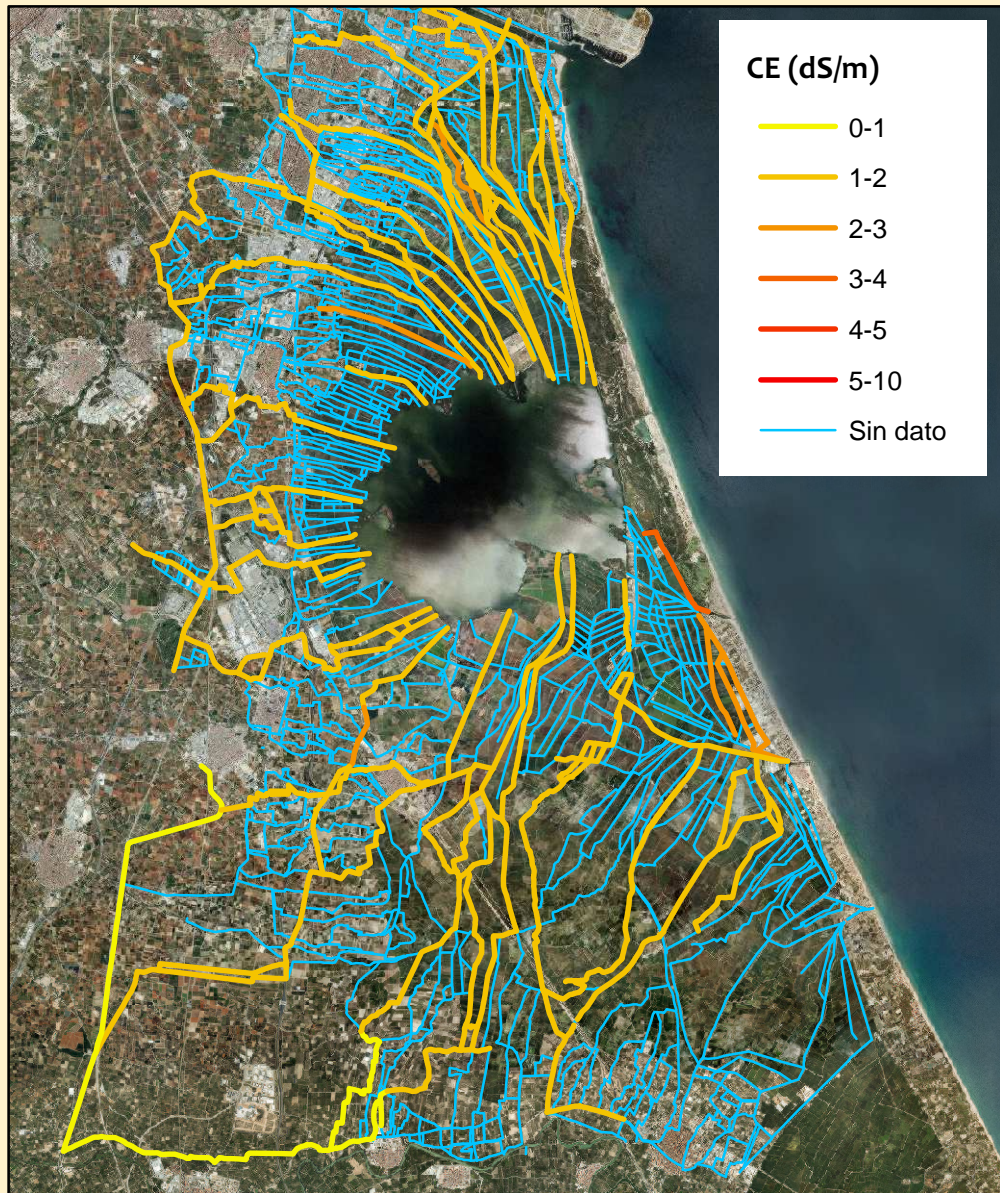
- 0-1
- 1-2
- 2-3
- 3-4
- 4-5
- 5-10
- Sin dato



Mapa de Acequias
 Conductividad Eléctrica del agua
 Octubre 2011

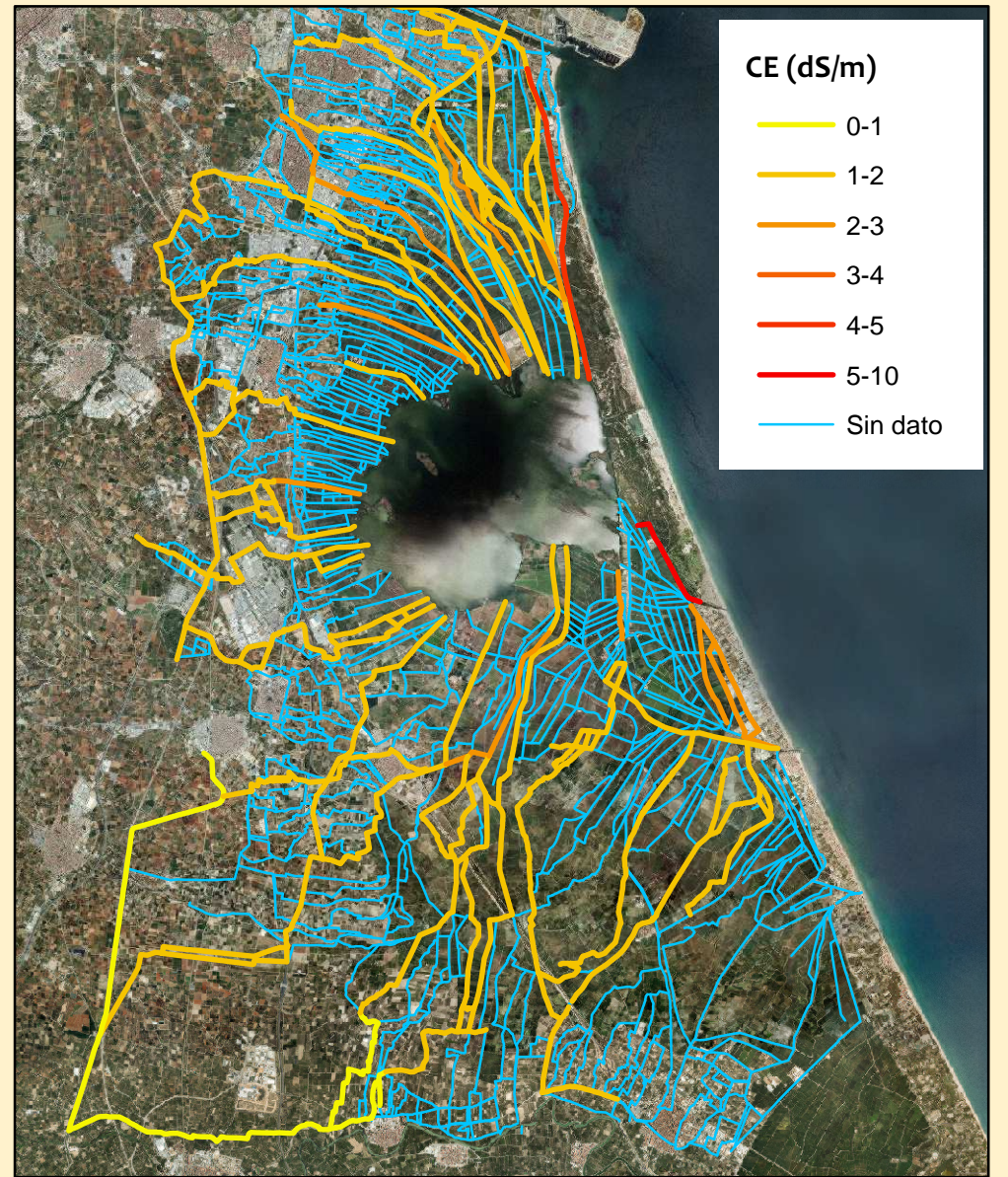
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
 Escala: 1/170.000





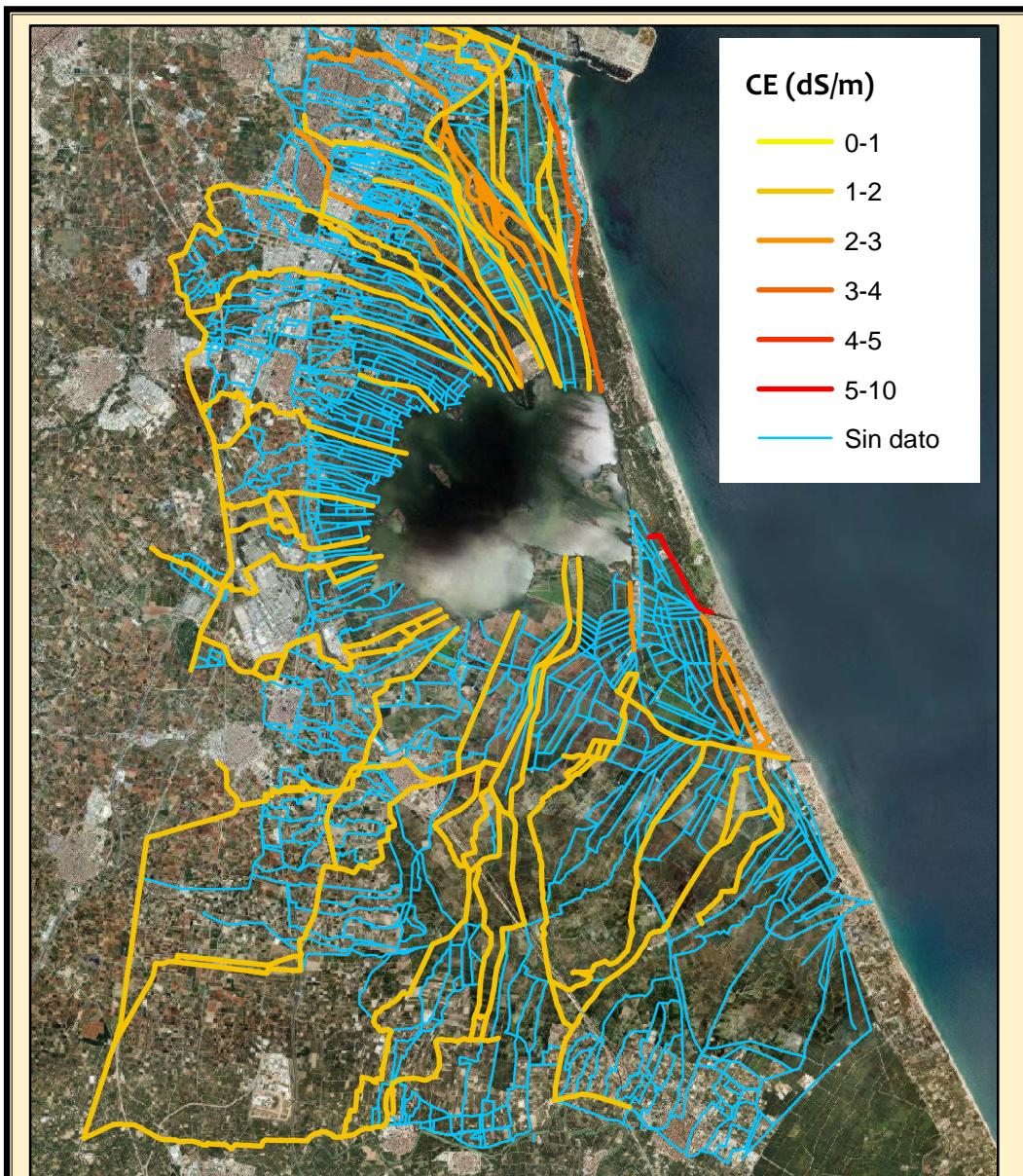
Mapa de Acequias
 Conductividad Eléctrica del agua
 Enero 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante del lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/170.000



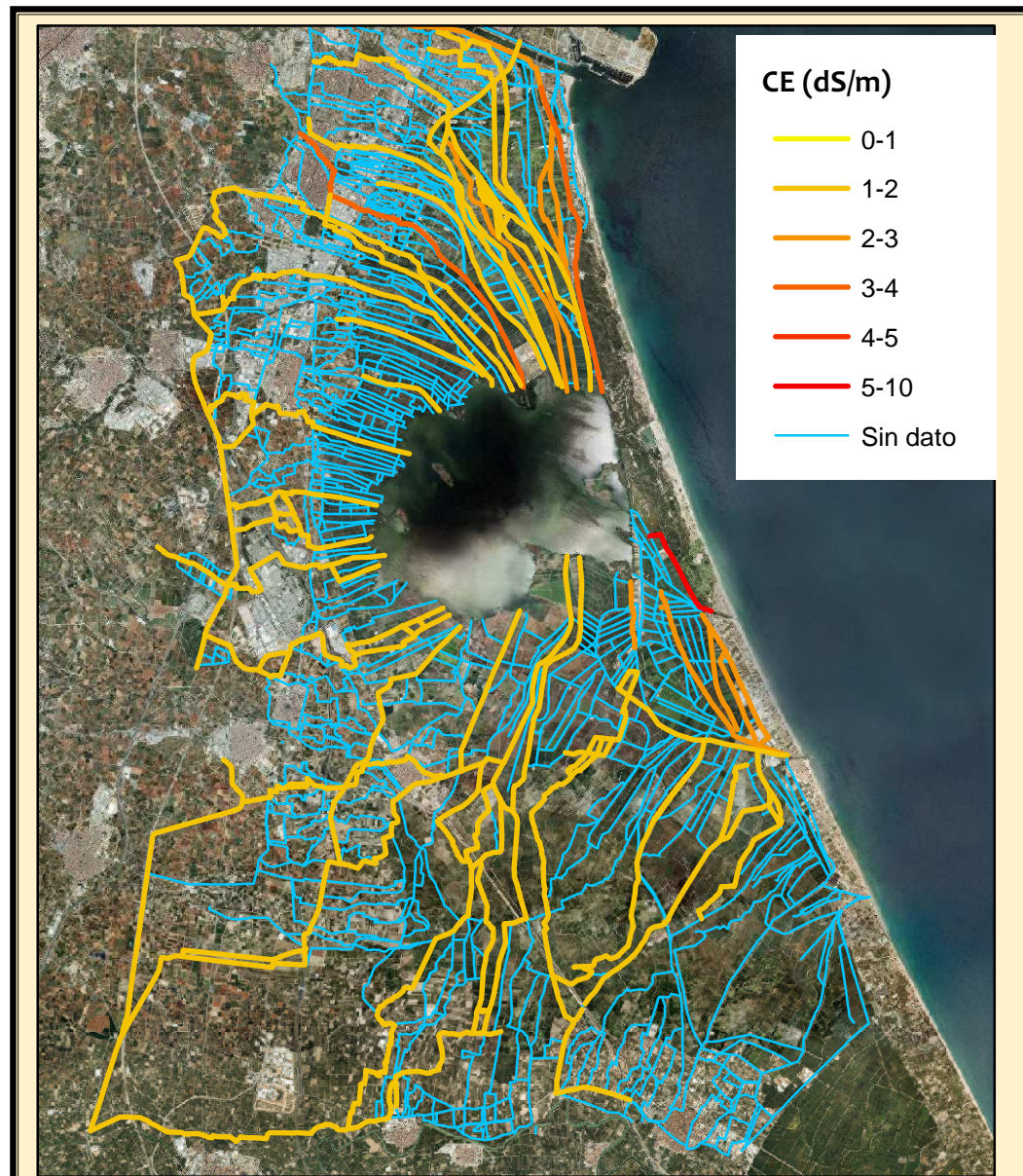
Mapa de Acequias
 Conductividad Eléctrica del agua
 Febrero 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante del lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/170.000



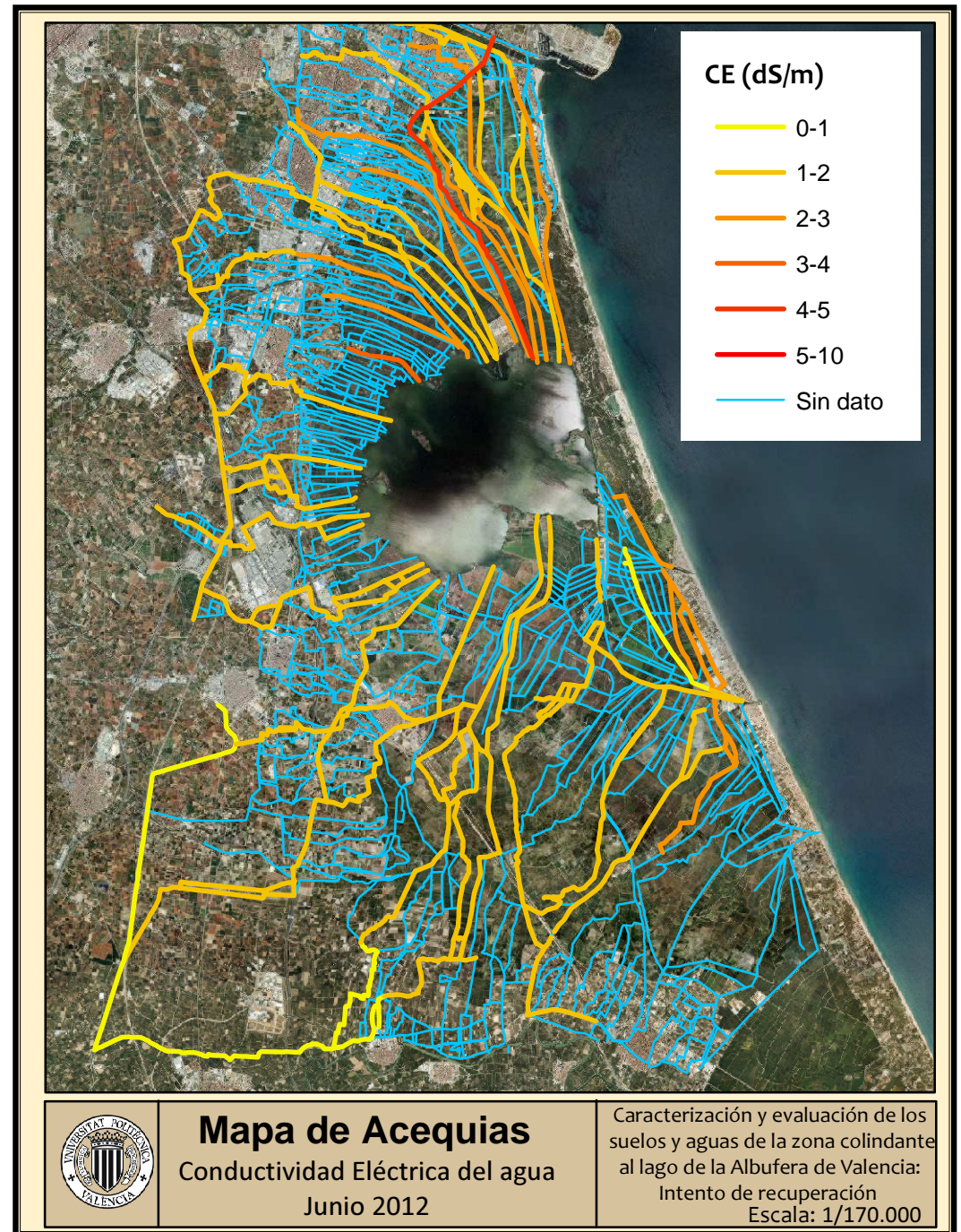
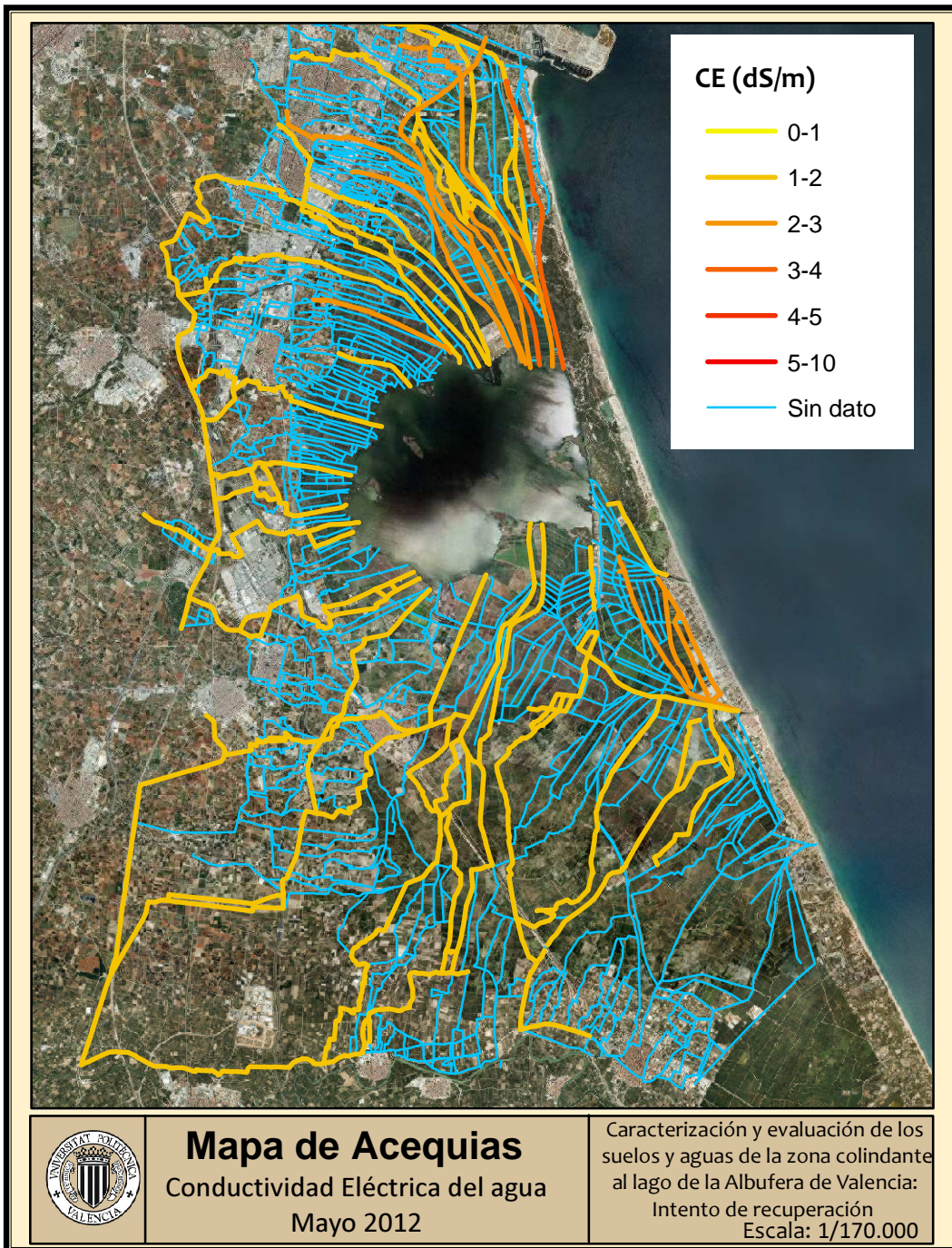
Mapa de Acequias
 Conductividad Eléctrica del agua
 Marzo 2012

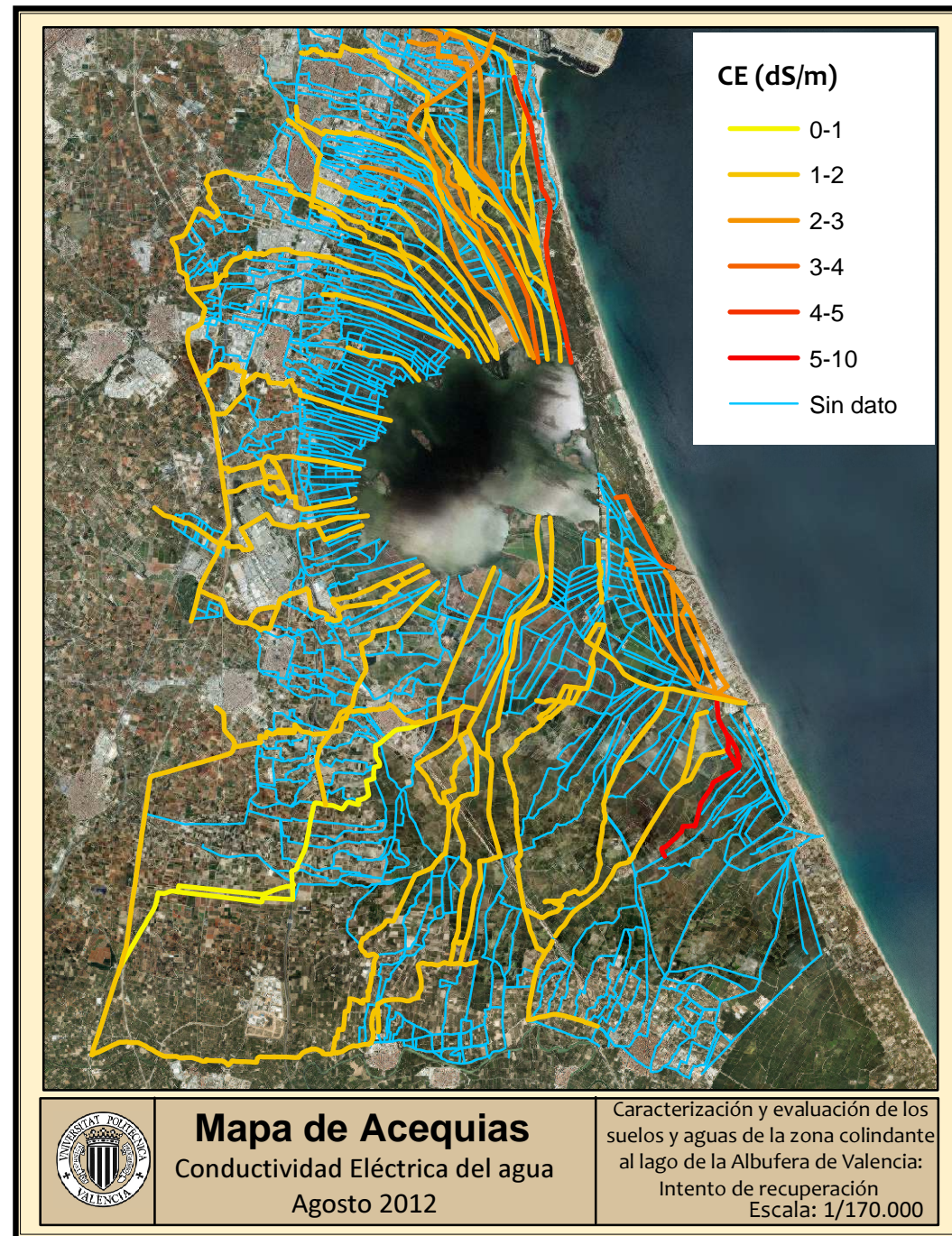
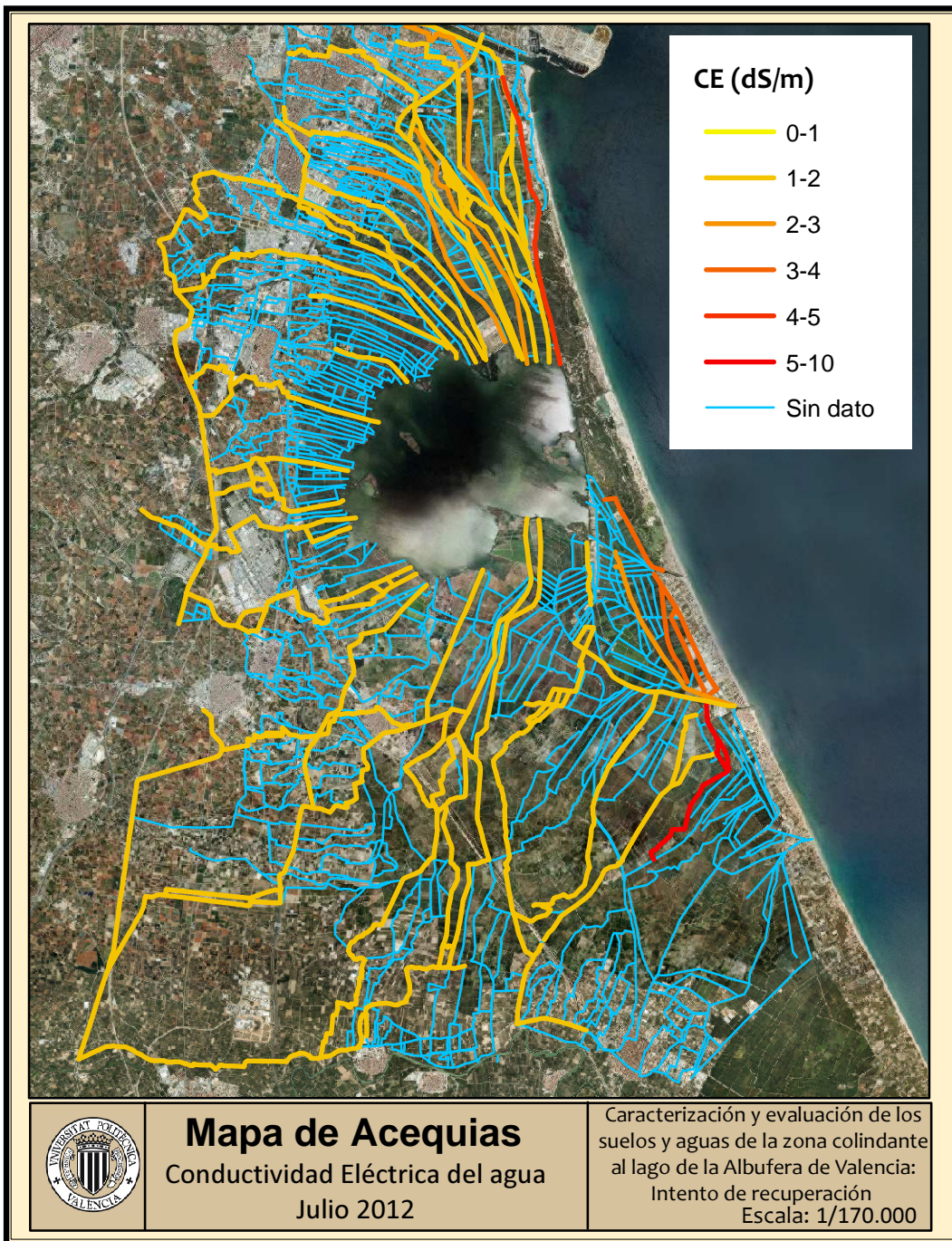
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/170.000

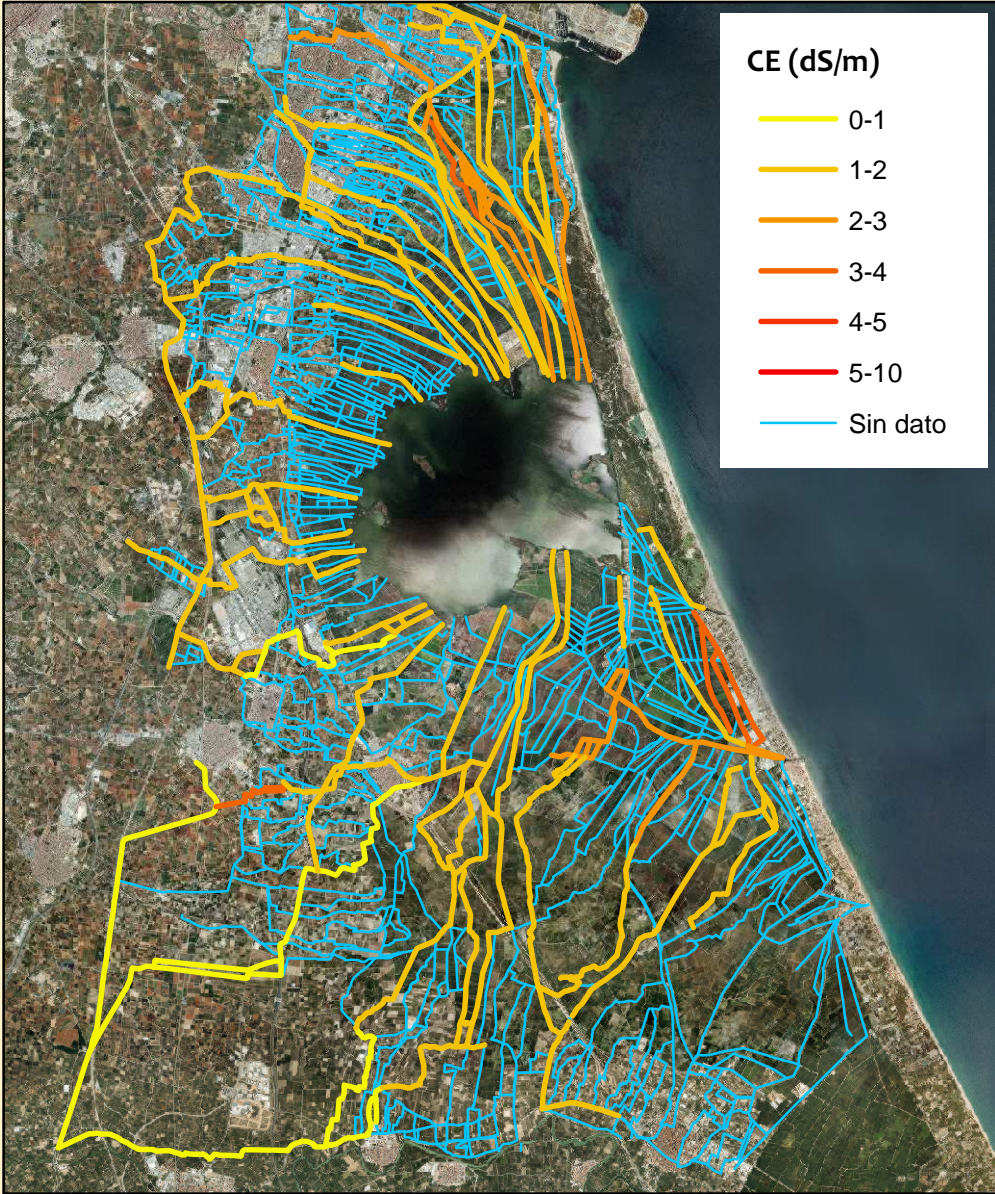


Mapa de Acequias
 Conductividad Eléctrica del agua
 Abril 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/170.000







CE (dS/m)

- 0-1
- 1-2
- 2-3
- 3-4
- 4-5
- 5-10
- Sin dato



Mapa de Acequias

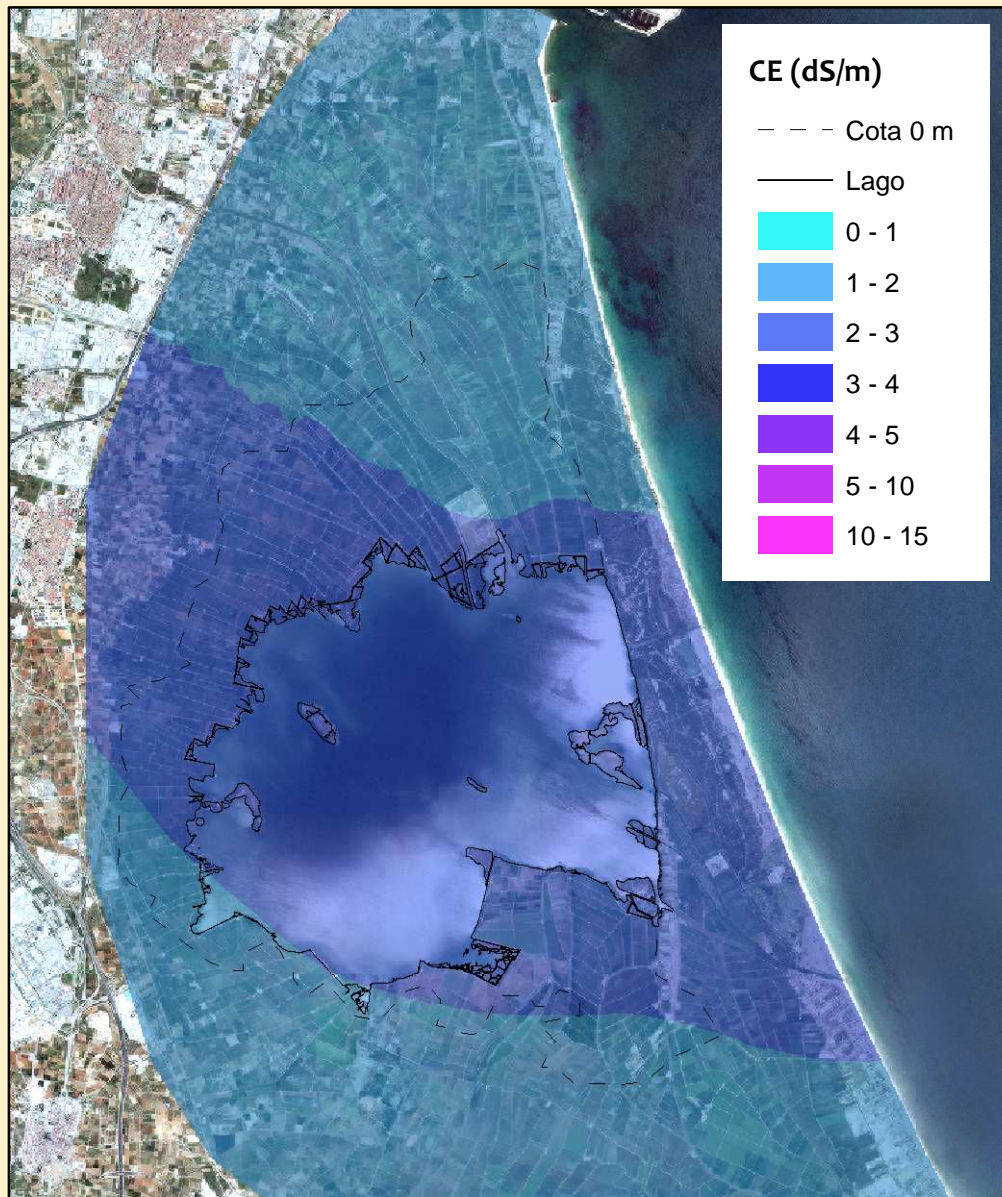
Conductividad Eléctrica del agua

Septiembre 2012

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/170.000

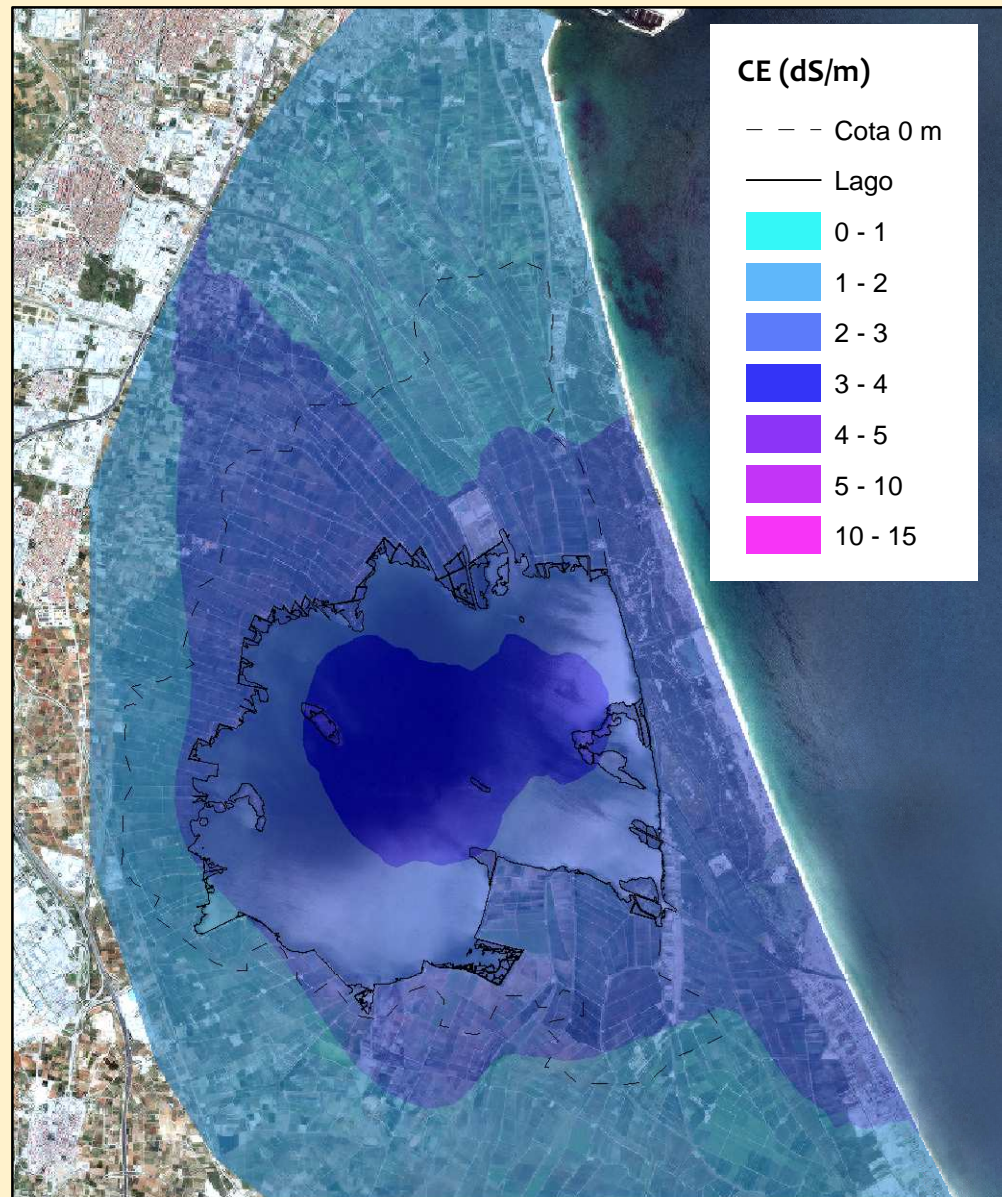
Anejo V

Evolución espacio-temporal de la CE en lámina libre



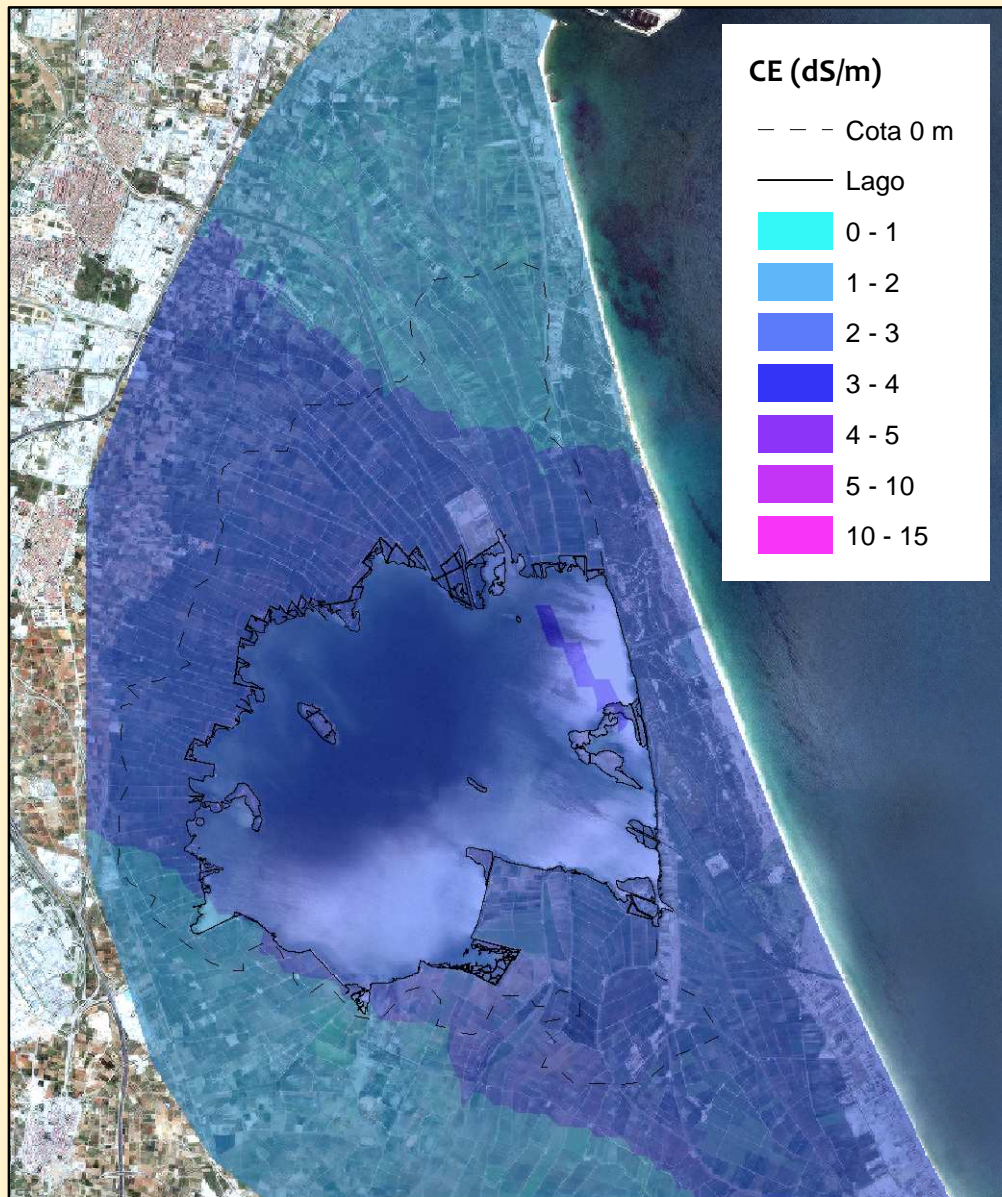
Mapa de la Salinidad en Lámina libre
Enero 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



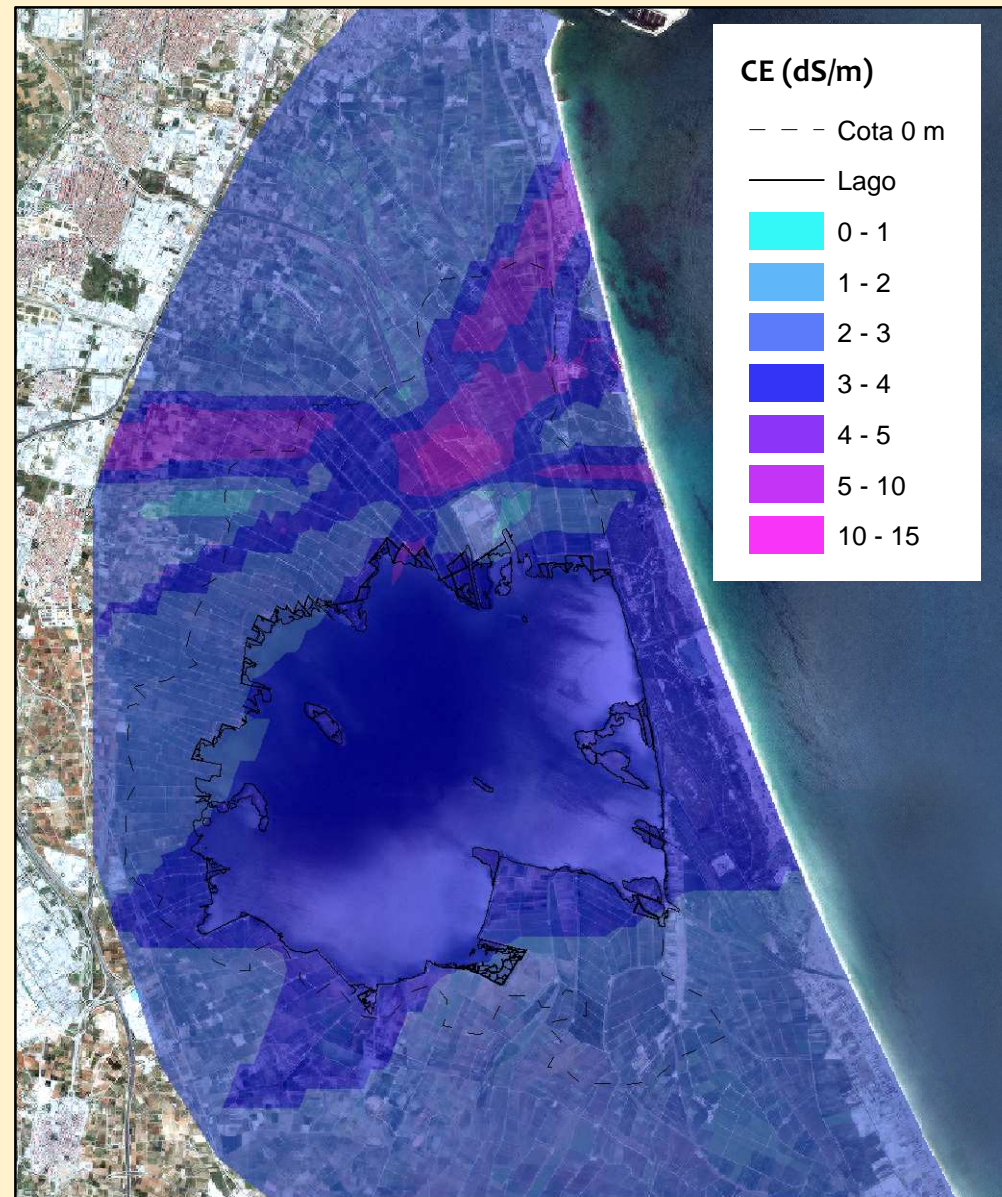
Mapa de la Salinidad en Lámina libre
Febrero 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



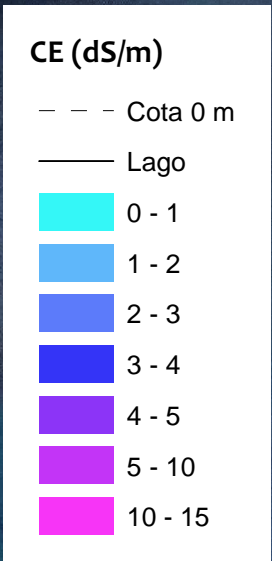
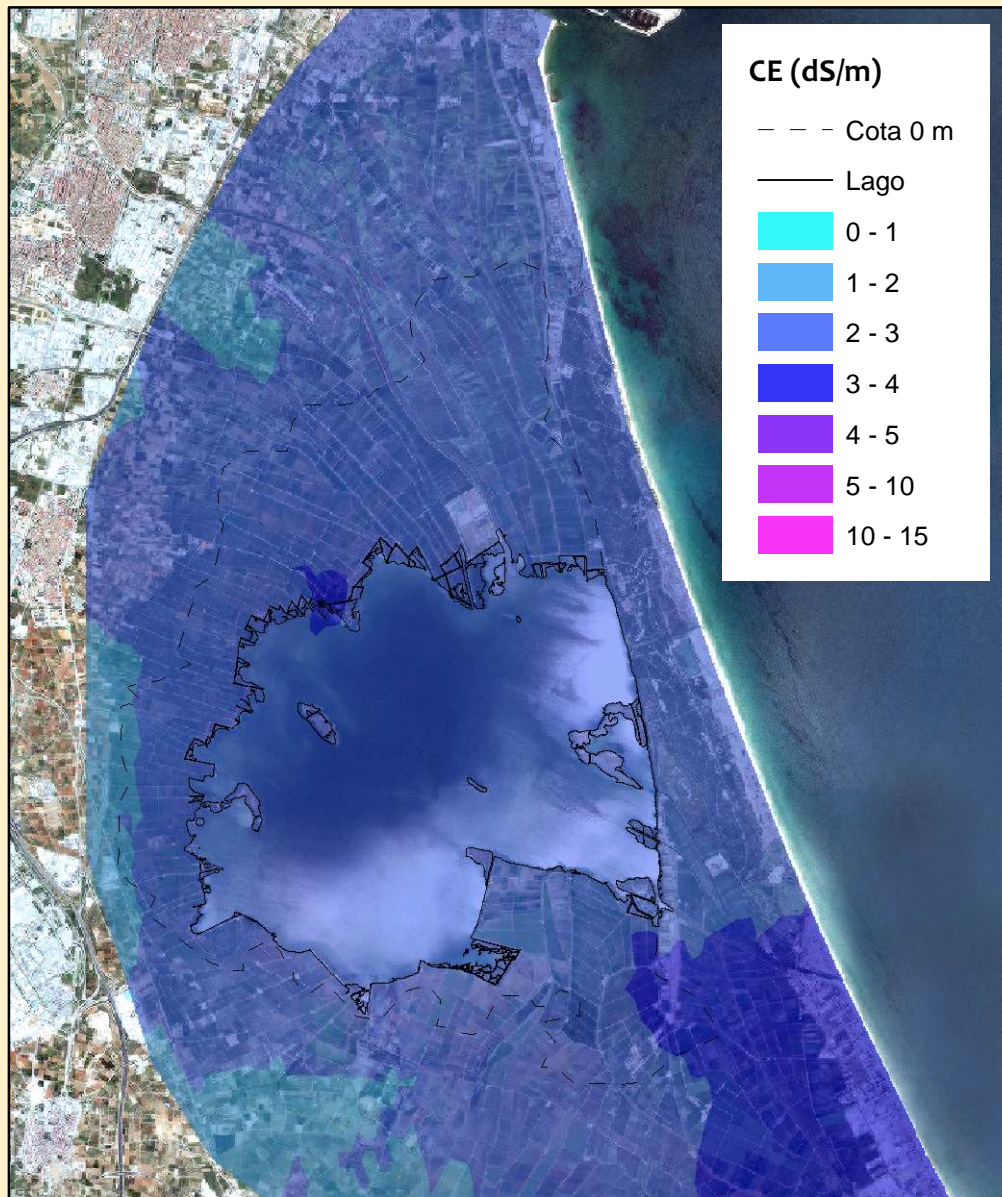
**Mapa de la Salinidad
en Lámina libre**
Marzo 2010

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



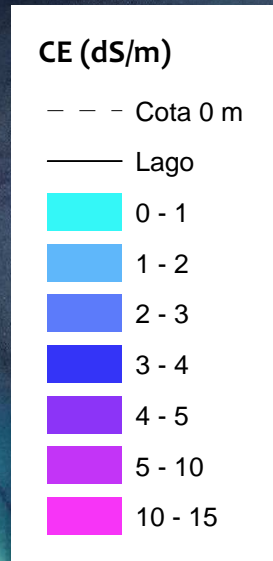
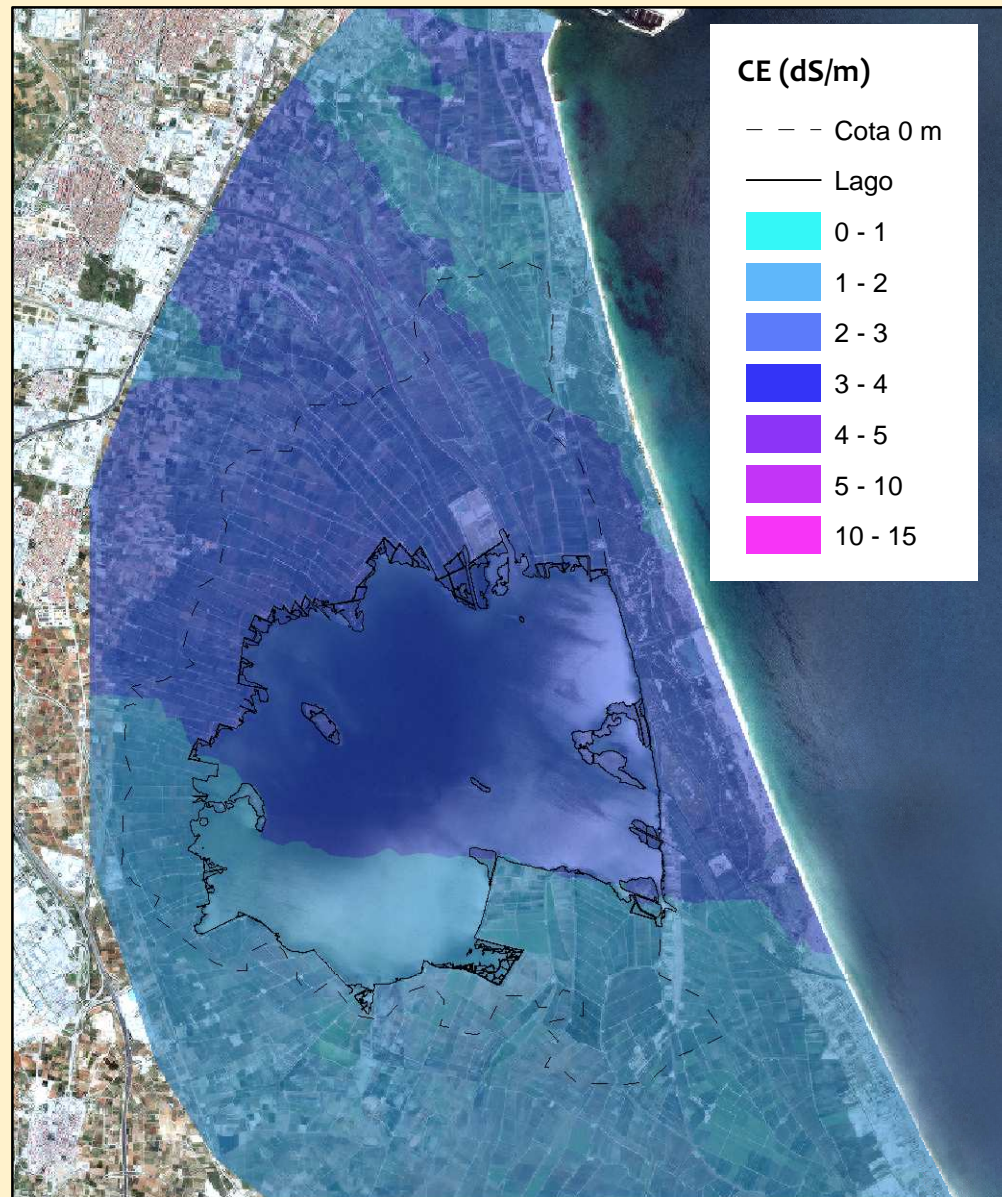
**Mapa de la Salinidad
en Lámina libre**
Abril 2010

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



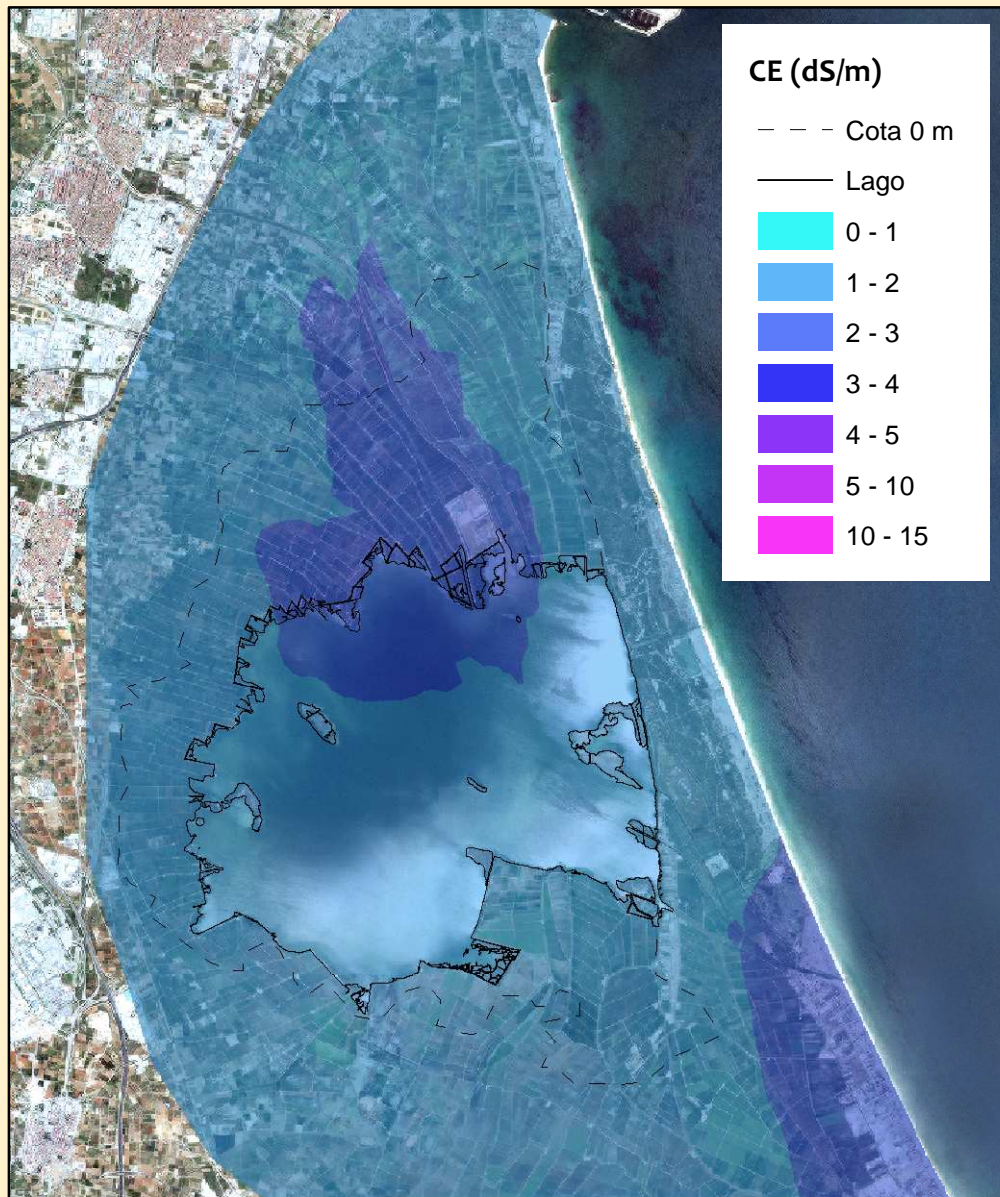
Mapa de la Salinidad en Lámina libre
 Mayo 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



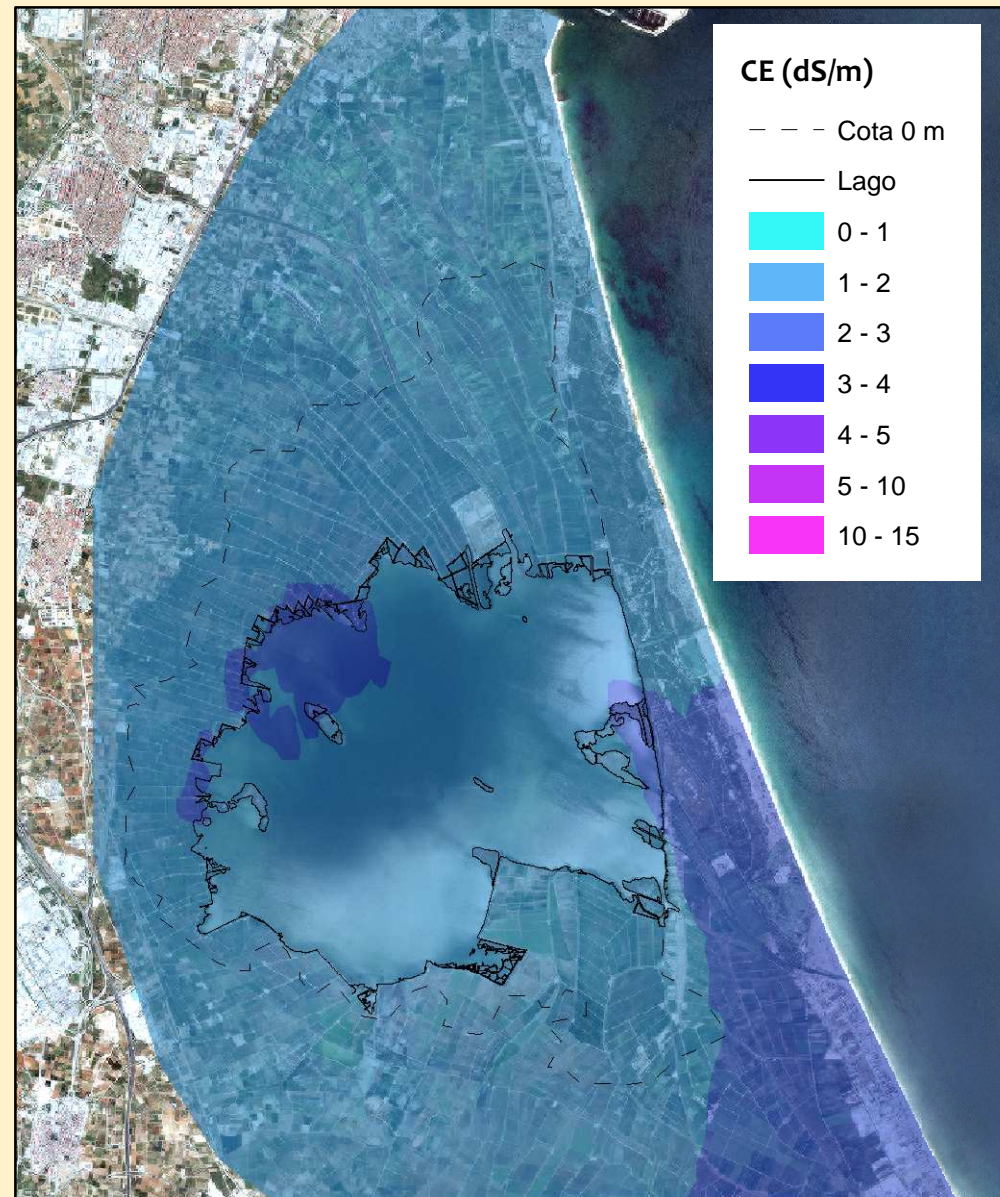
Mapa de la Salinidad en Lámina libre
 Junio 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



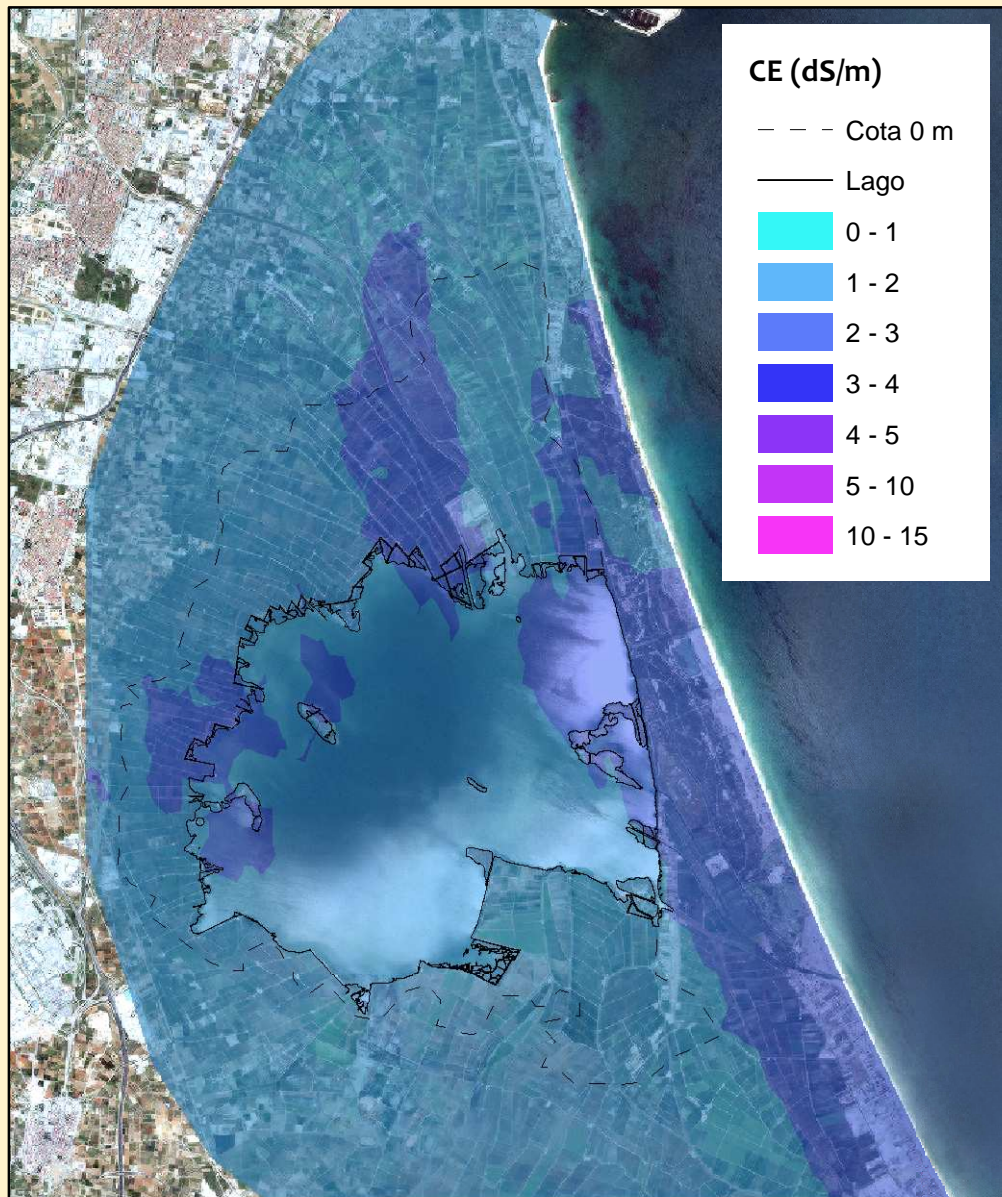
Mapa de la Salinidad en Lámina libre
Julio 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



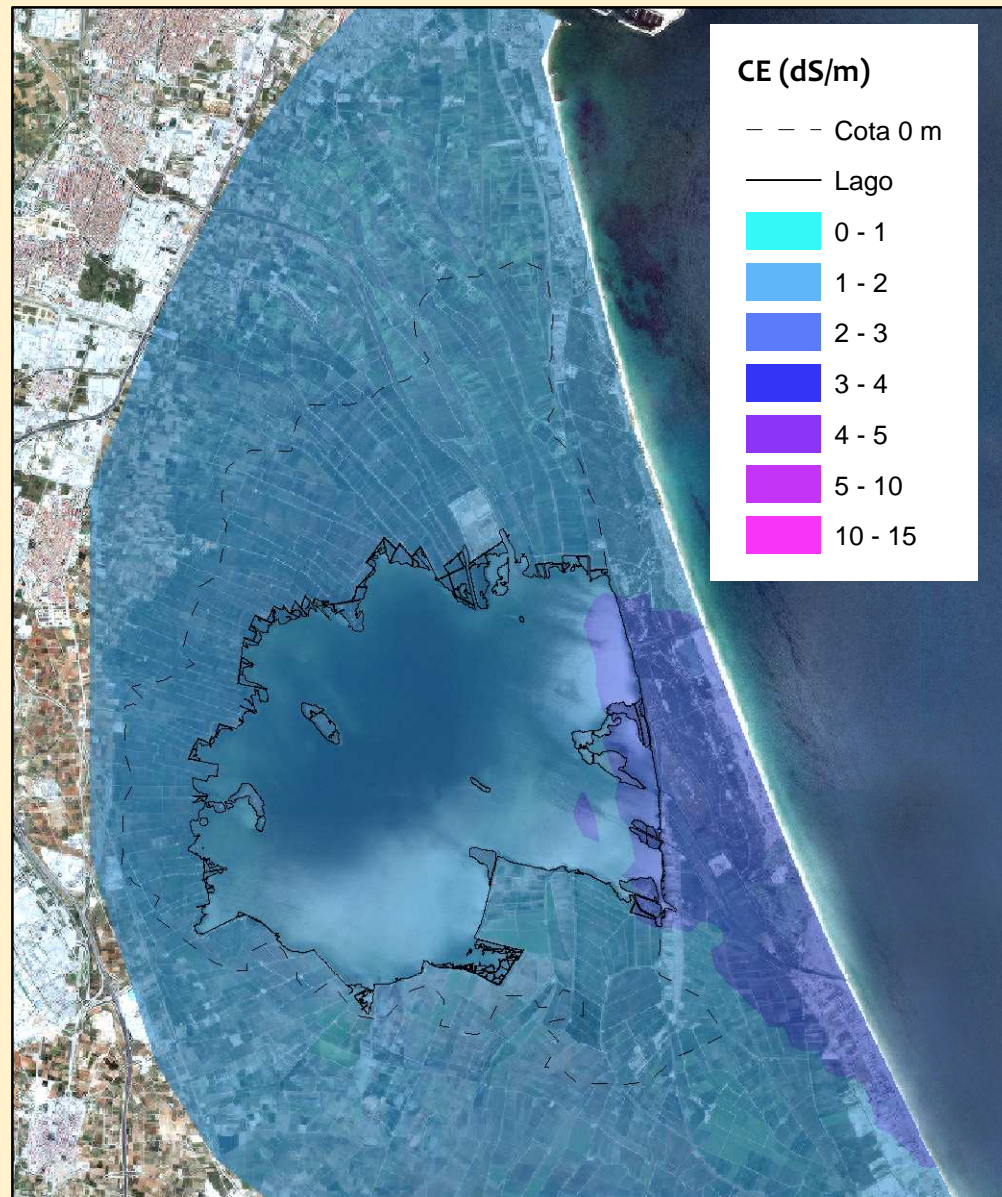
Mapa de la Salinidad en Lámina libre
Agosto 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



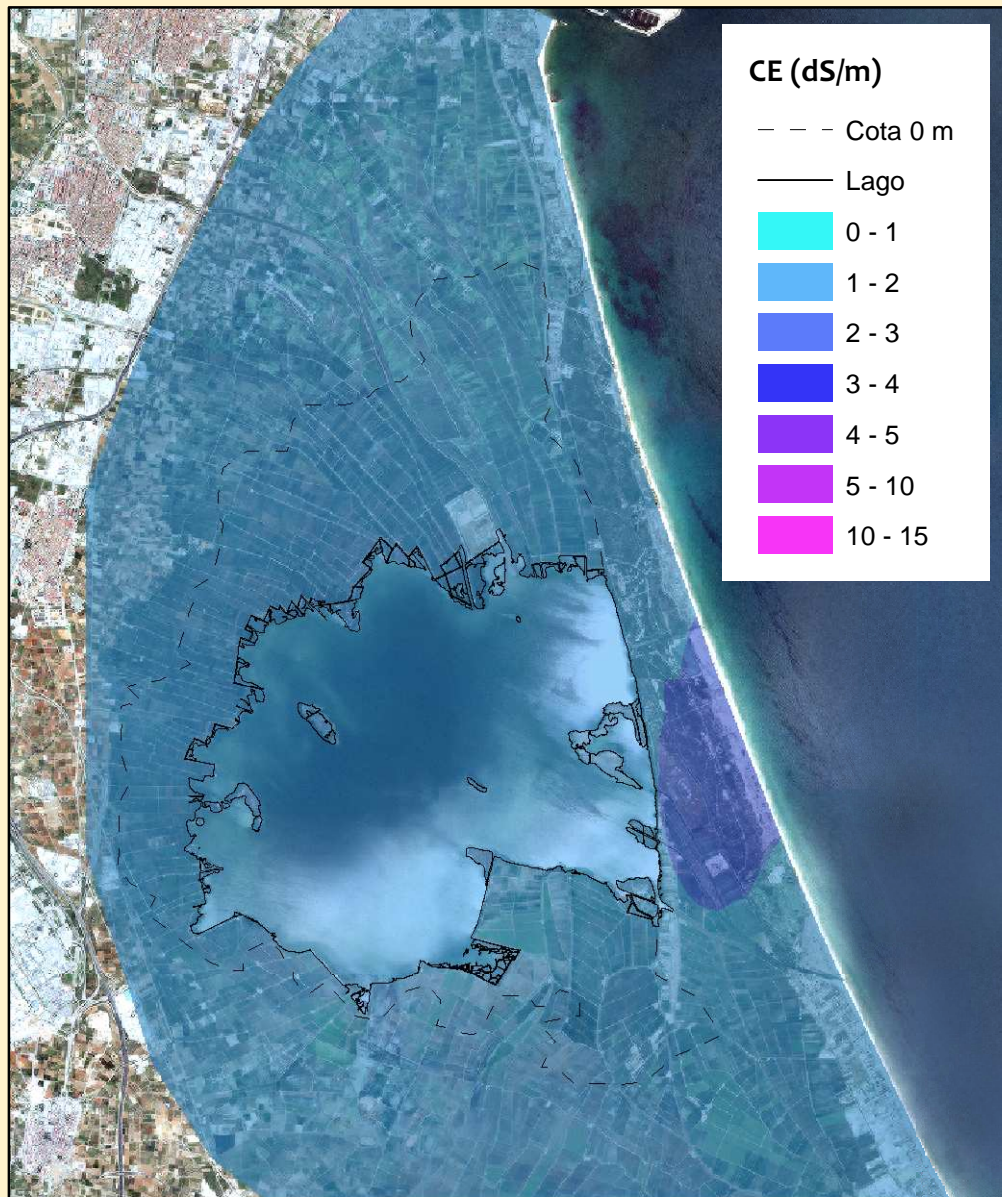
**Mapa de la Salinidad
en Lámina libre**
Septiembre 2010

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



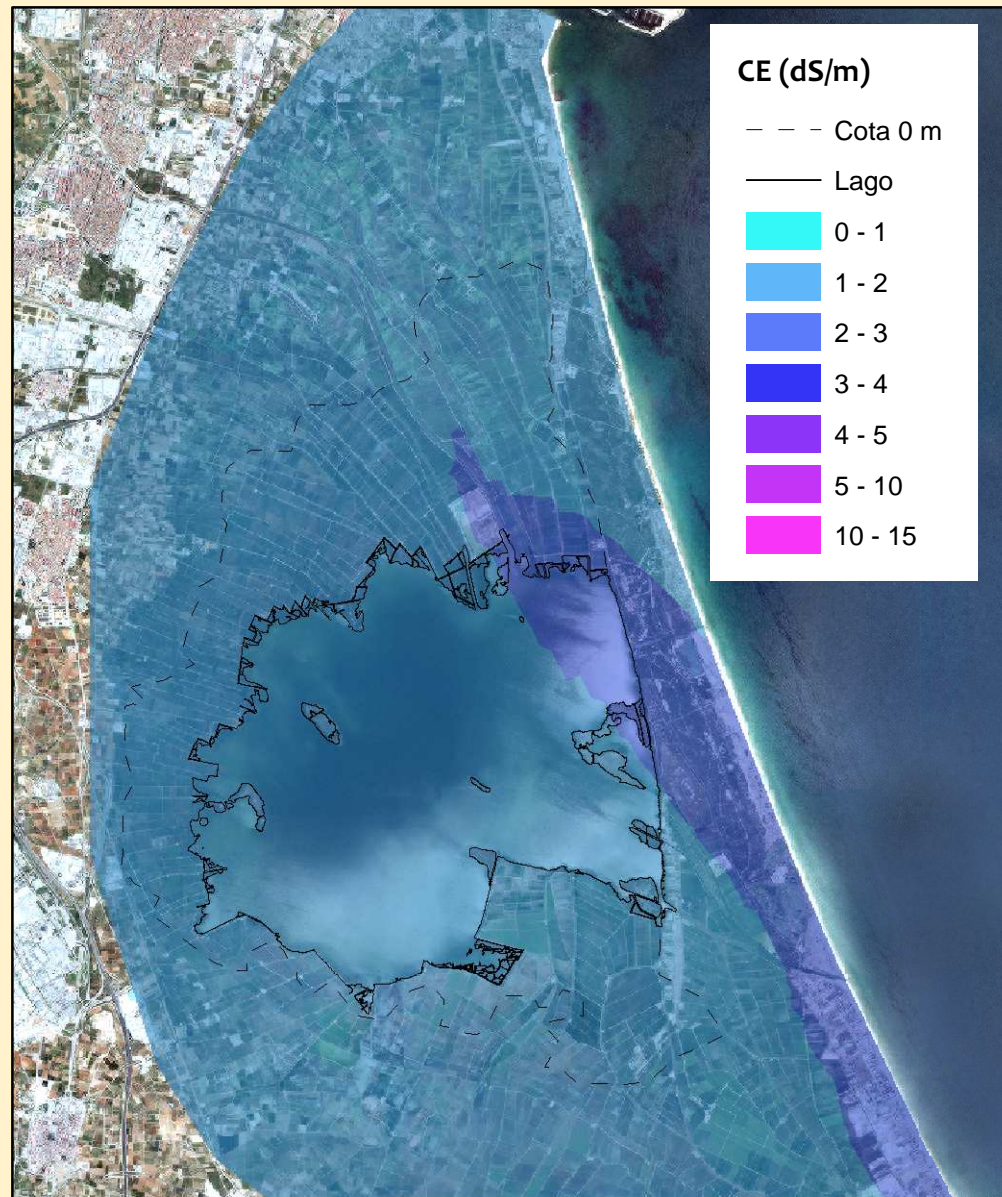
**Mapa de la Salinidad
en Lámina libre**
Octubre 2010

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



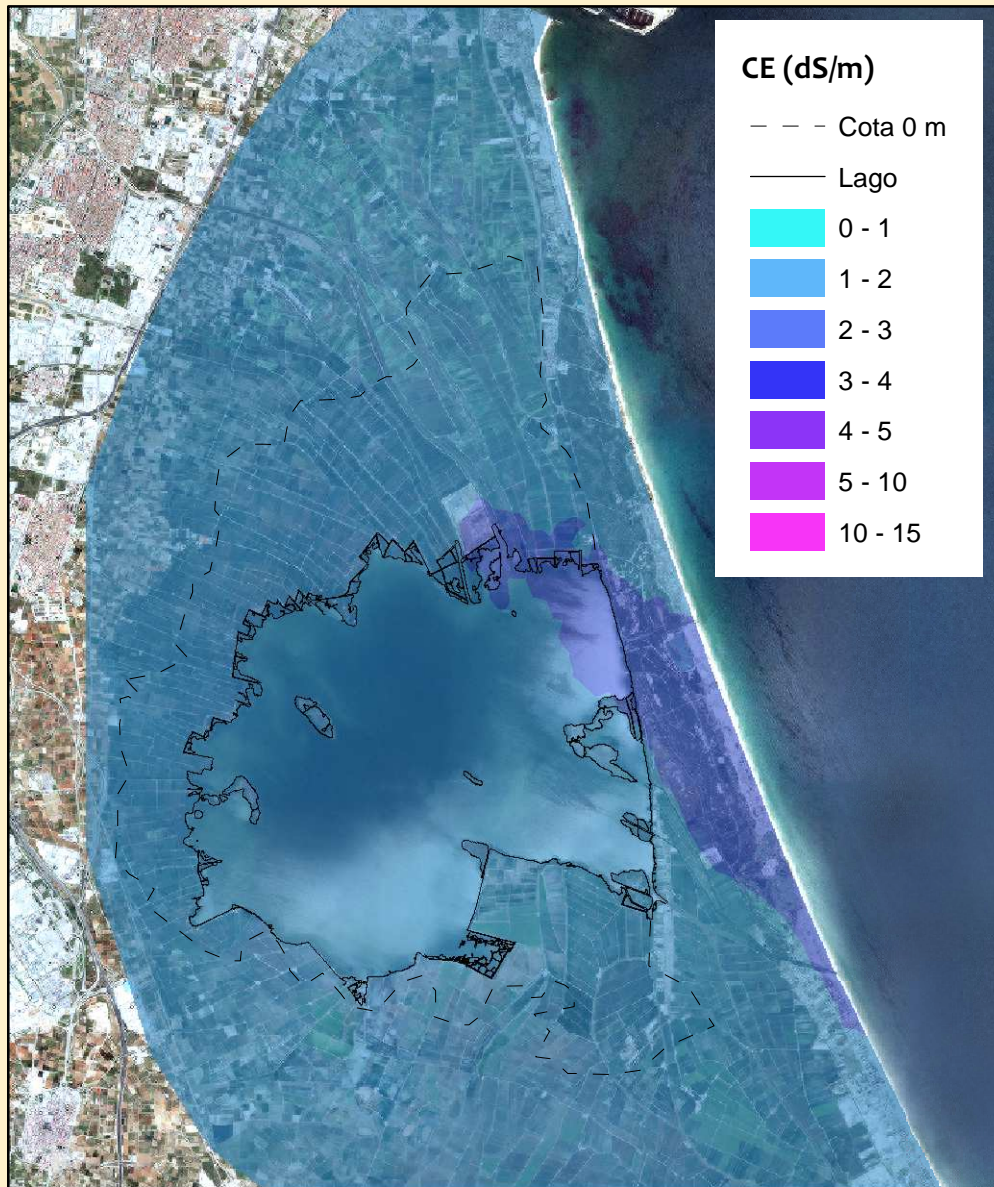
**Mapa de la Salinidad
en Lámina libre**
Noviembre 2010

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



**Mapa de la Salinidad
en Lámina libre**
Diciembre 2010

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



CE (dS/m)

- - - Cota 0 m

— Lago

0 - 1

1 - 2

2 - 3

3 - 4

4 - 5

5 - 10

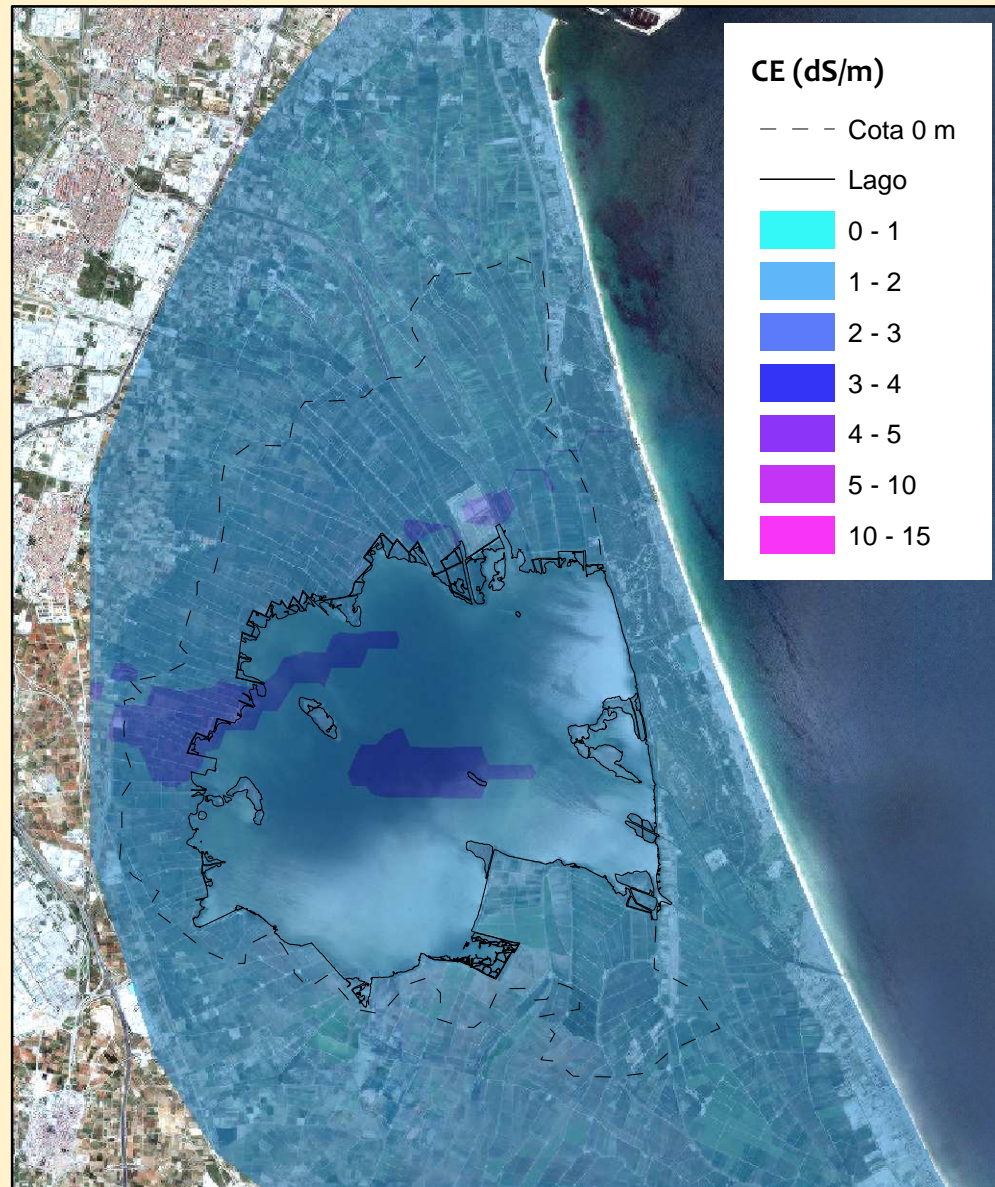
10 - 15



Mapa de la Salinidad en Lámina libre

Enero 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



CE (dS/m)

- - - Cota 0 m

— Lago

0 - 1

1 - 2

2 - 3

3 - 4

4 - 5

5 - 10

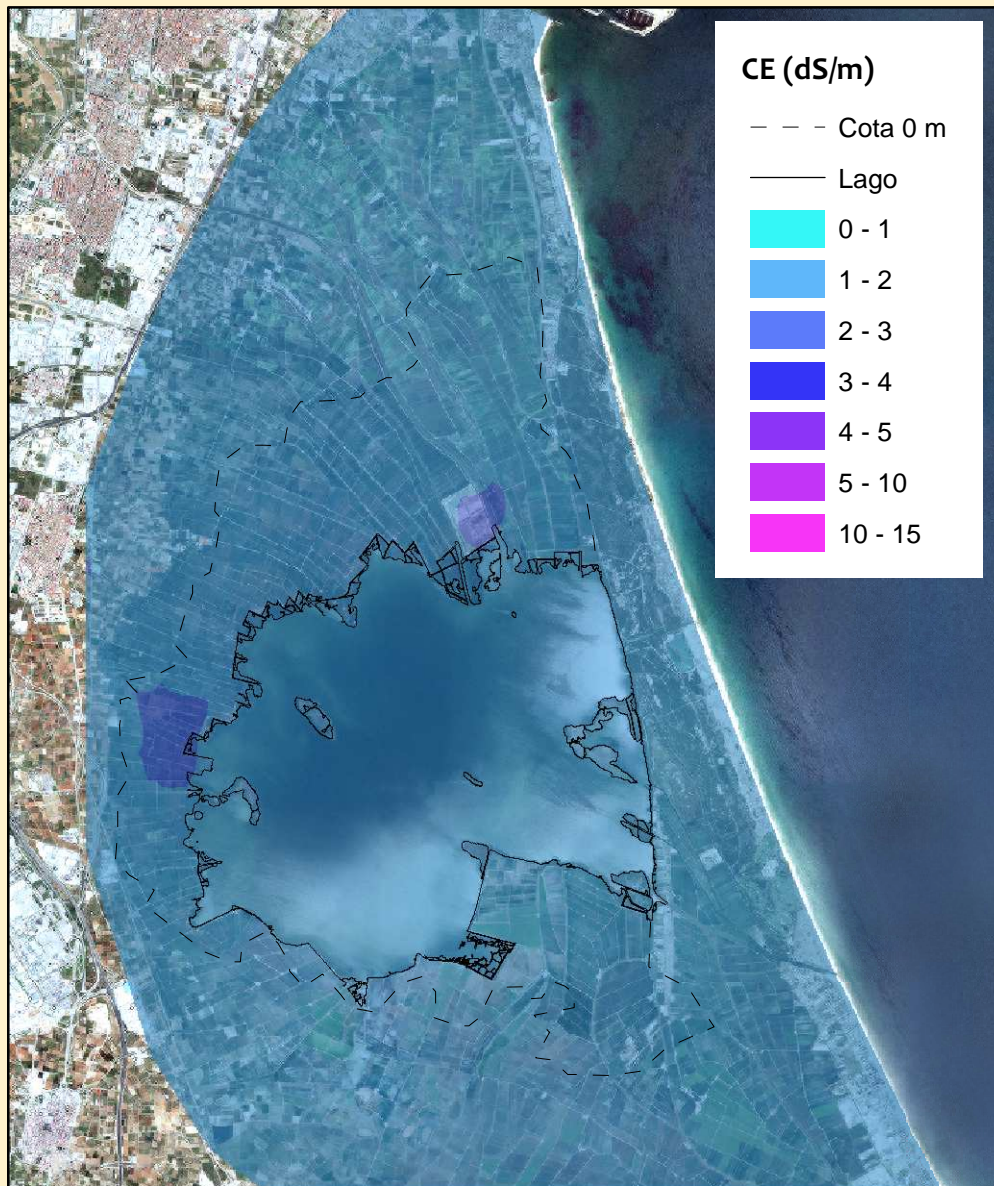
10 - 15



Mapa de la Salinidad en Lámina libre (C.E.)

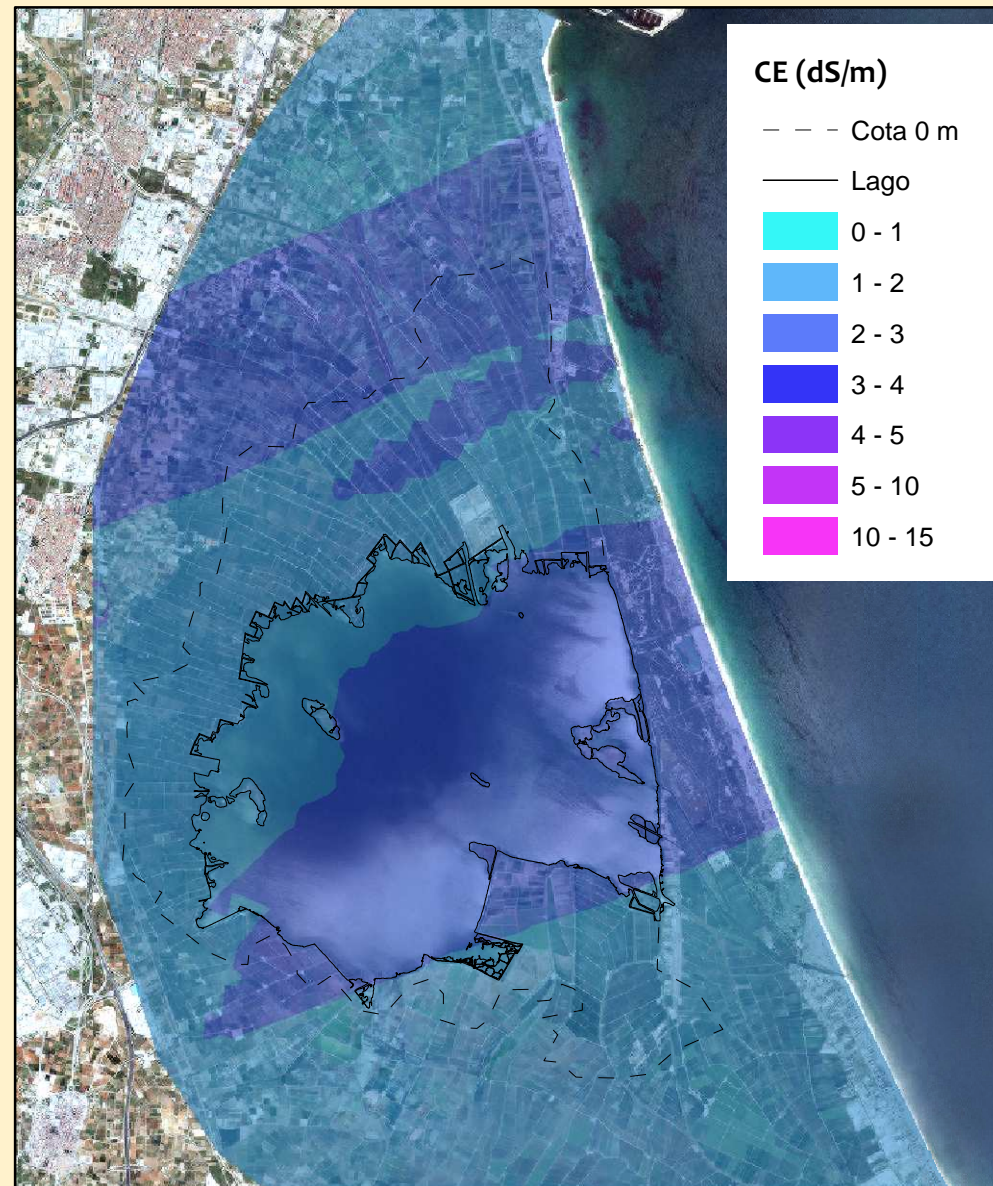
Febrero 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



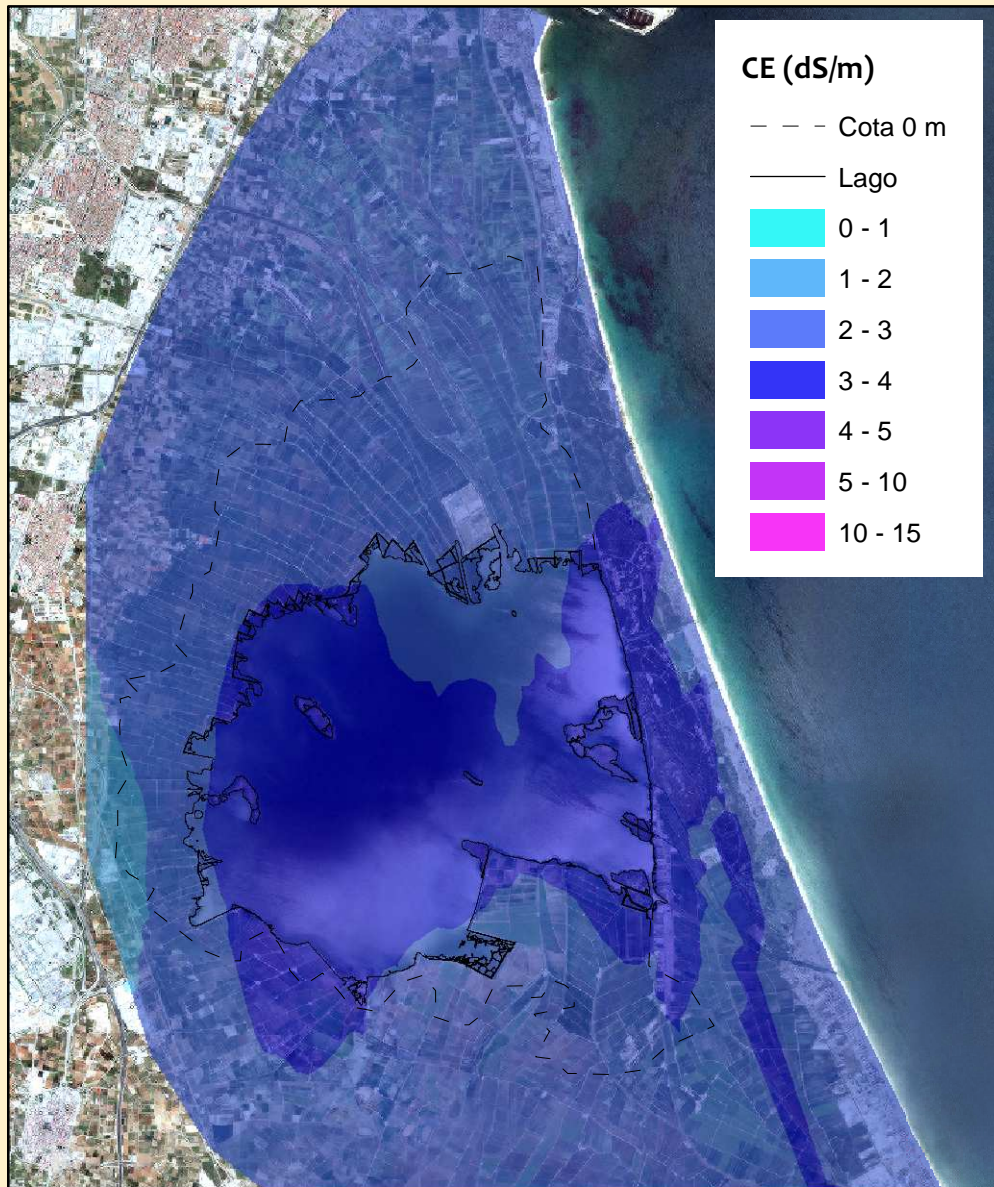
**Mapa de la Salinidad
en Lámina libre**
Marzo 2011

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



**Mapa de la Salinidad
en Lámina libre (C.E.)**
Abril 2011

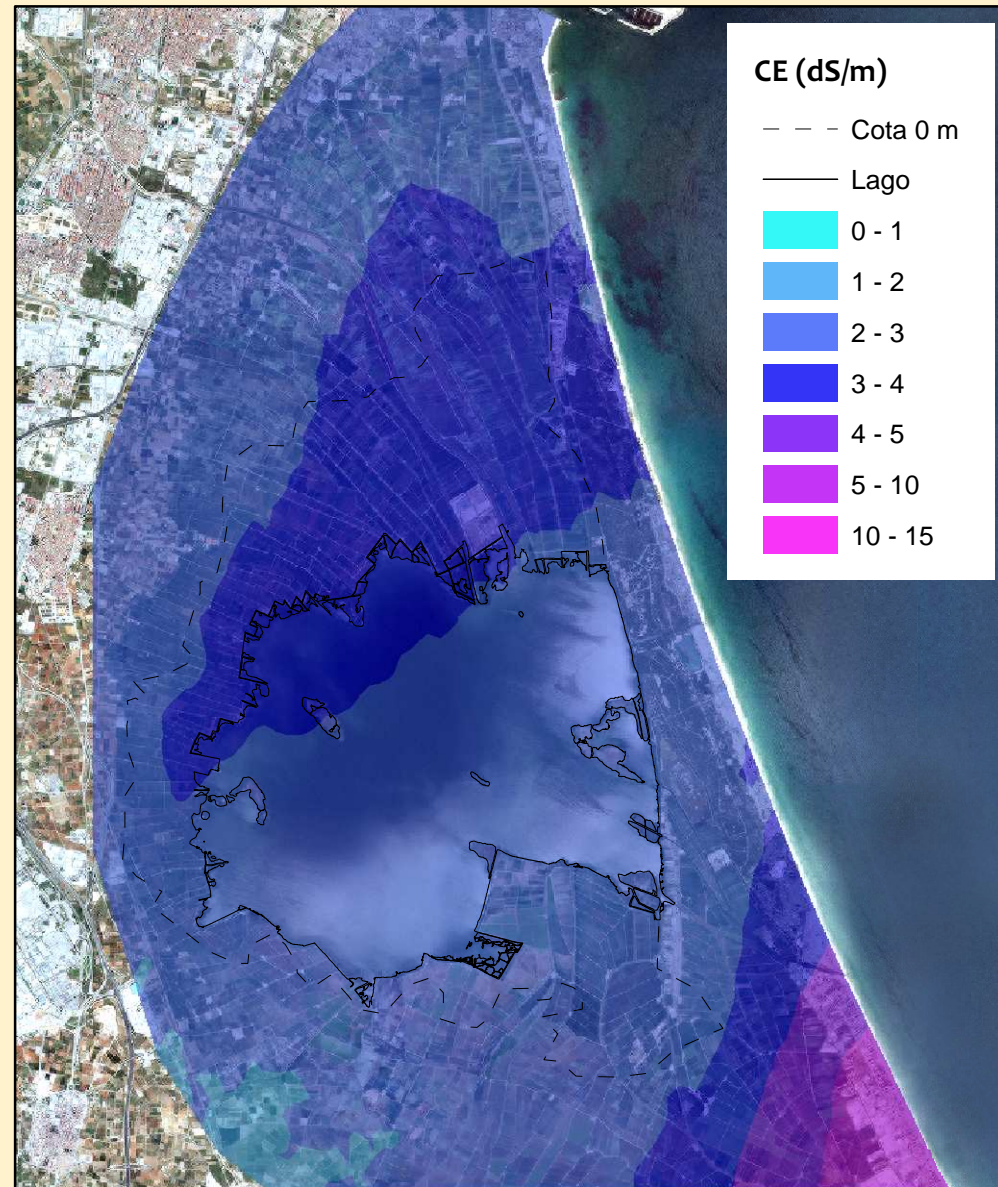
Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Lámina libre

Mayo 2011

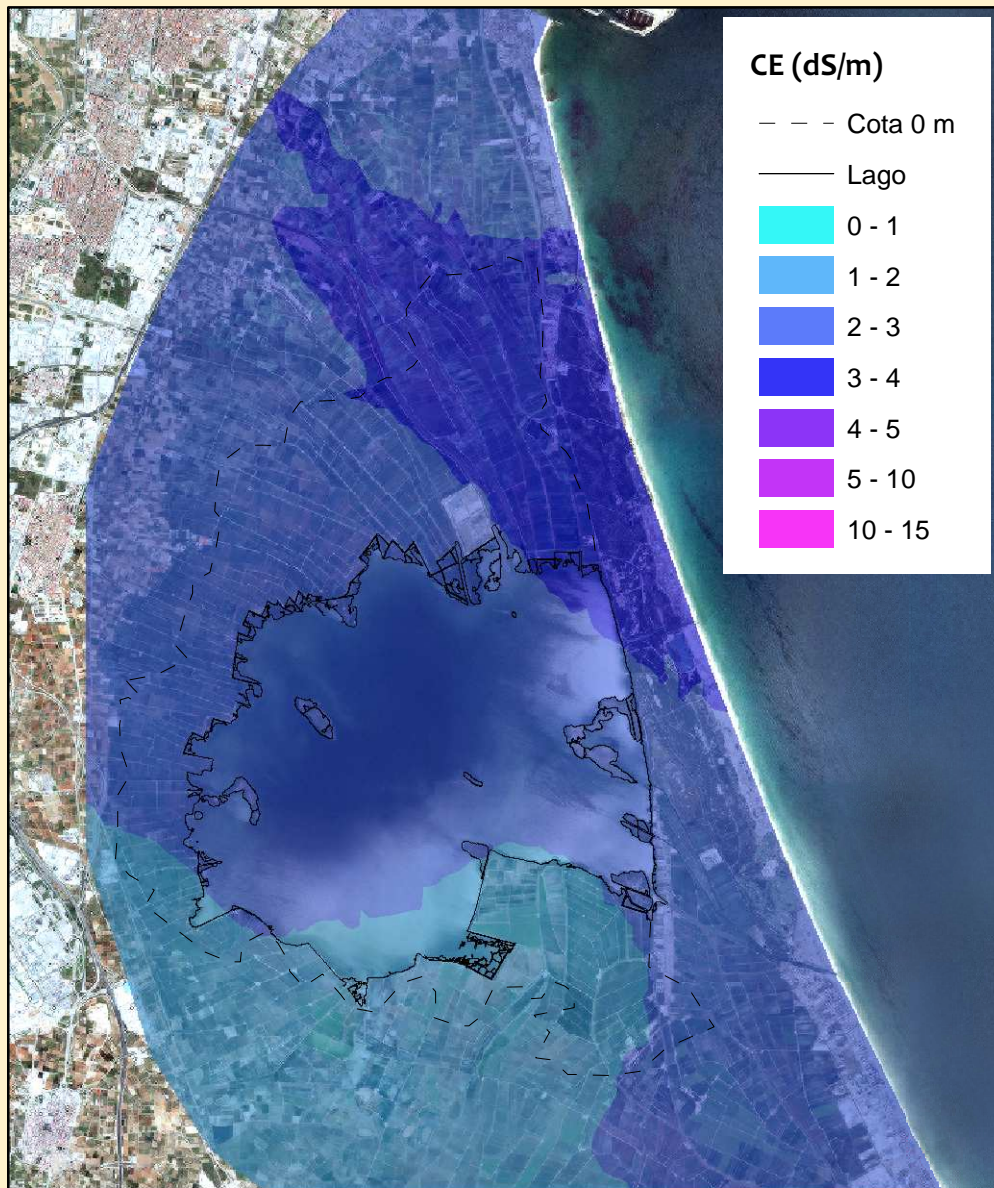
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Lámina libre (C.E.)

Junio 2011

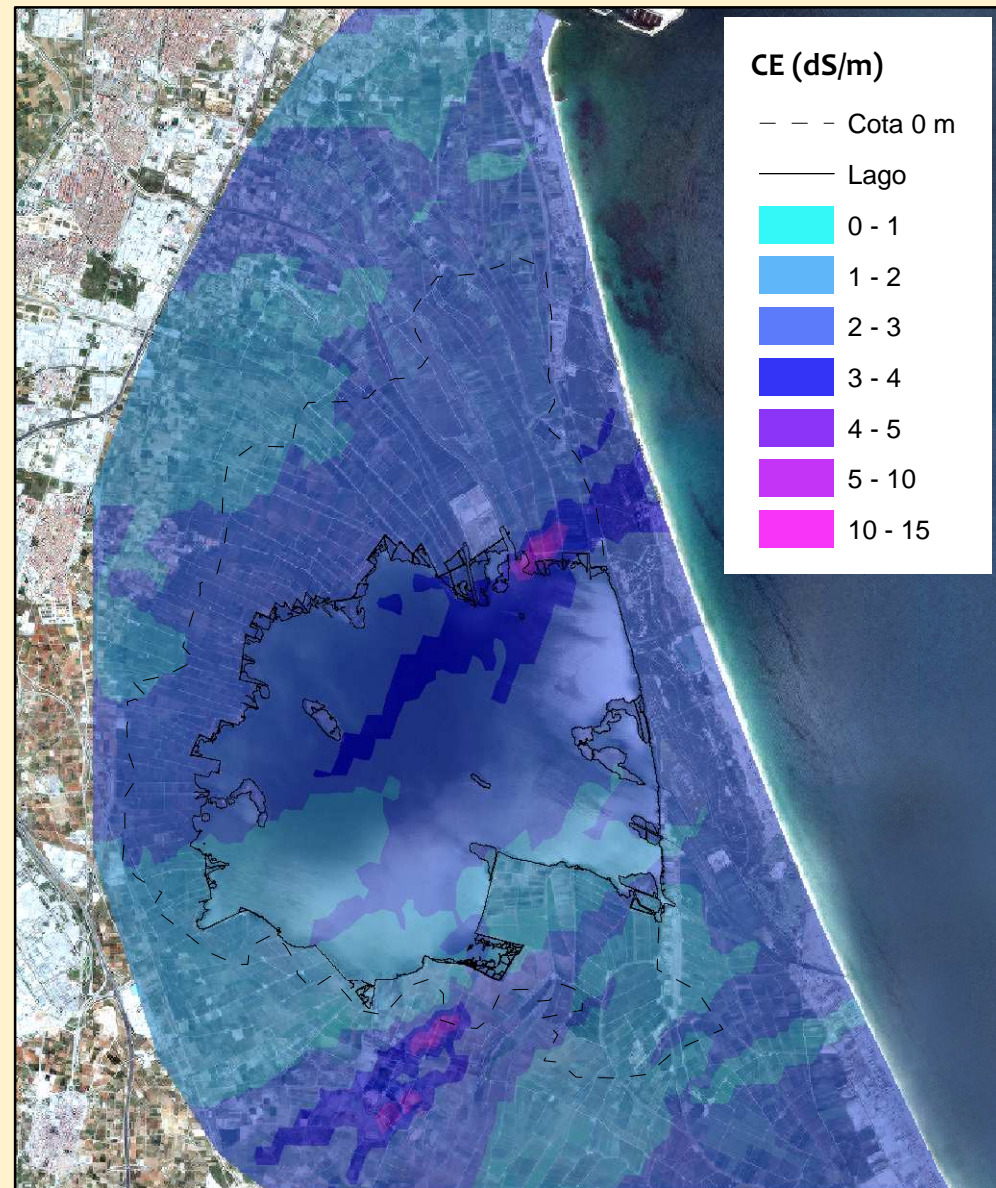
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Lámina libre

Julio 2011

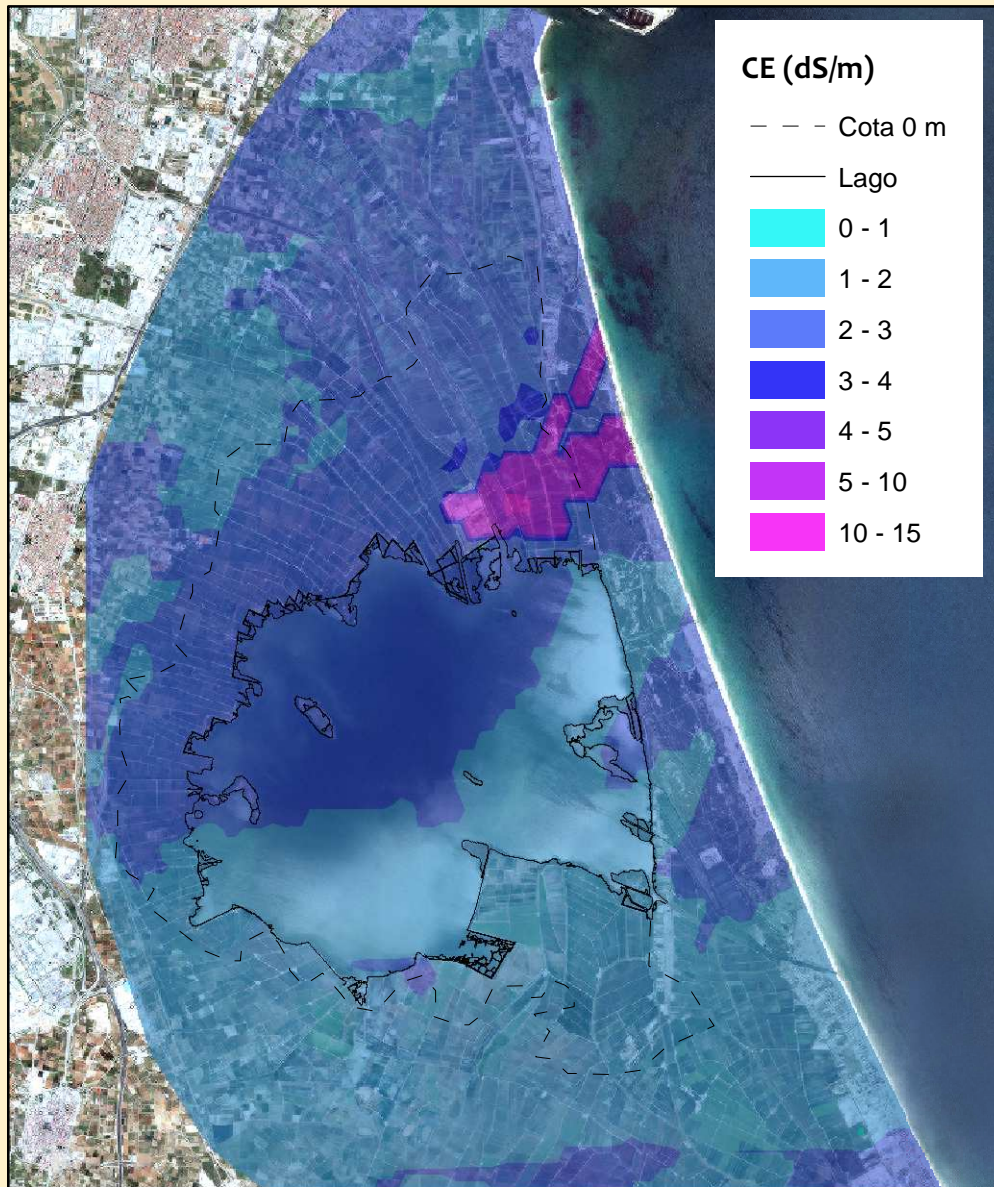
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Lámina libre

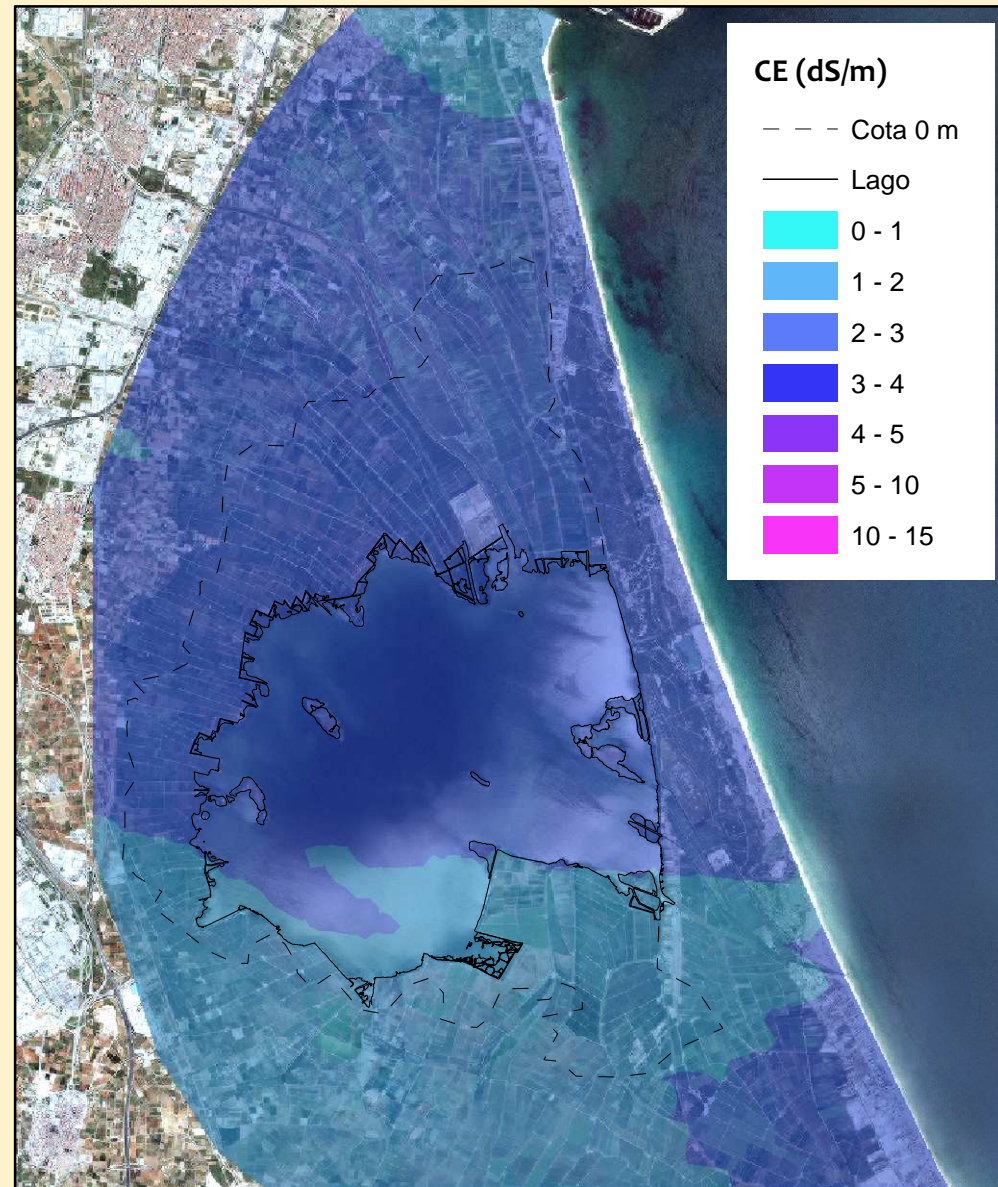
Agosto 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



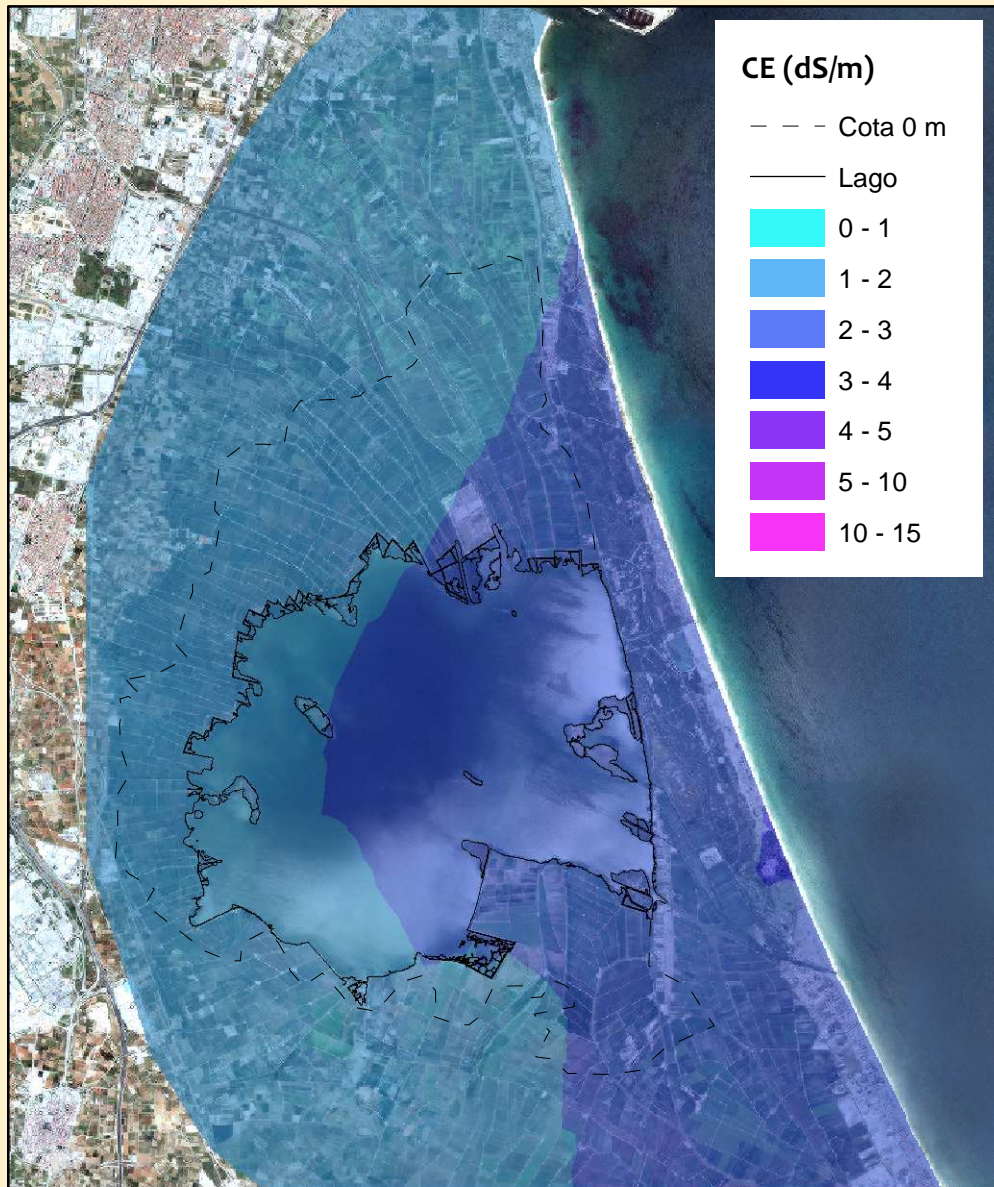
Mapa de la Salinidad en Lámina libre
Septiembre 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



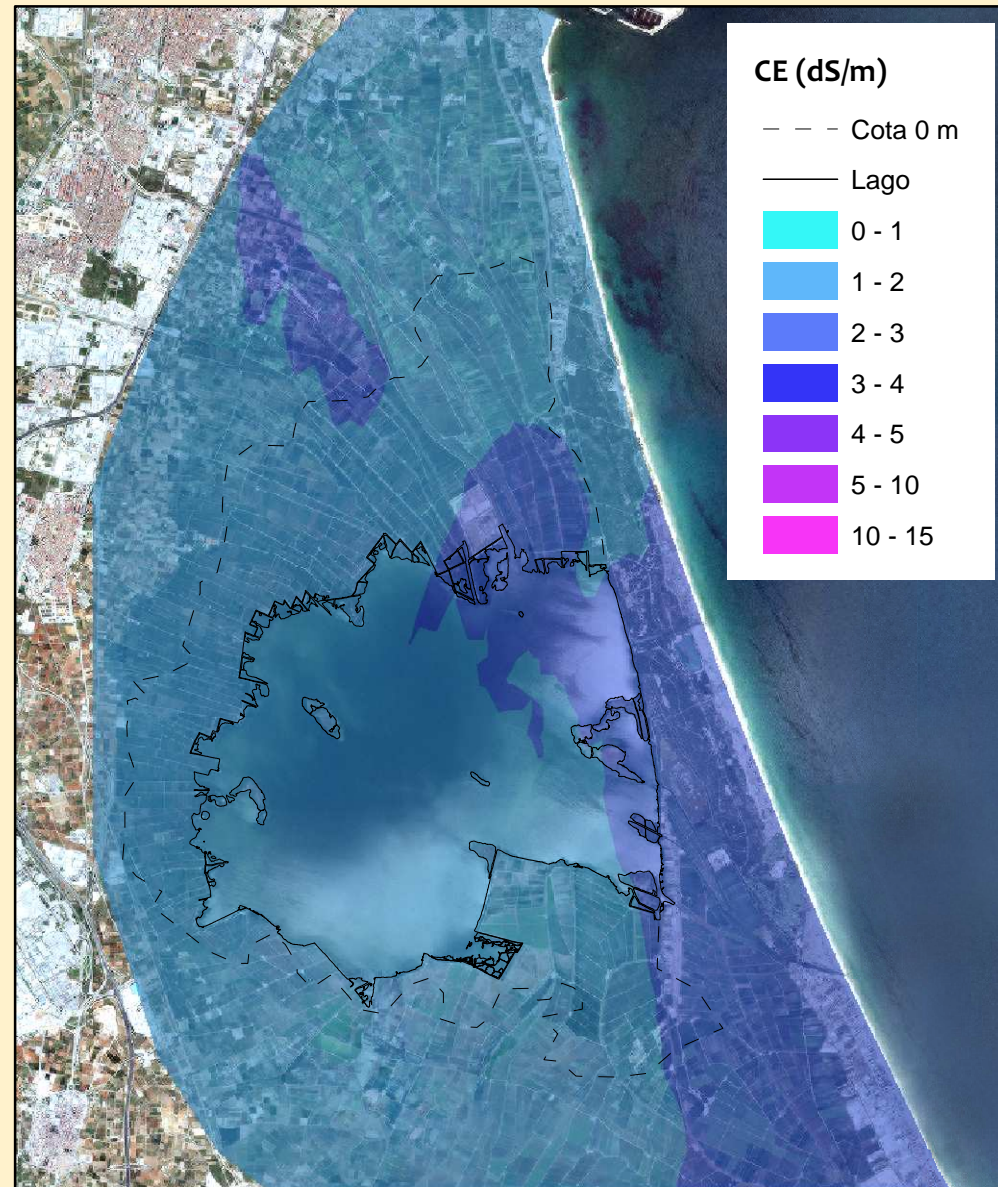
Mapa de la Salinidad en Lámina libre (C.E.)
Octubre 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



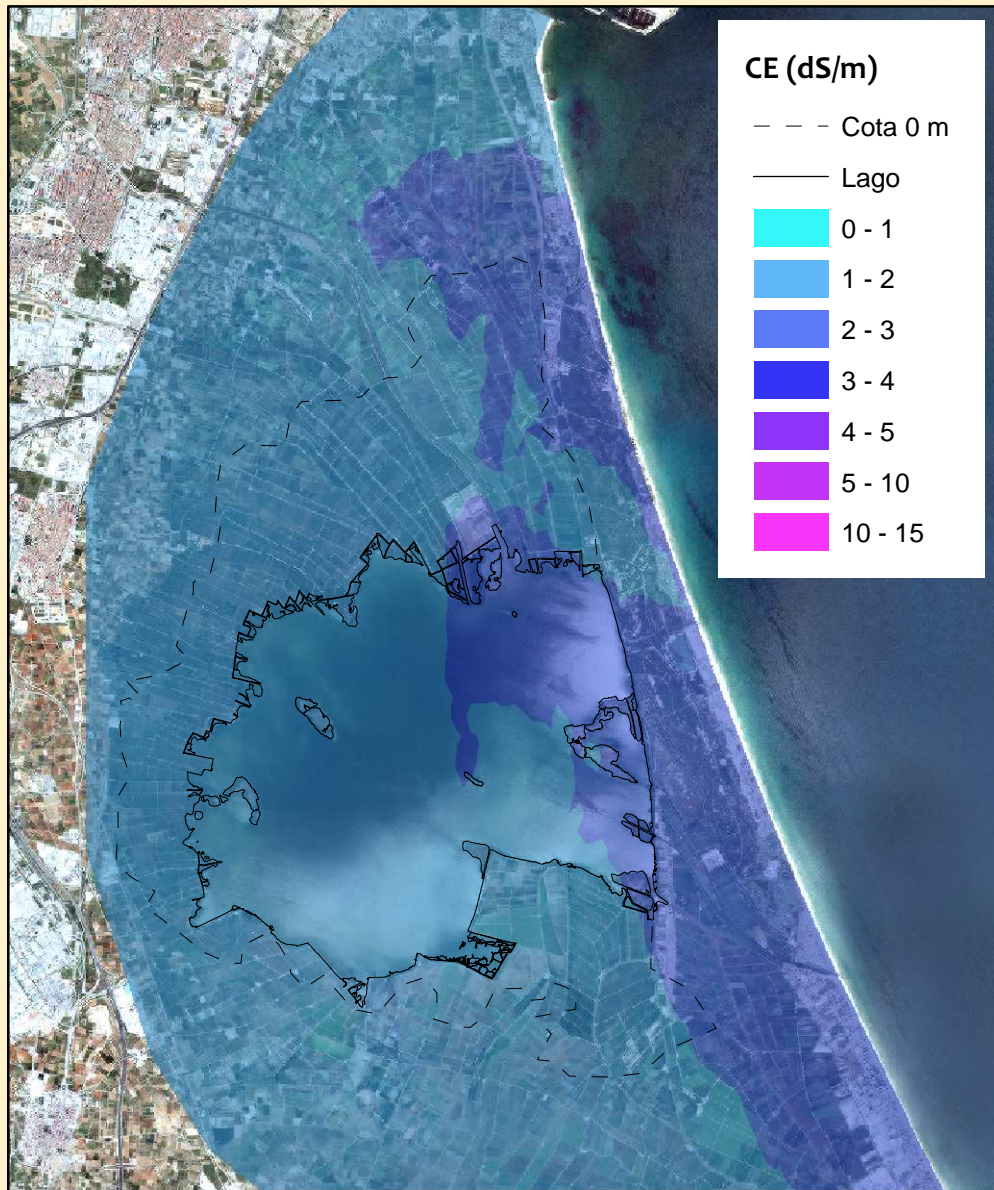
**Mapa de la Salinidad
en Lámina libre**
Noviembre 2011

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



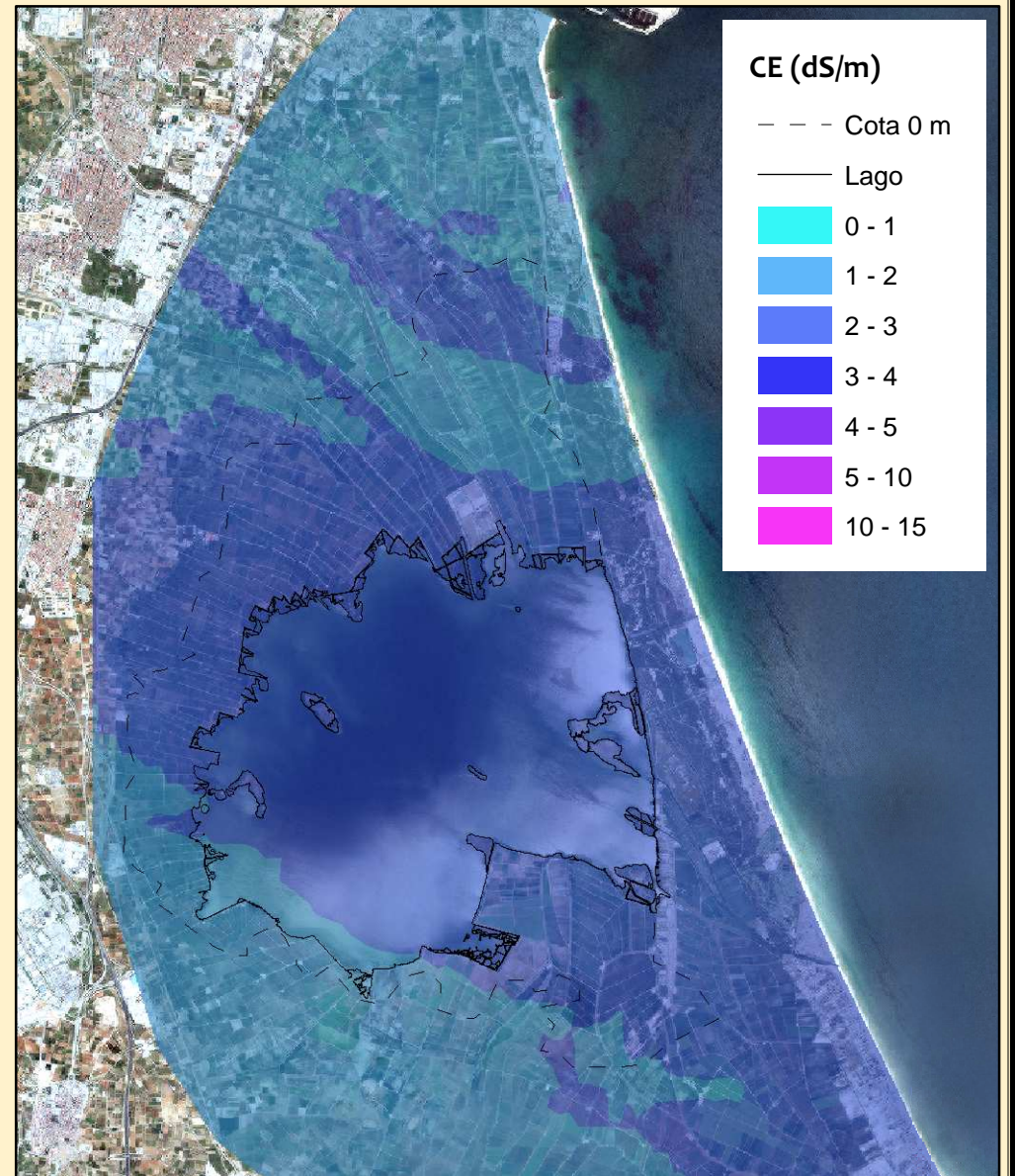
**Mapa de la Salinidad
en Lámina libre (C.E.)**
Diciembre 2011

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



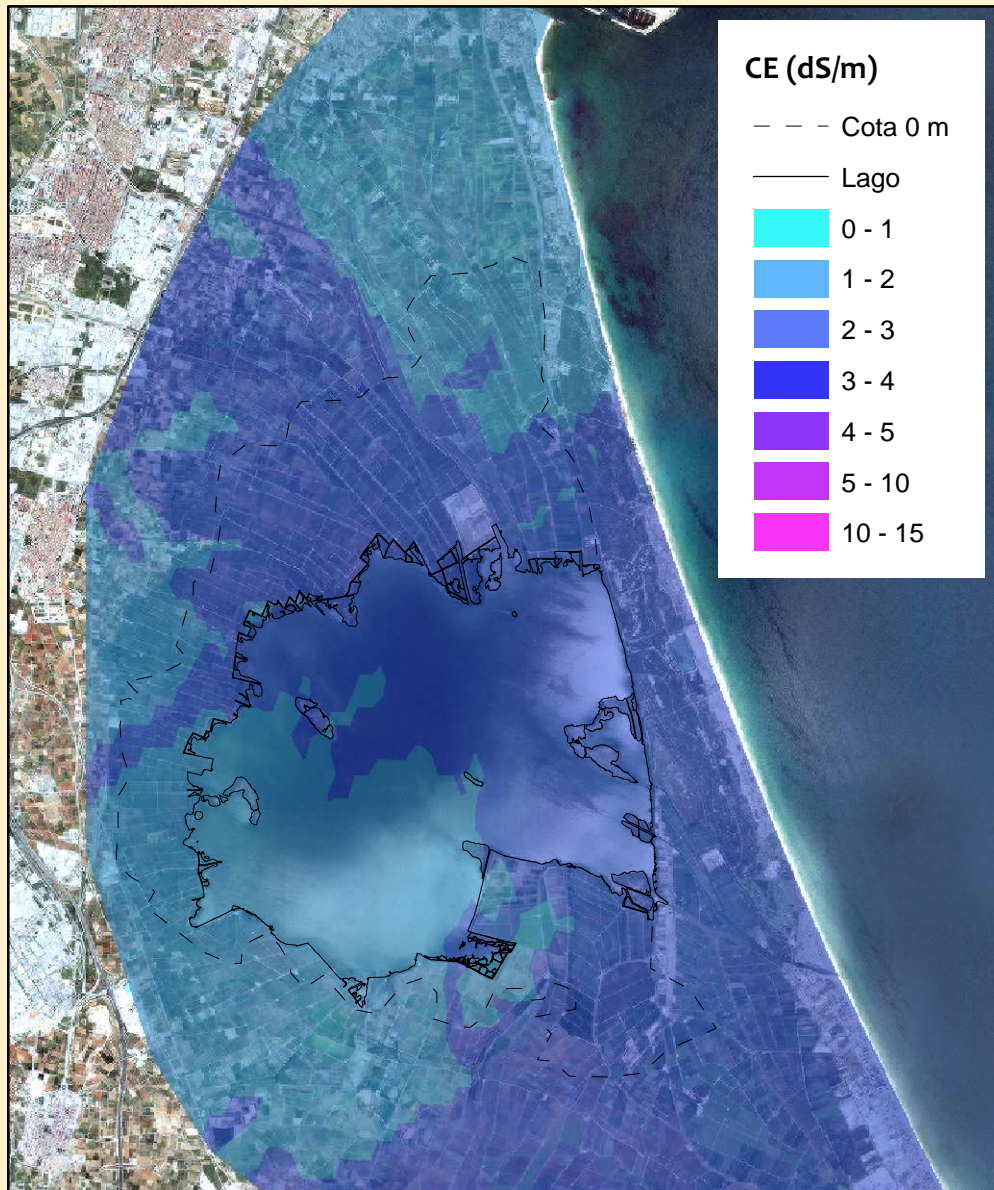
**Mapa de la Salinidad
en Lámina libre**
Enero 2012

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



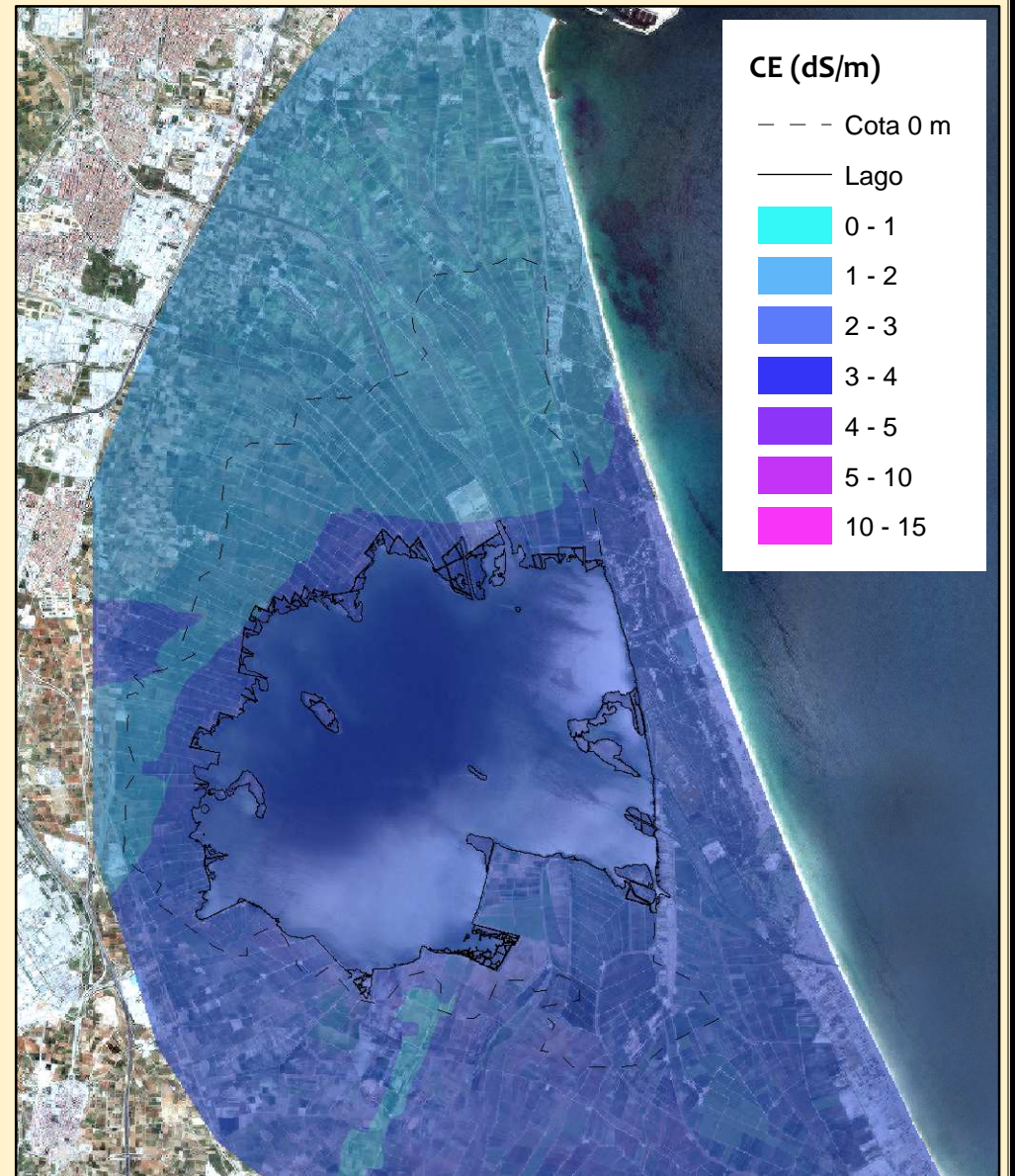
**Mapa de la Salinidad
en Lámina libre**
Febrero 2012

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



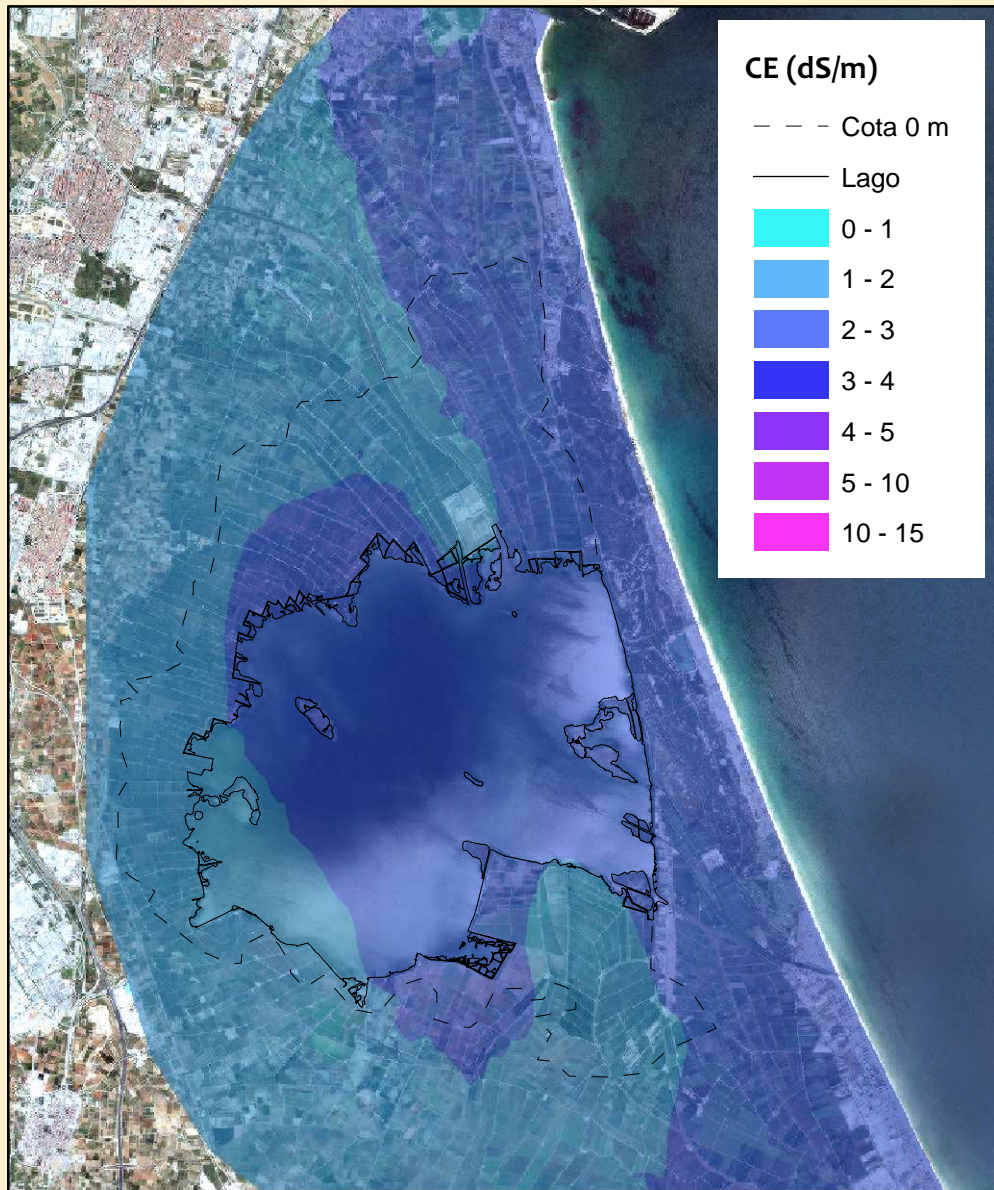
**Mapa de la Salinidad
en Lámina libre**
Marzo 2012

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



**Mapa de la Salinidad
en Lámina libre**
Abril 2012

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



CE (dS/m)

--- Cota 0 m

— Lago

0 - 1

1 - 2

2 - 3

3 - 4

4 - 5

5 - 10

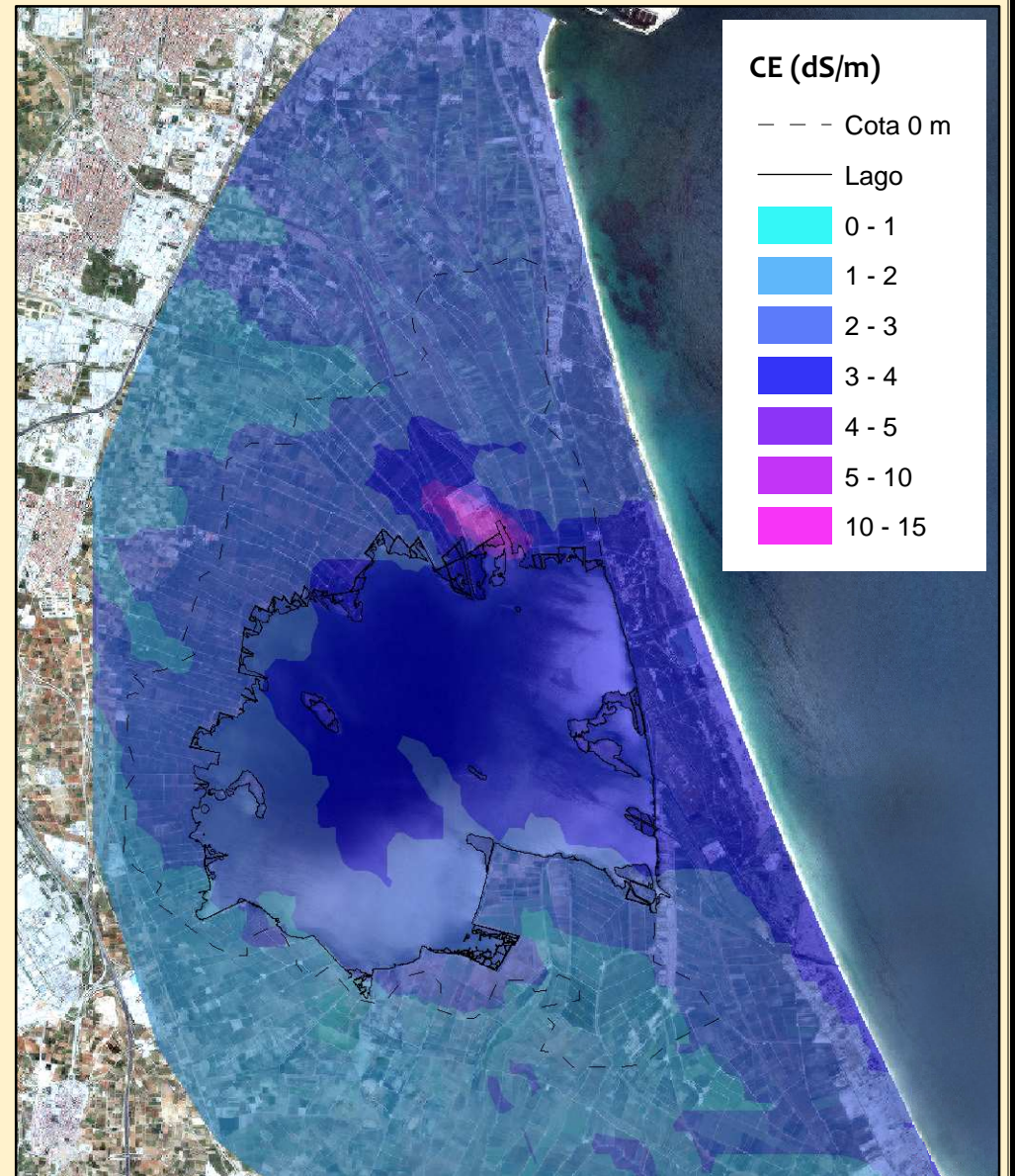
10 - 15



Mapa de la Salinidad en Lámina libre

Junio 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



CE (dS/m)

--- Cota 0 m

— Lago

0 - 1

1 - 2

2 - 3

3 - 4

4 - 5

5 - 10

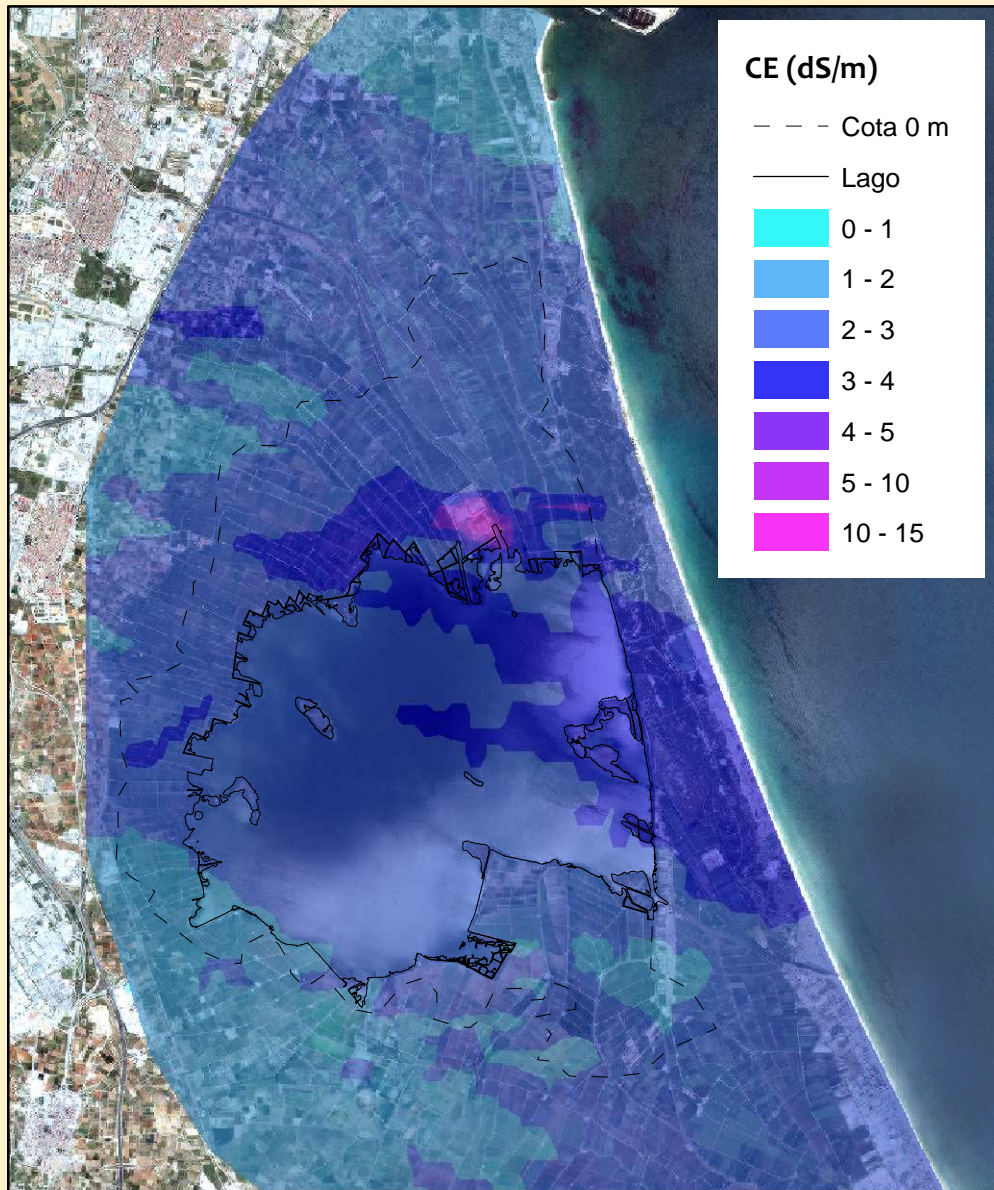
10 - 15



Mapa de la Salinidad en Lámina libre

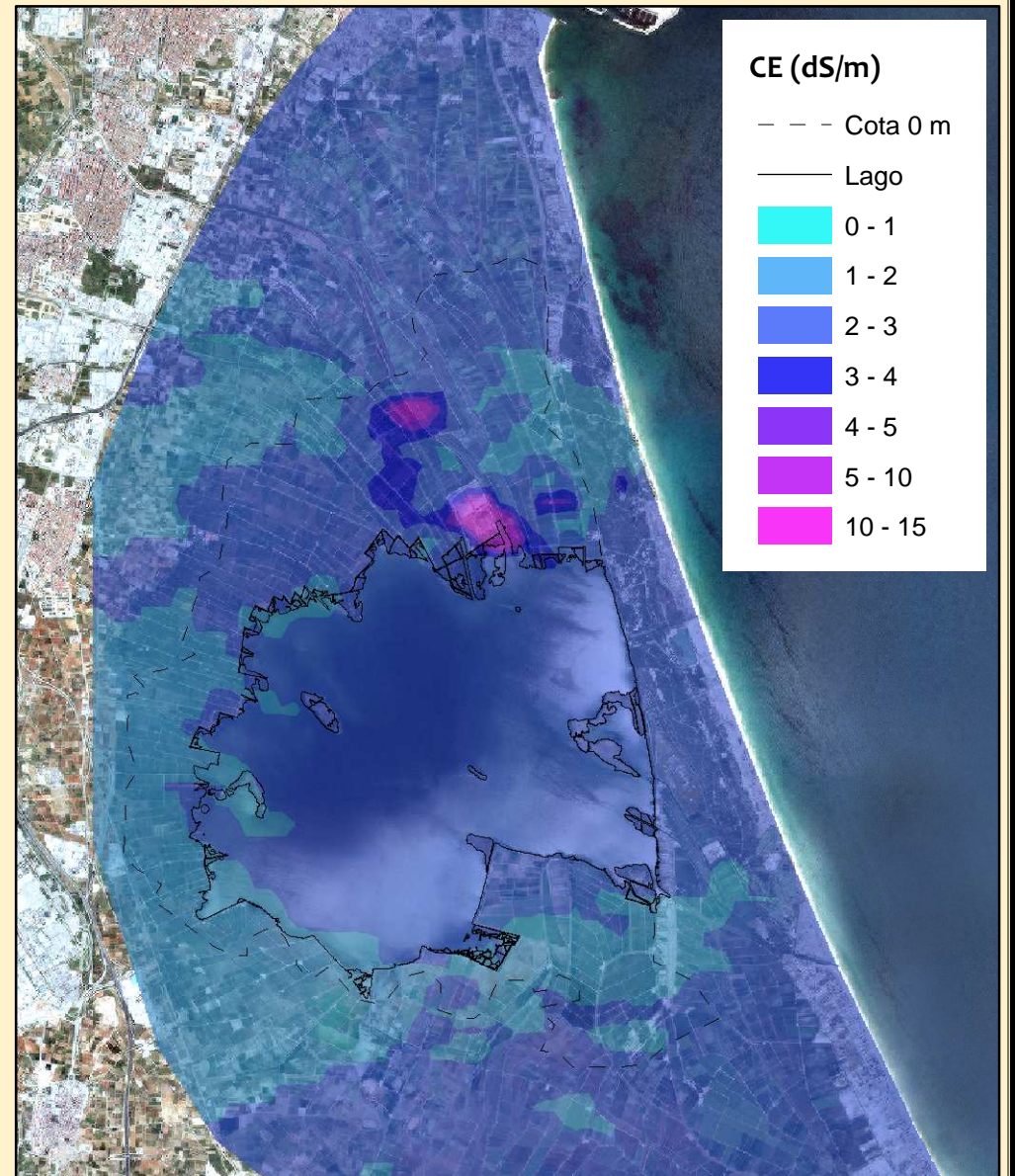
Julio 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



**Mapa de la Salinidad
en Lámina libre**
Agosto 2012

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000

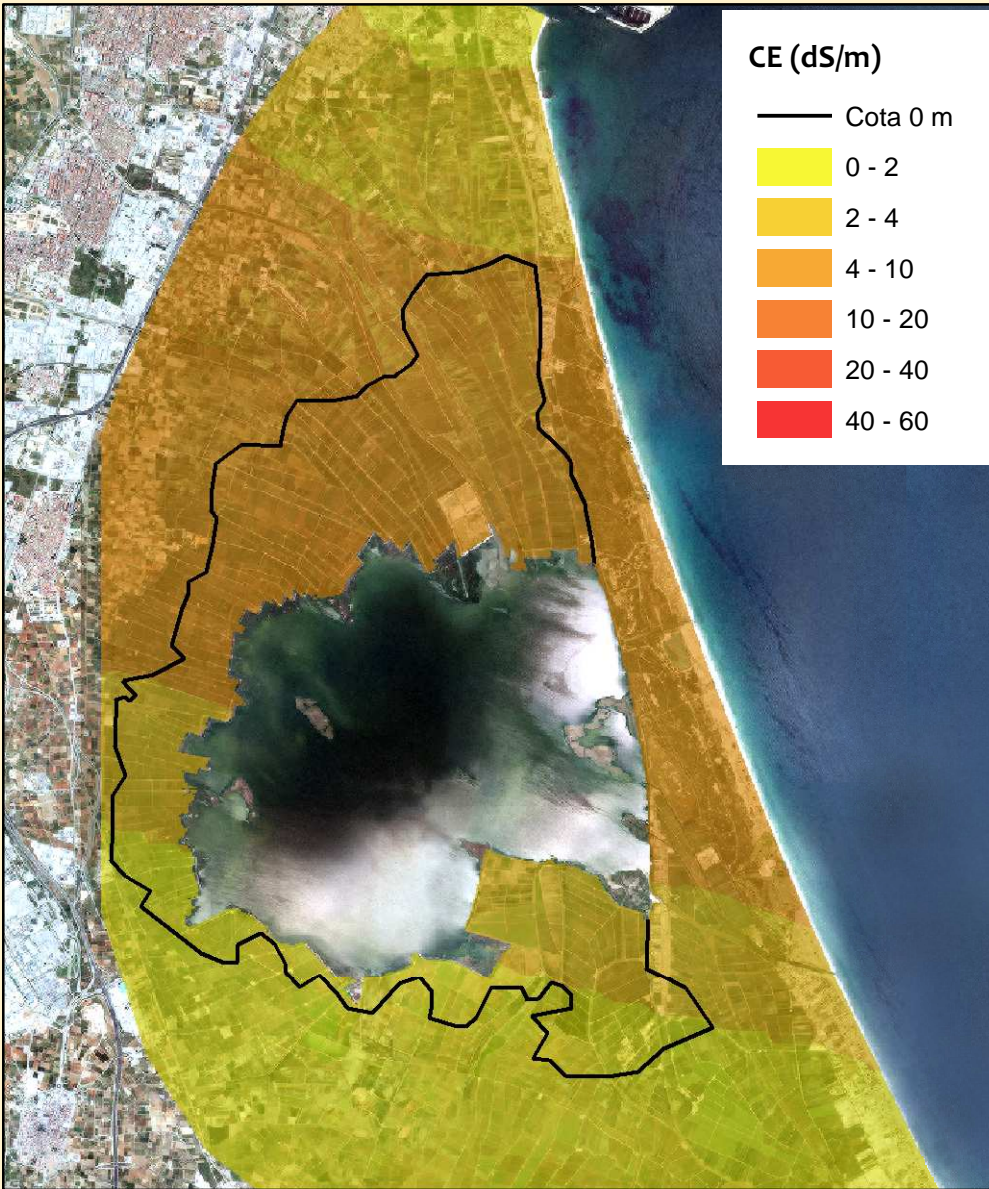


**Mapa de la Salinidad
en Lámina libre**
Septiembre 2012

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000

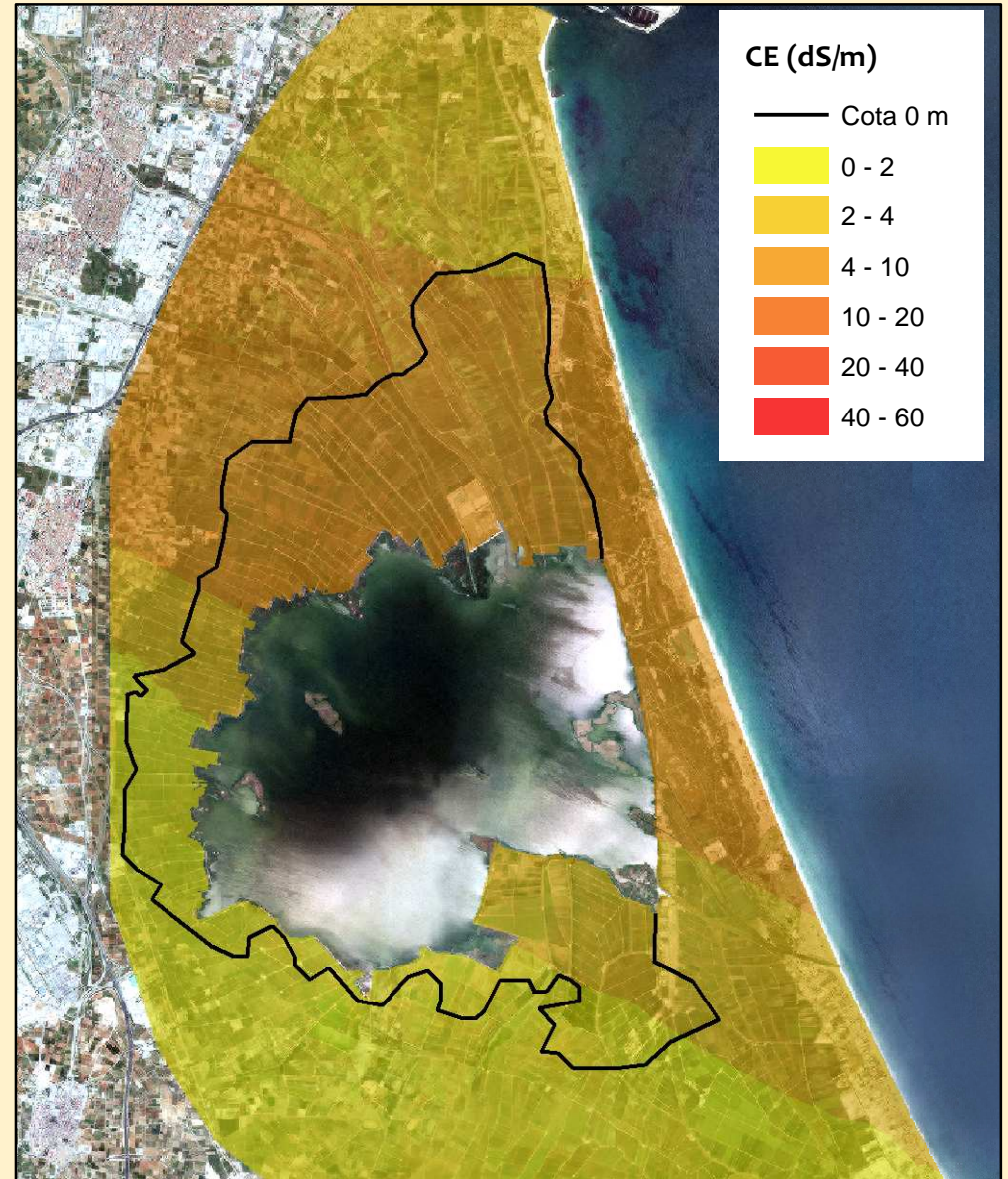
Anejo VI

Evolución espacio-temporal de la CE en capa freática



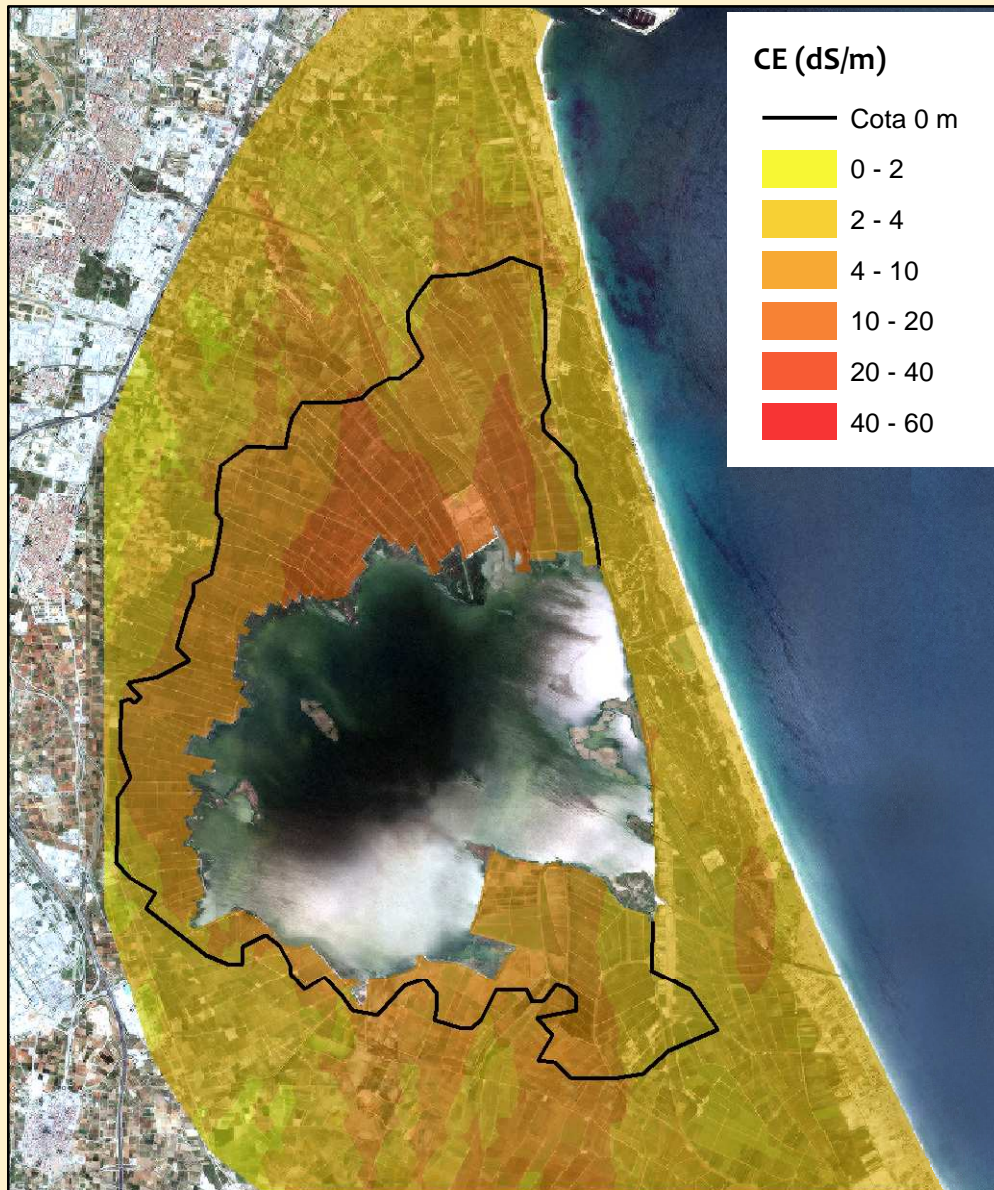
Mapa de la Salinidad en Capa freática
Enero 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Capa freática
Febrero 2010

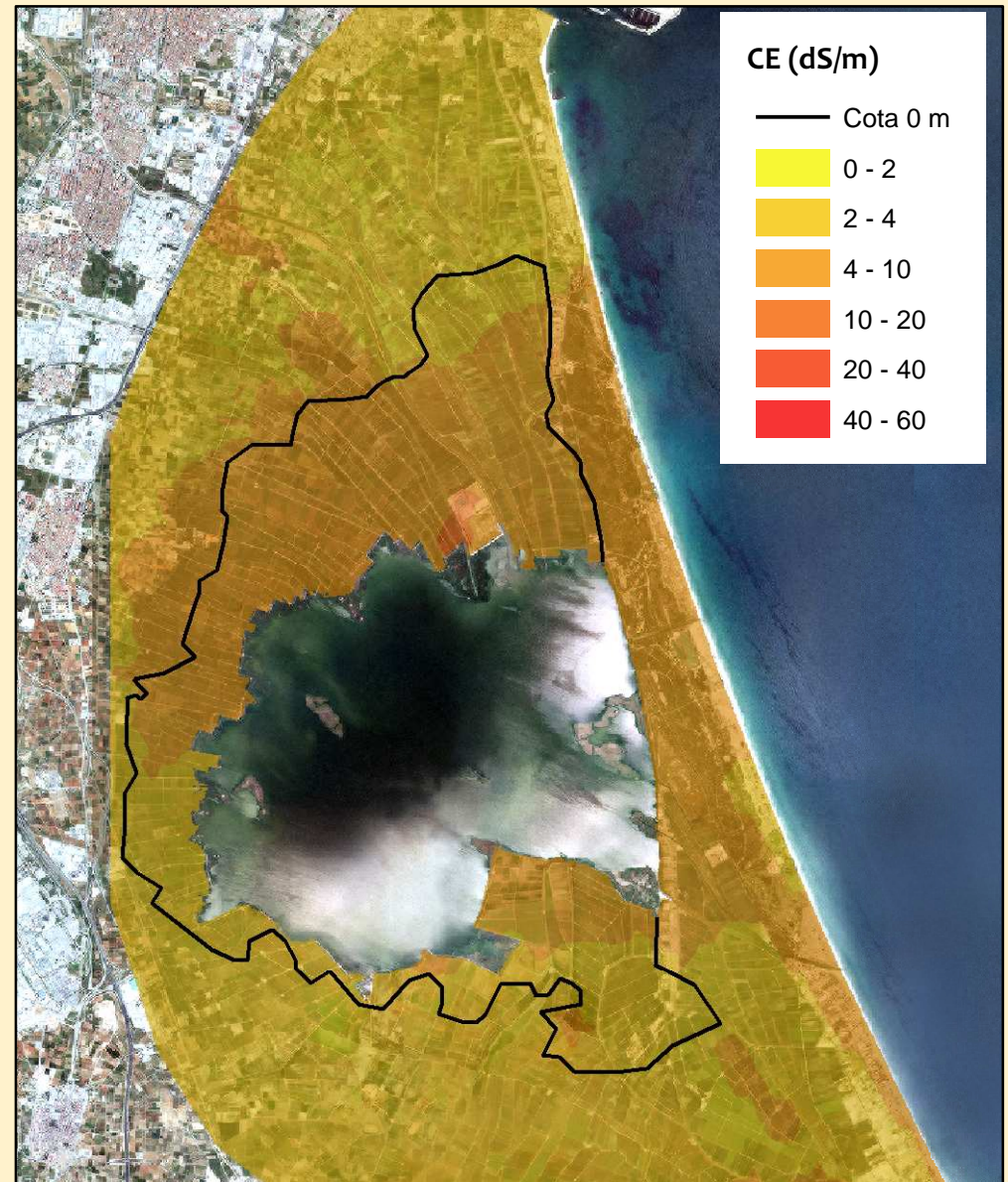
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Capa freática

Marzo 2010

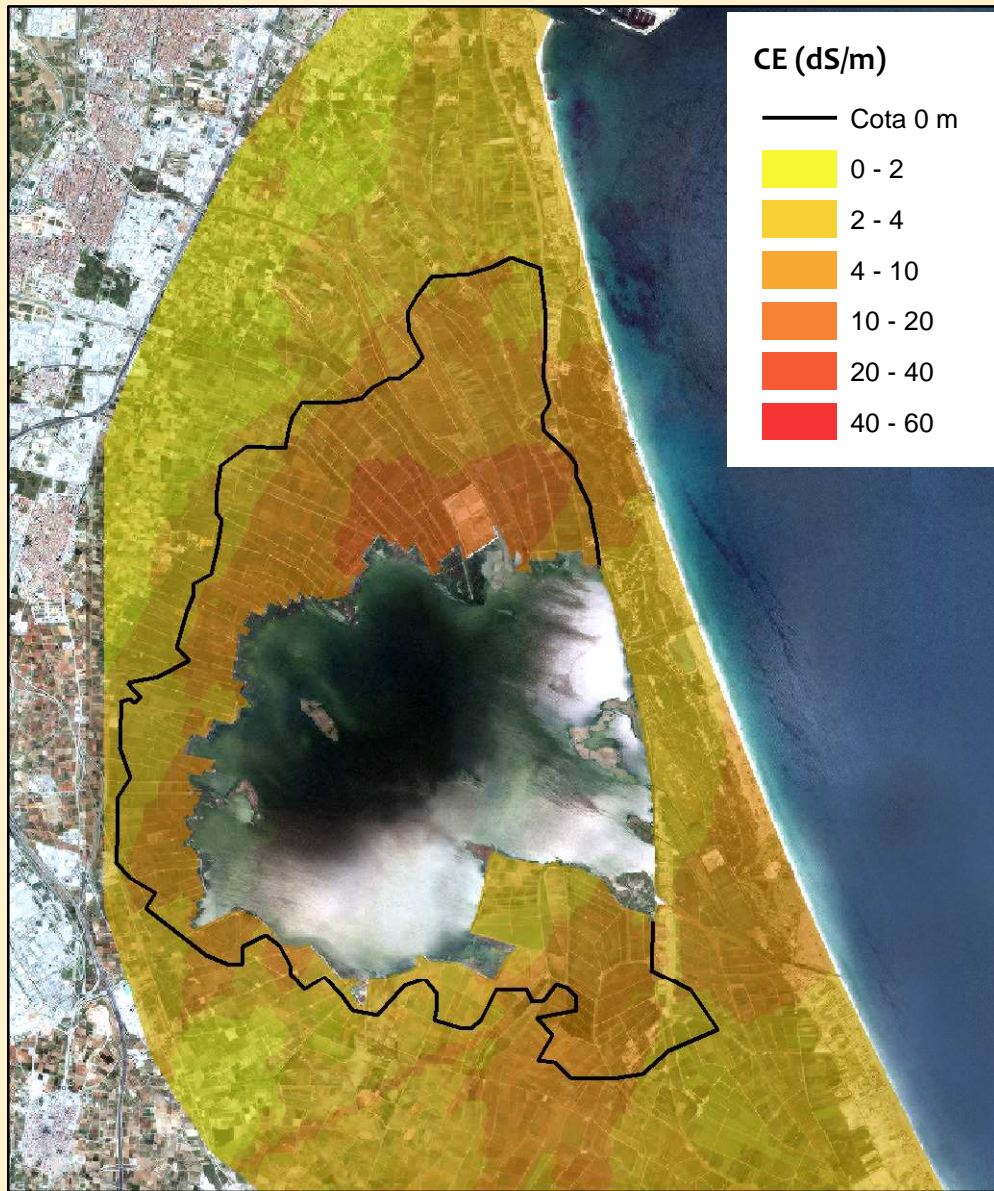
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Capa freática

Abril 2010

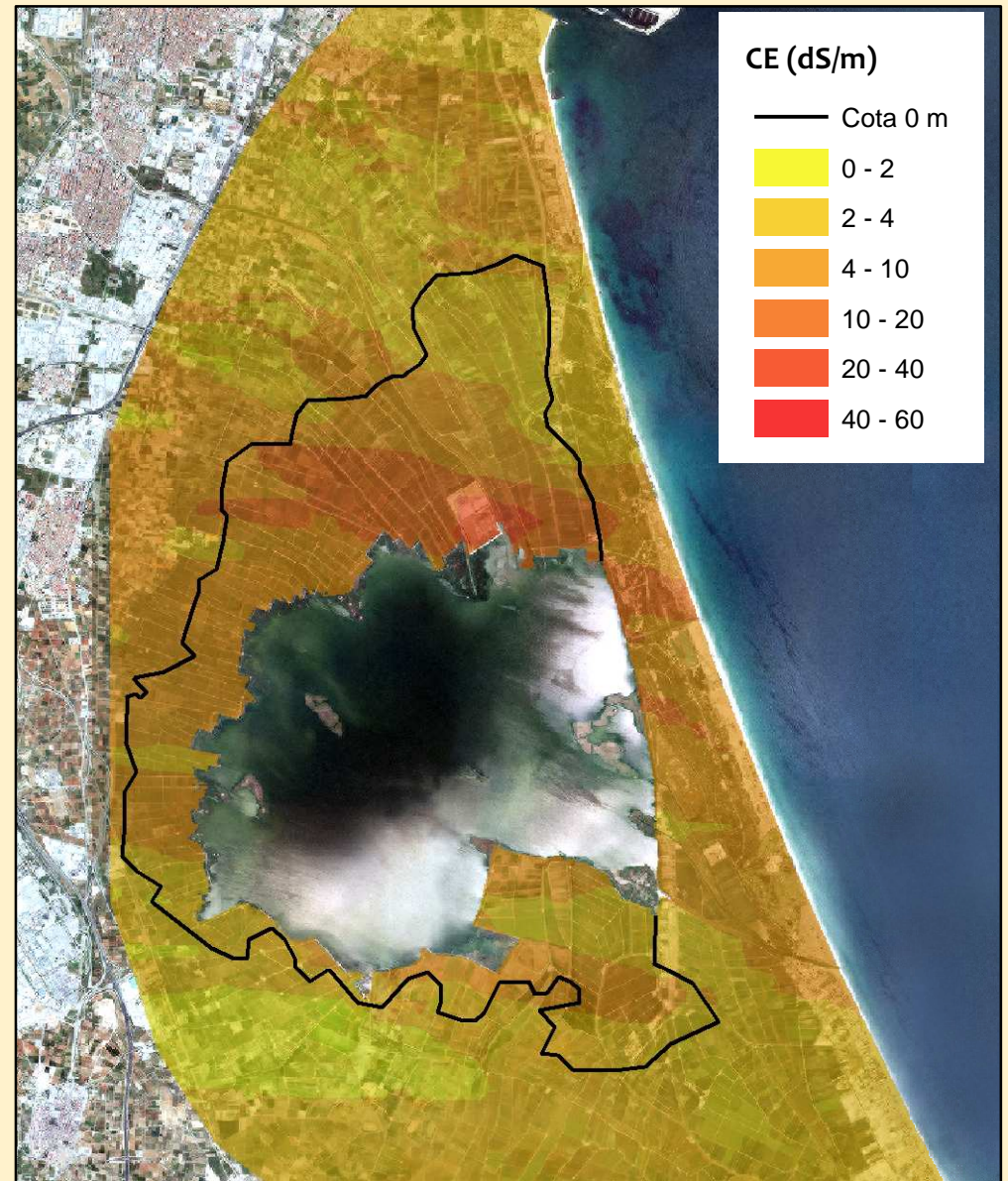
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Capa freática

Mayo 2010

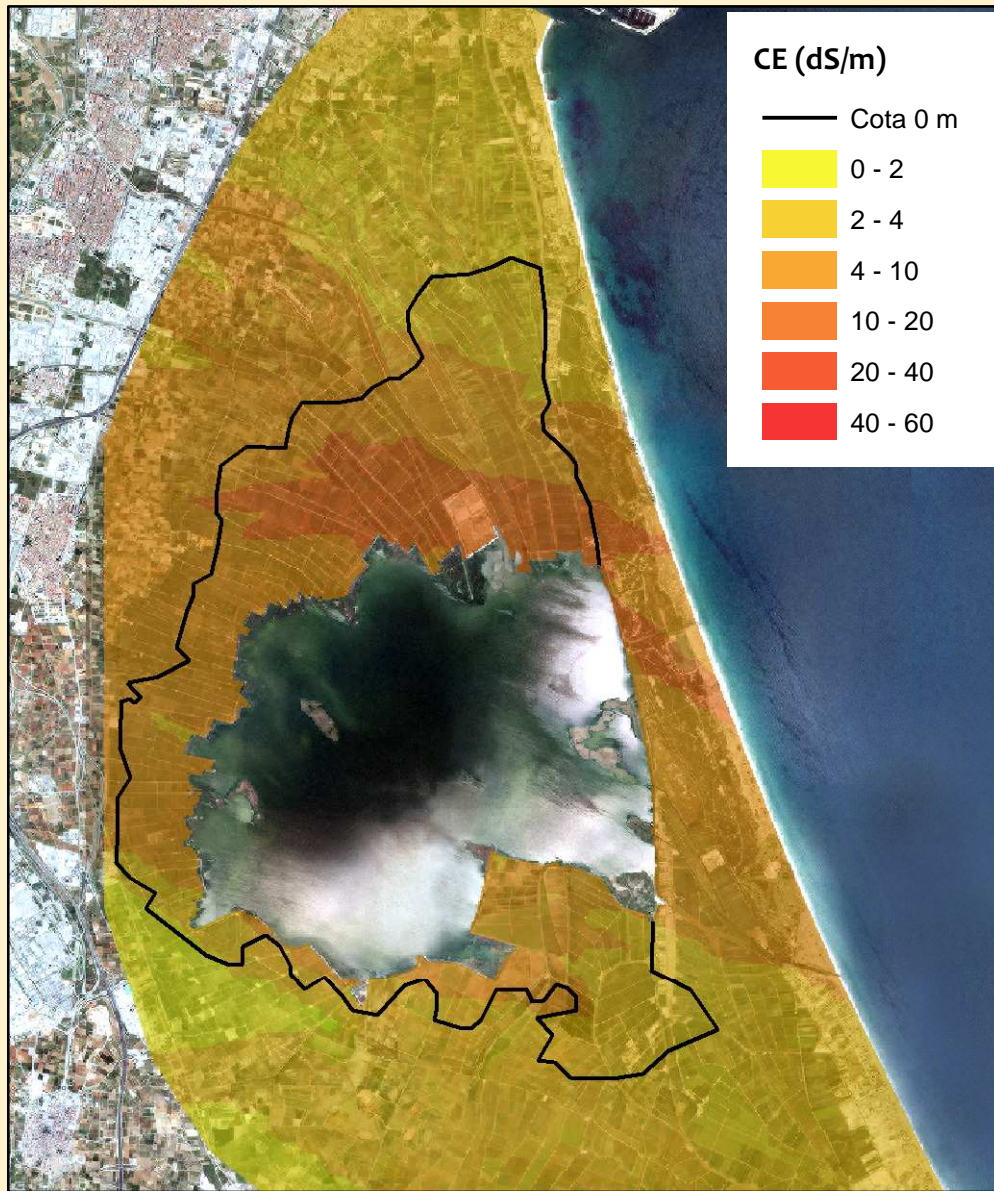
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Capa freática

Junio 2010

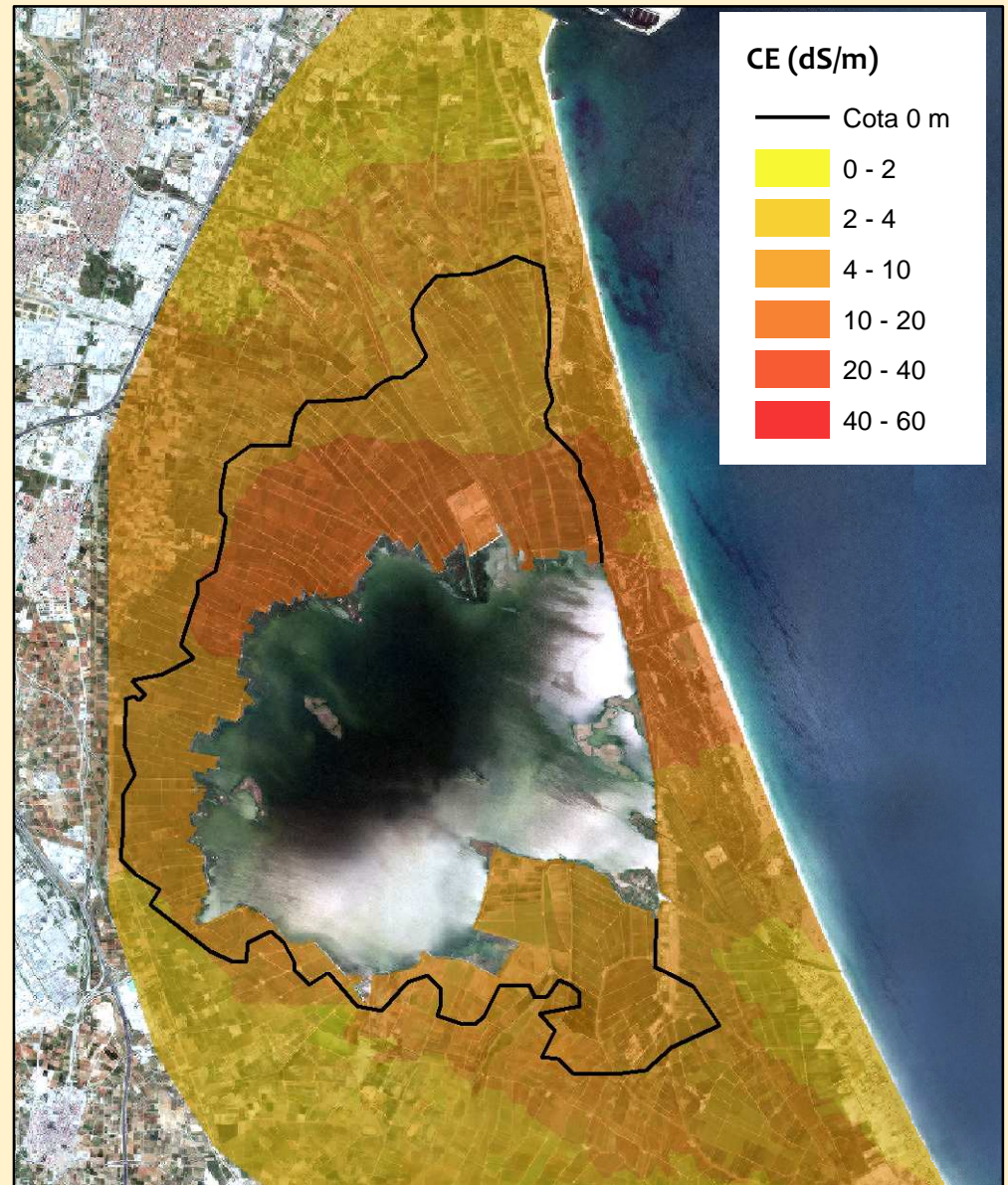
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Capa freática

Julio 2010

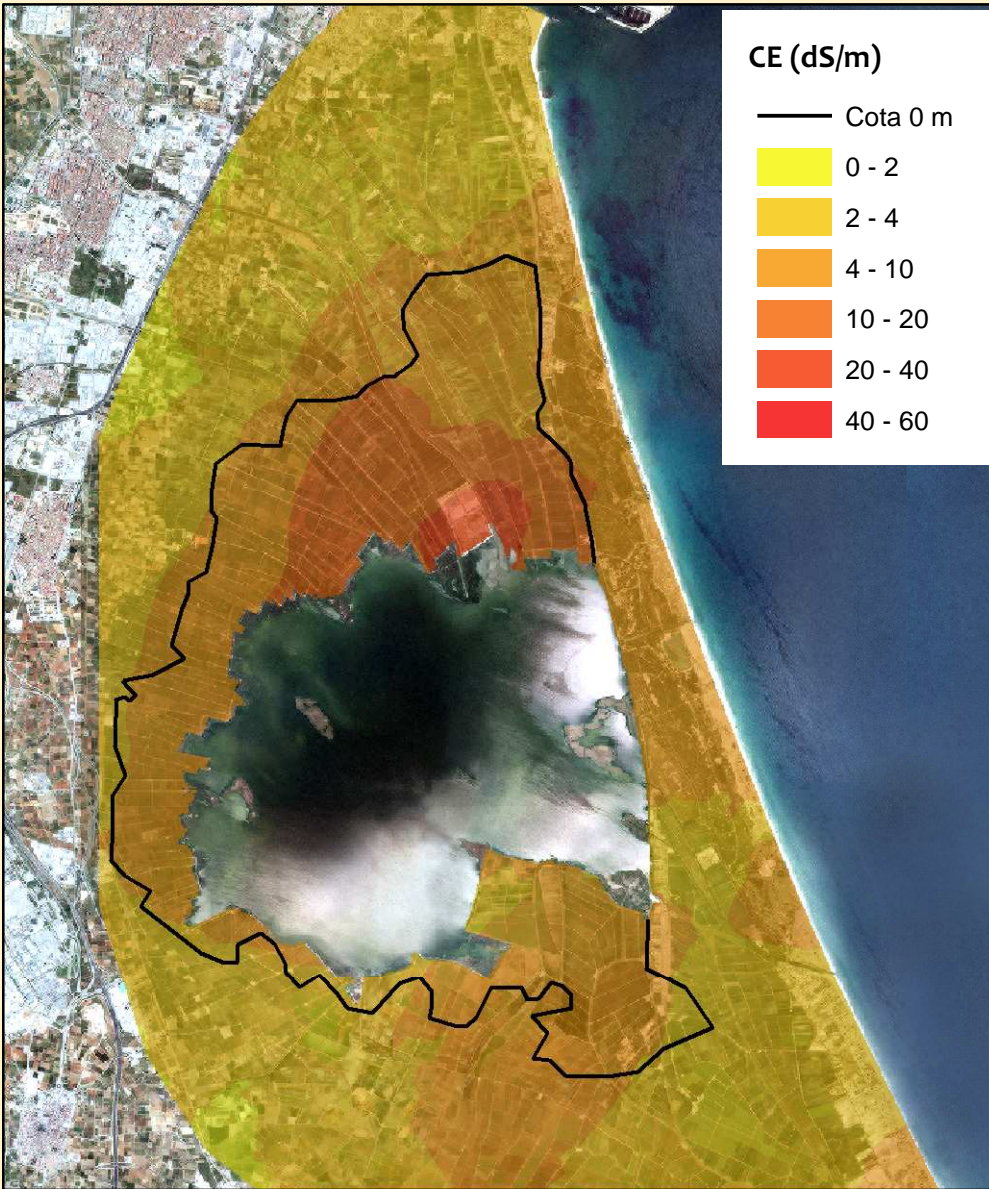
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Capa freática

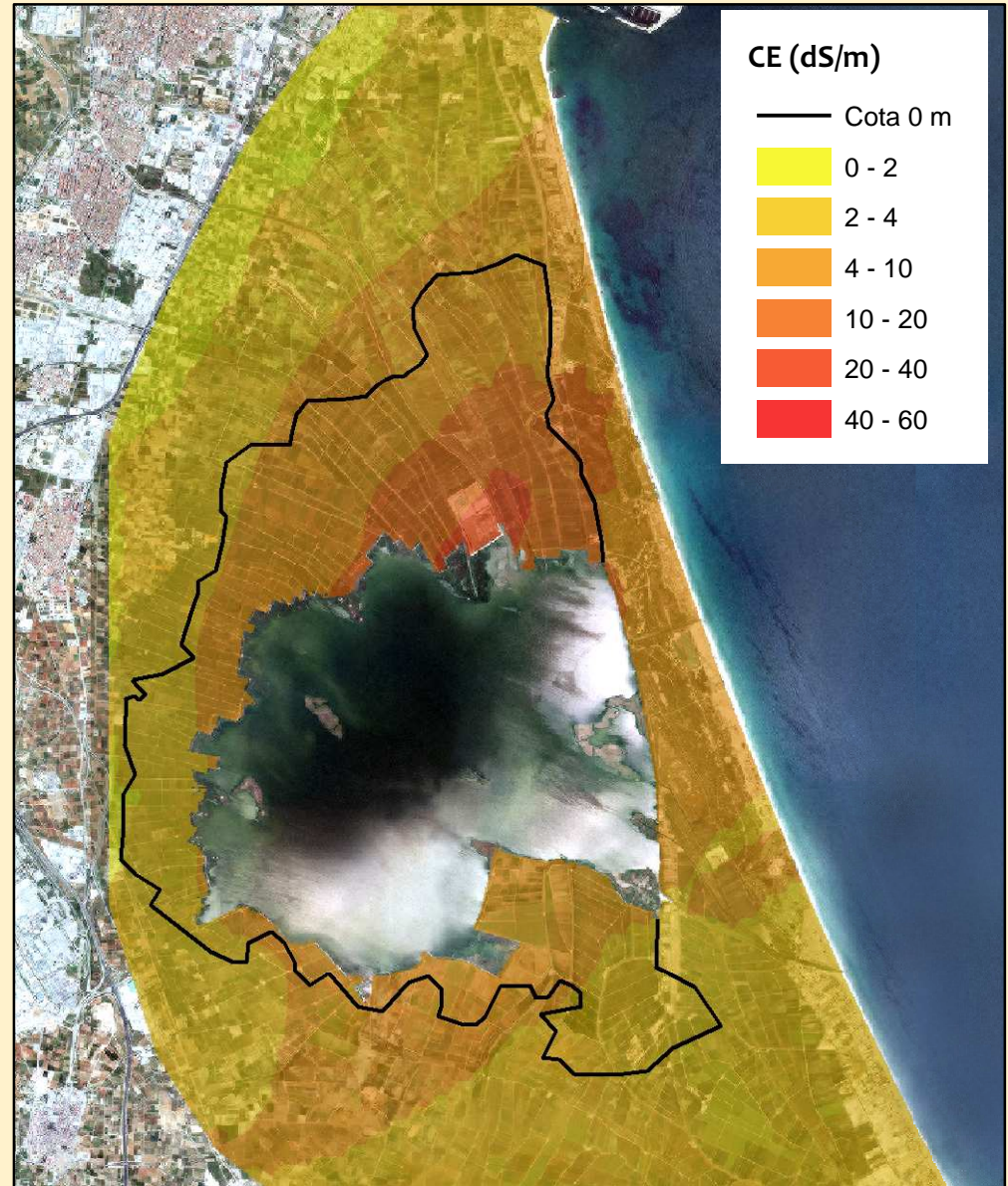
Agosto 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



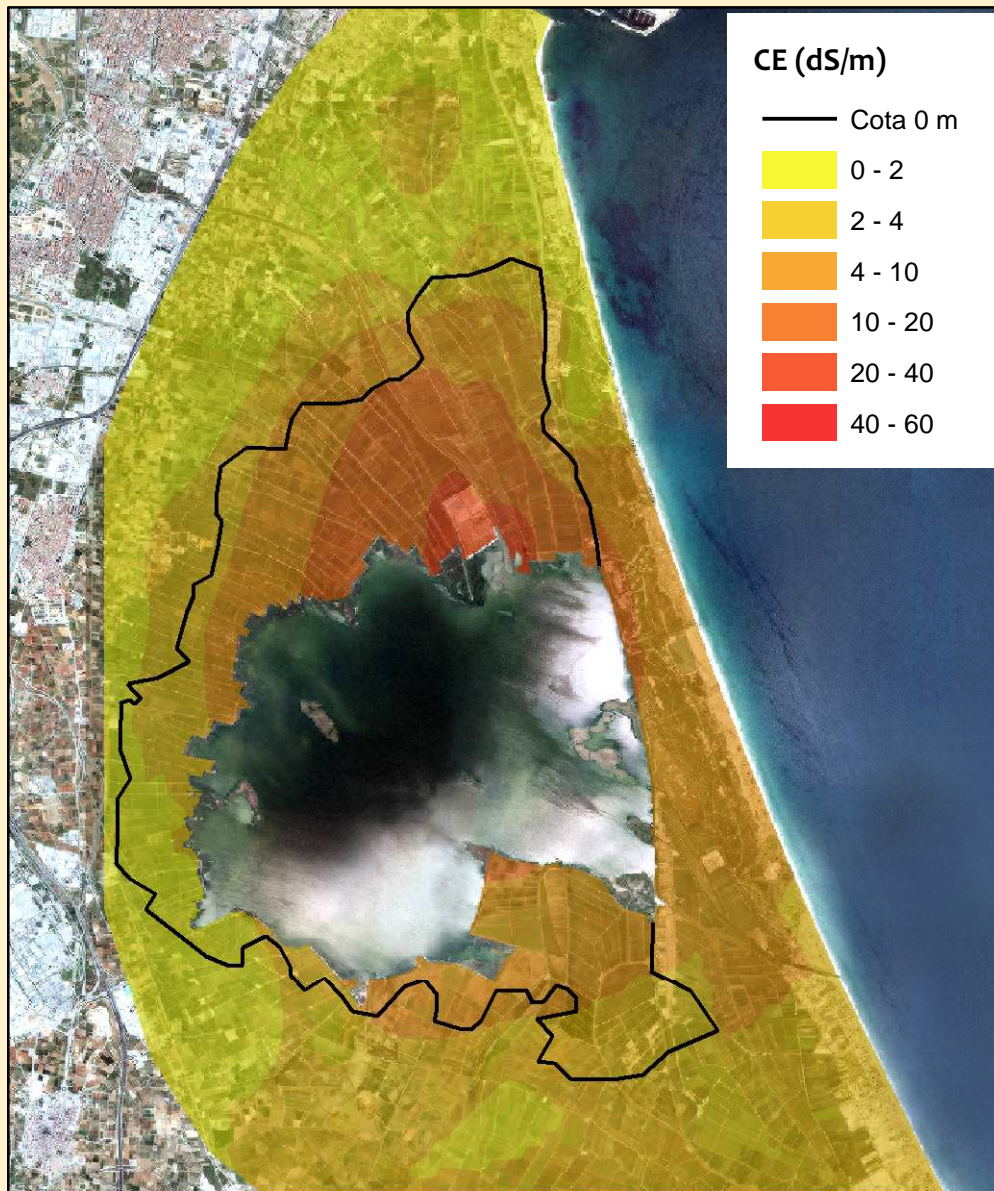
Mapa de la Salinidad en Capa freática
Septiembre 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Capa freática
Octubre 2010

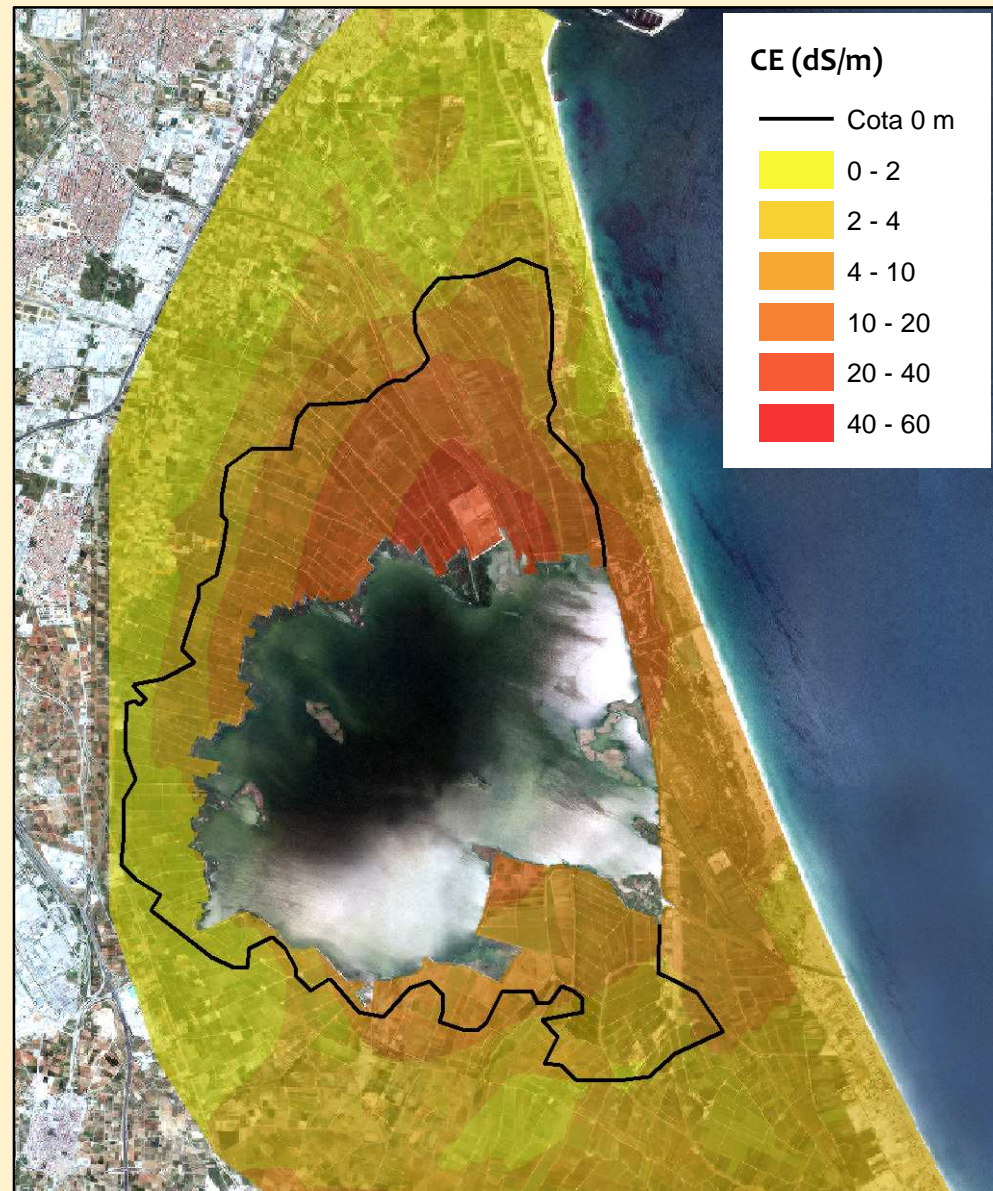
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Capa freática

Noviembre 2010

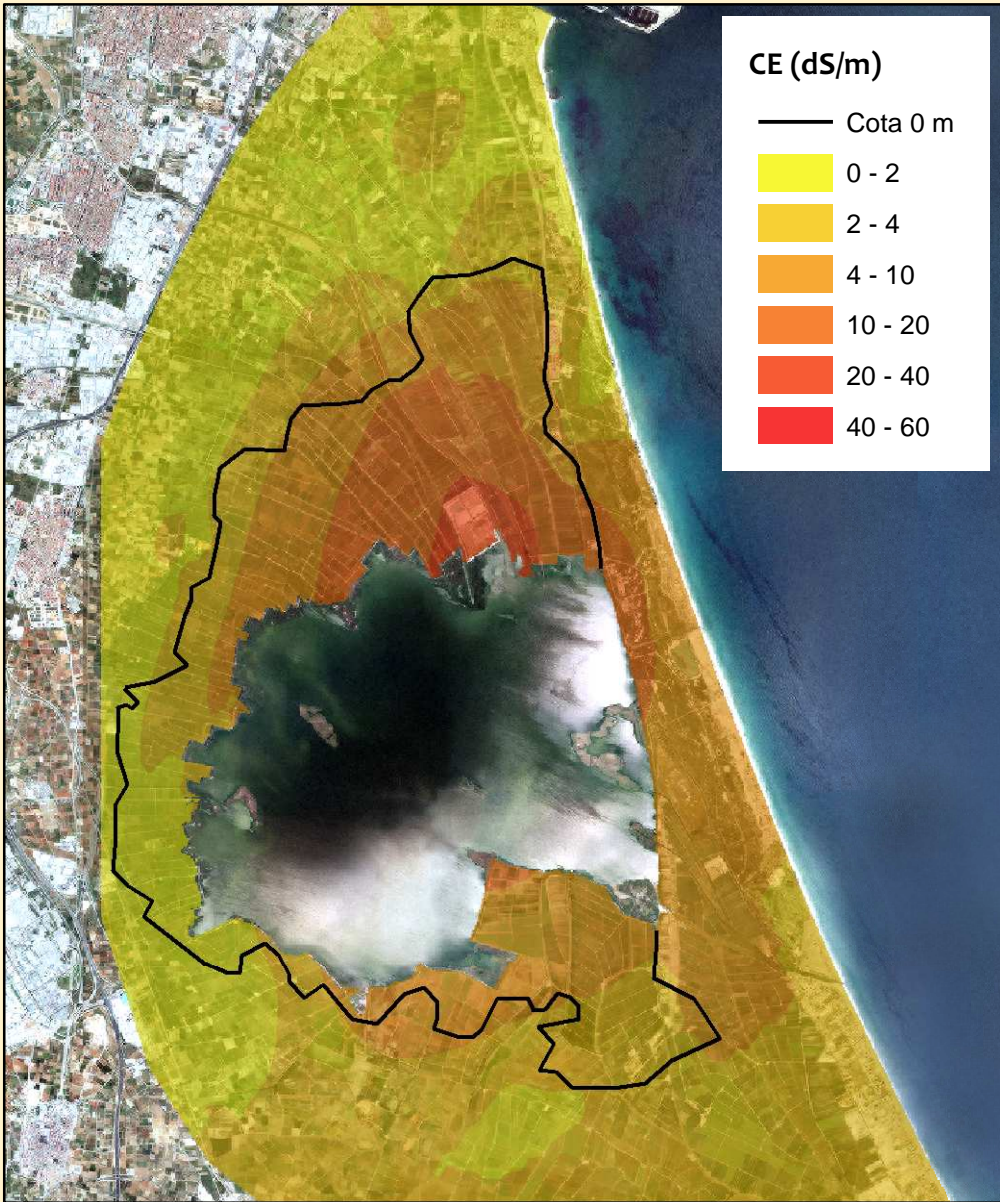
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Capa freática

Diciembre 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



CE (dS/m)

— Cota 0 m

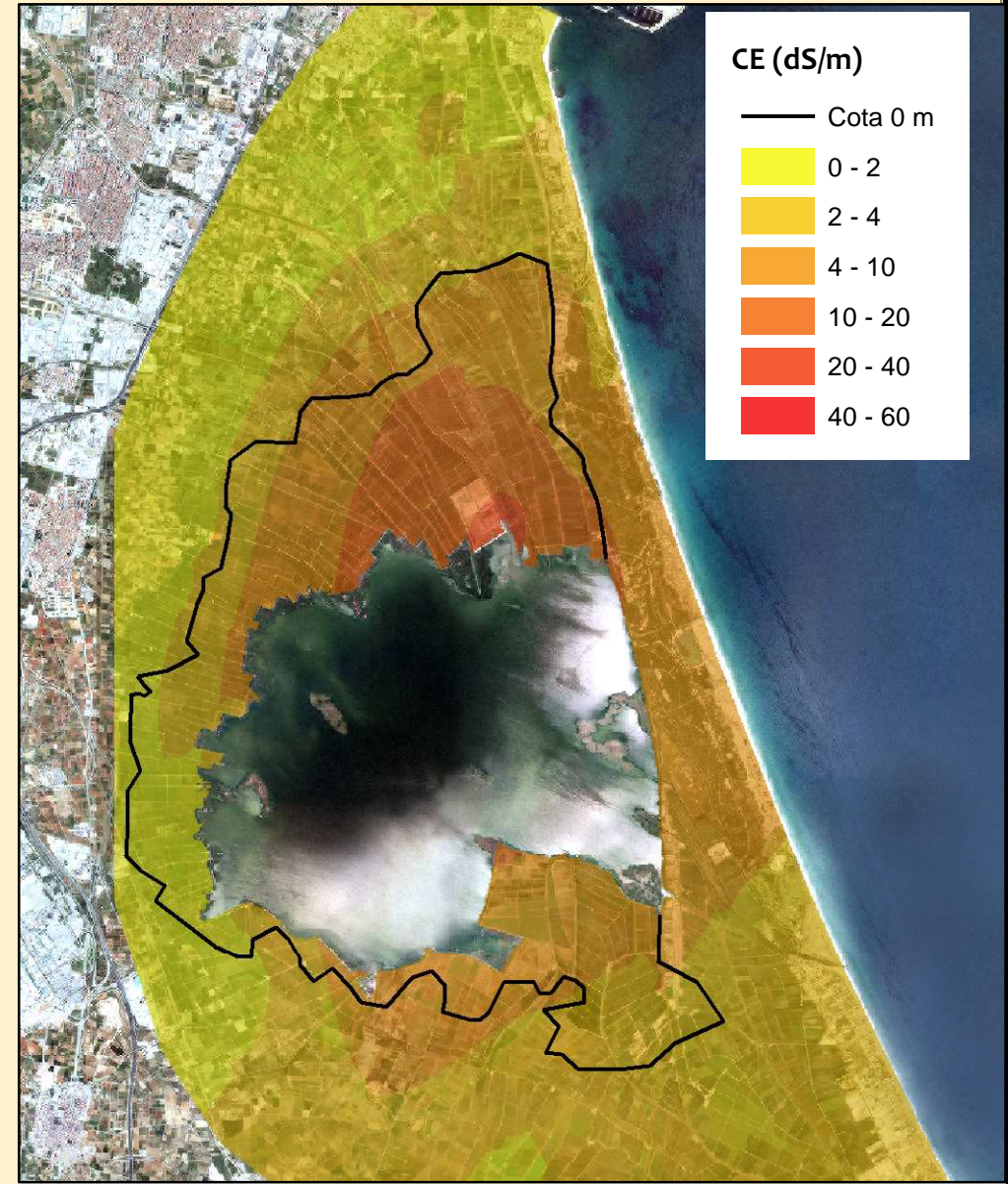
- 0 - 2
- 2 - 4
- 4 - 10
- 10 - 20
- 20 - 40
- 40 - 60



Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)

Enero 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



CE (dS/m)

— Cota 0 m

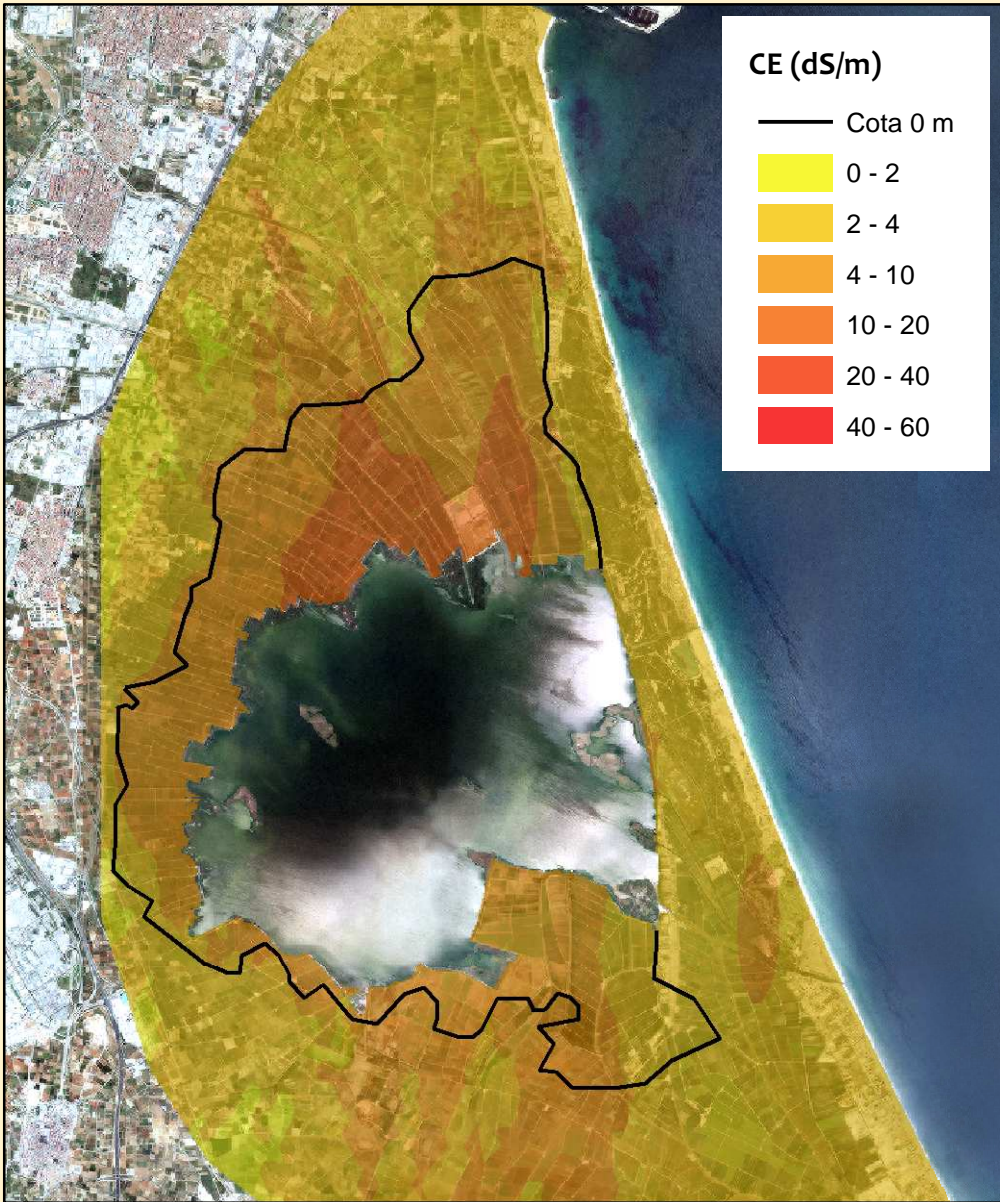
- 0 - 2
- 2 - 4
- 4 - 10
- 10 - 20
- 20 - 40
- 40 - 60



Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)

Febrero 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



CE (dS/m)

— Cota 0 m

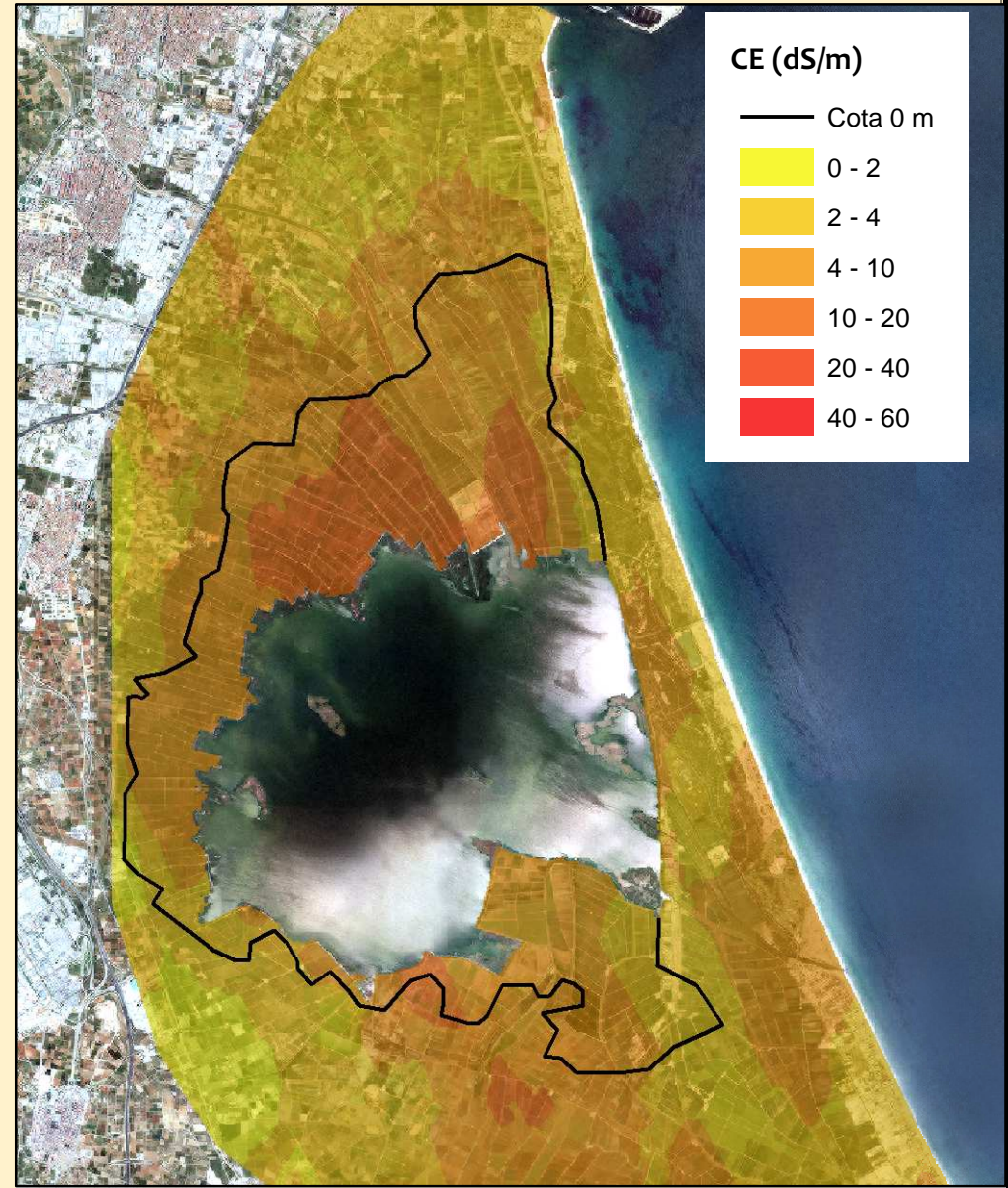
- 0 - 2
- 2 - 4
- 4 - 10
- 10 - 20
- 20 - 40
- 40 - 60



Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)

Marzo 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



CE (dS/m)

— Cota 0 m

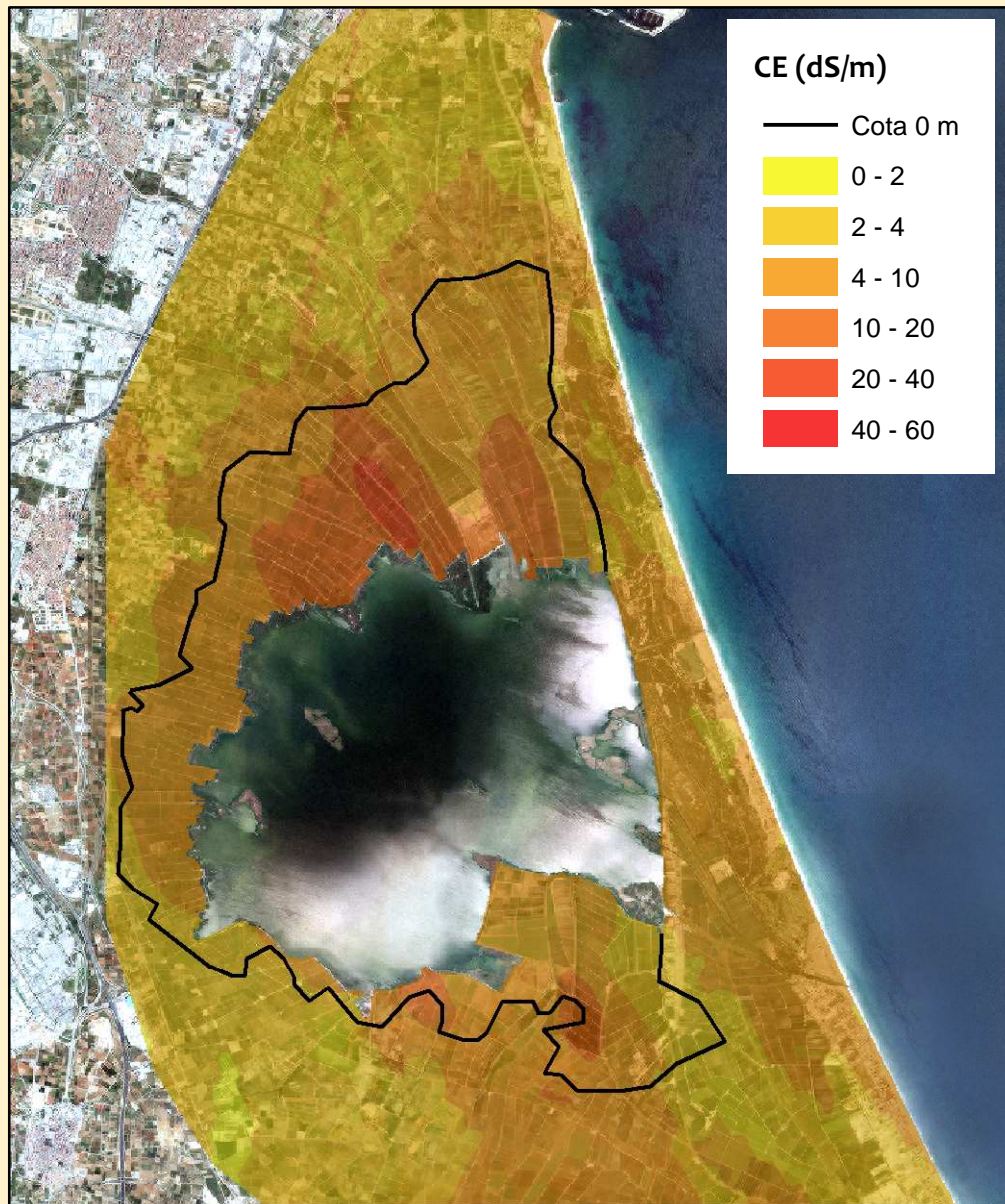
- 0 - 2
- 2 - 4
- 4 - 10
- 10 - 20
- 20 - 40
- 40 - 60



Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)

Abril 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



CE (dS/m)

— Cota 0 m

0 - 2

2 - 4

4 - 10

10 - 20

20 - 40

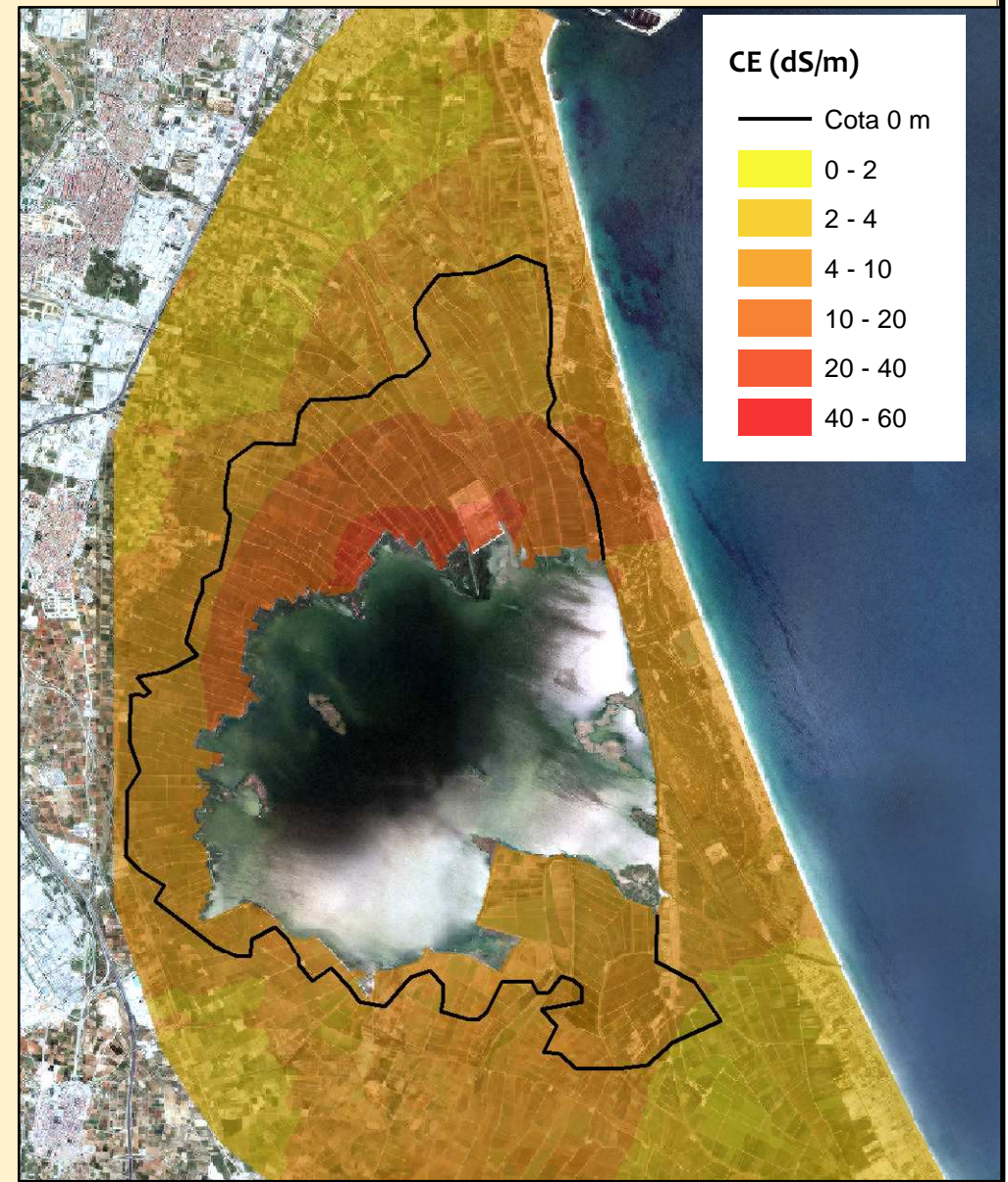
40 - 60



Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)

Mayo 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



CE (dS/m)

— Cota 0 m

0 - 2

2 - 4

4 - 10

10 - 20

20 - 40

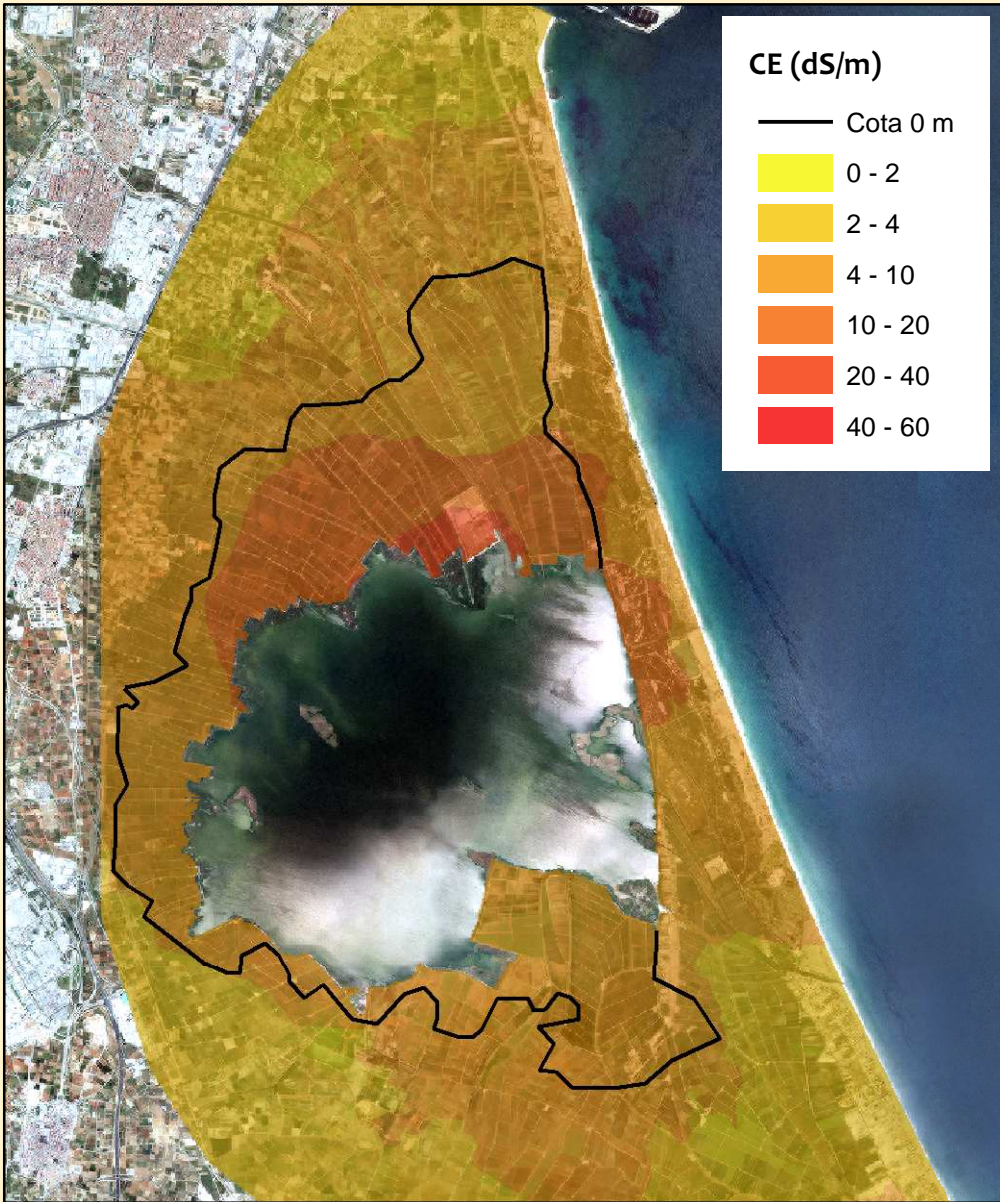
40 - 60



Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)

Junio 2011

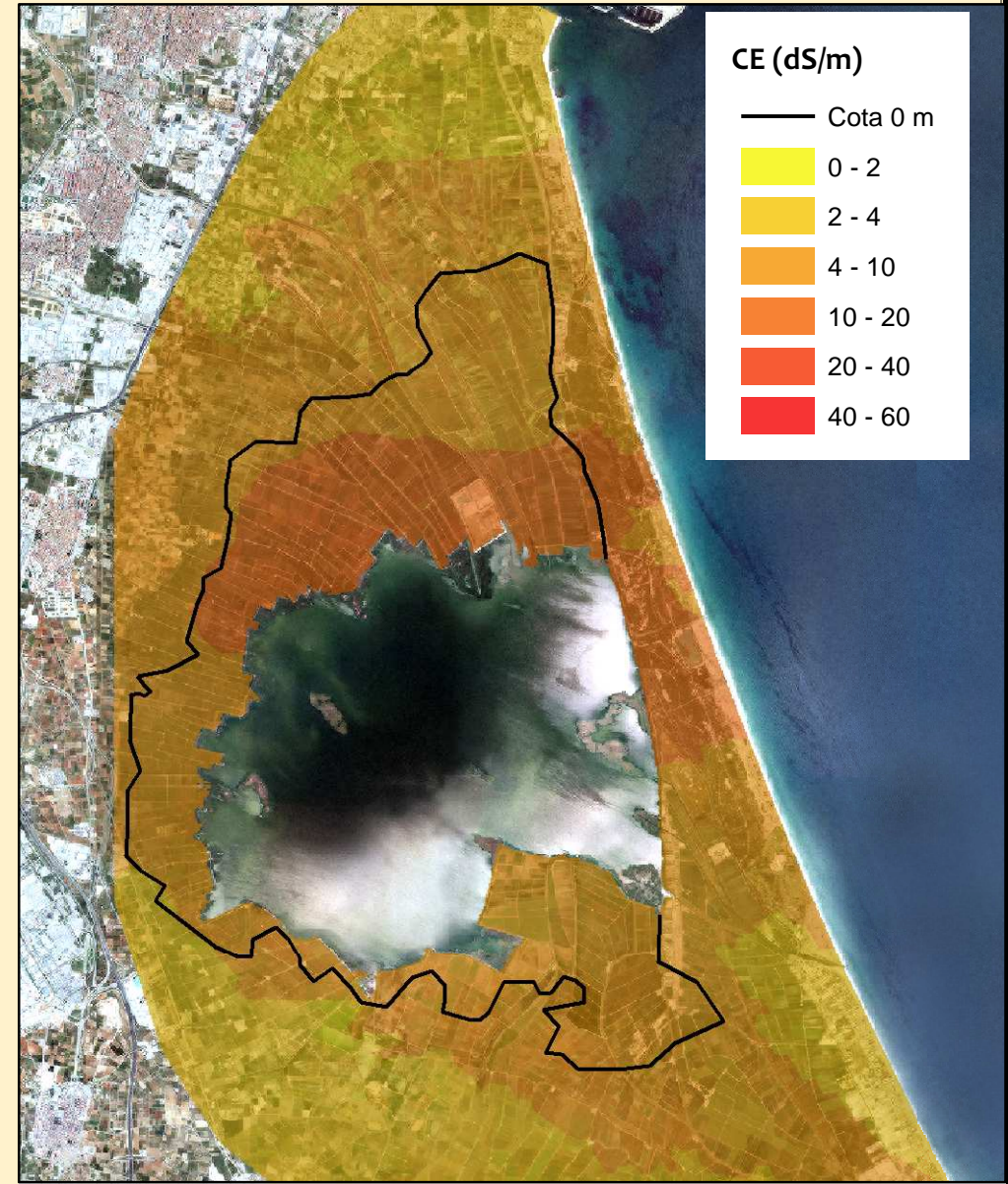
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



CE (dS/m)

— Cota 0 m

- 0 - 2
- 2 - 4
- 4 - 10
- 10 - 20
- 20 - 40
- 40 - 60



CE (dS/m)

— Cota 0 m

- 0 - 2
- 2 - 4
- 4 - 10
- 10 - 20
- 20 - 40
- 40 - 60



Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)

Julio 2011

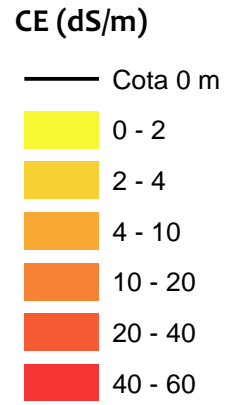
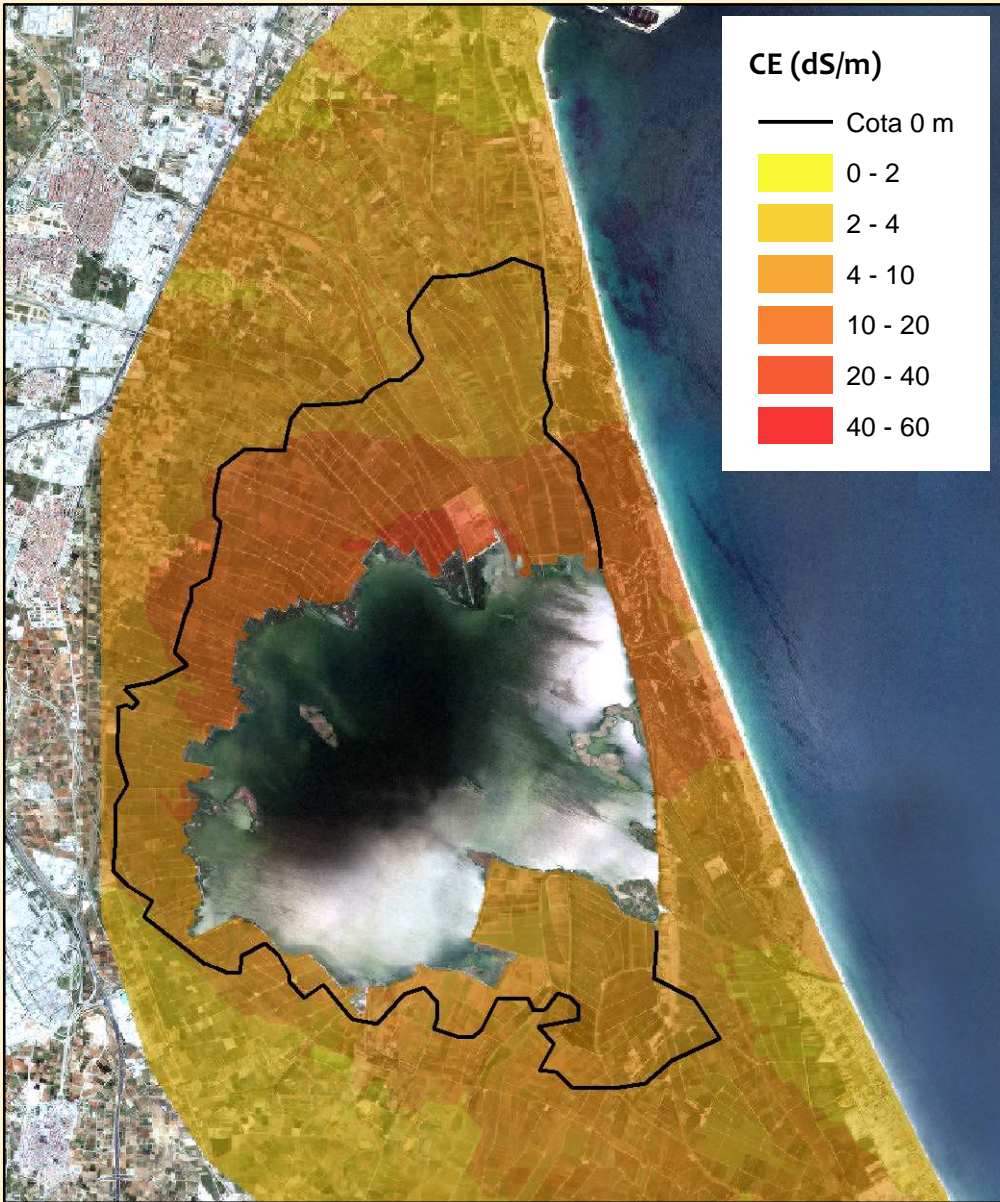
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)

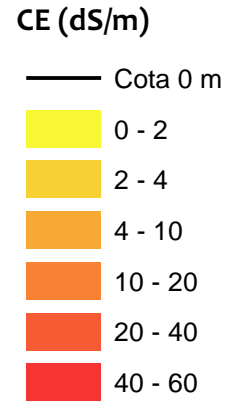
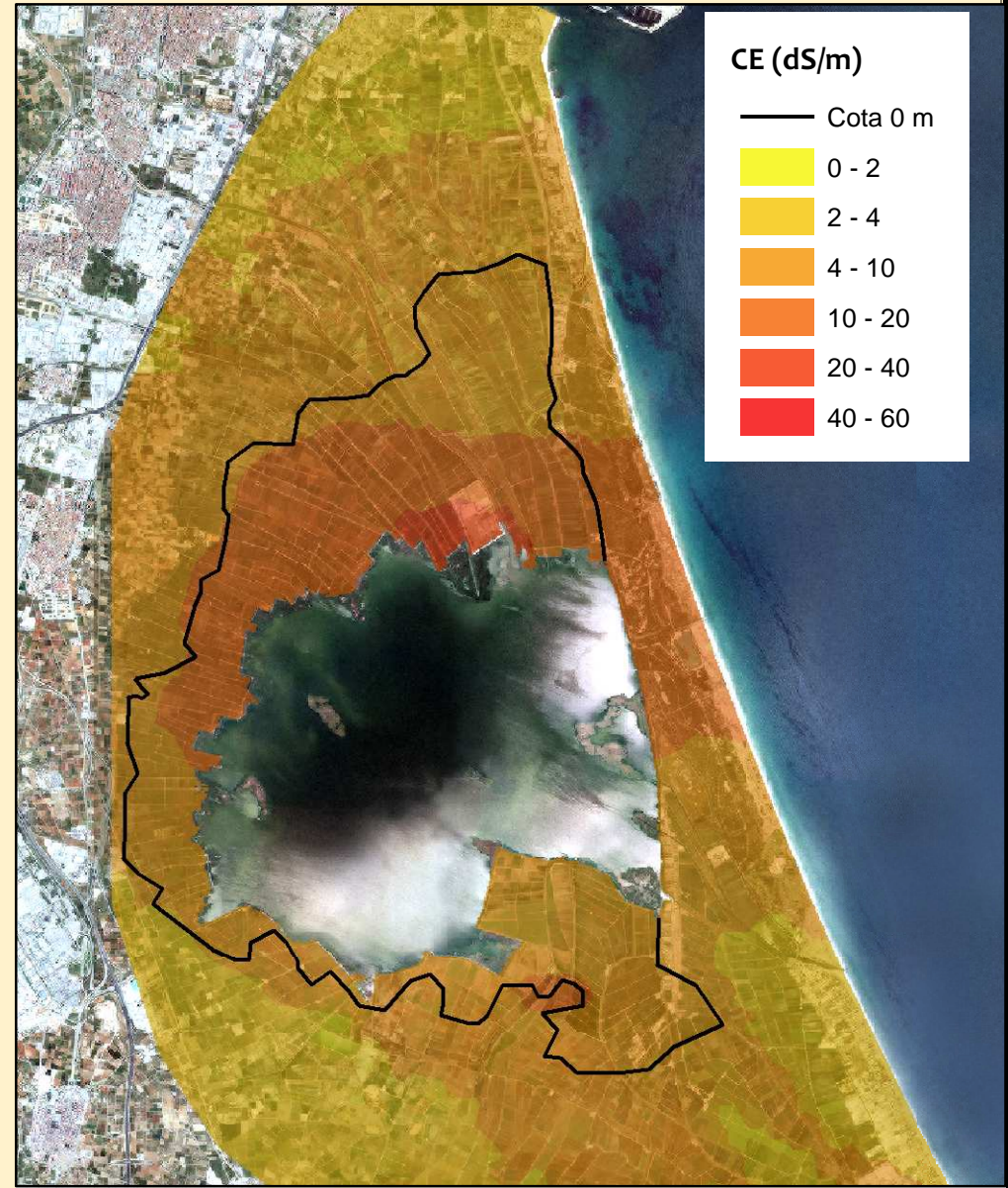
Agosto 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



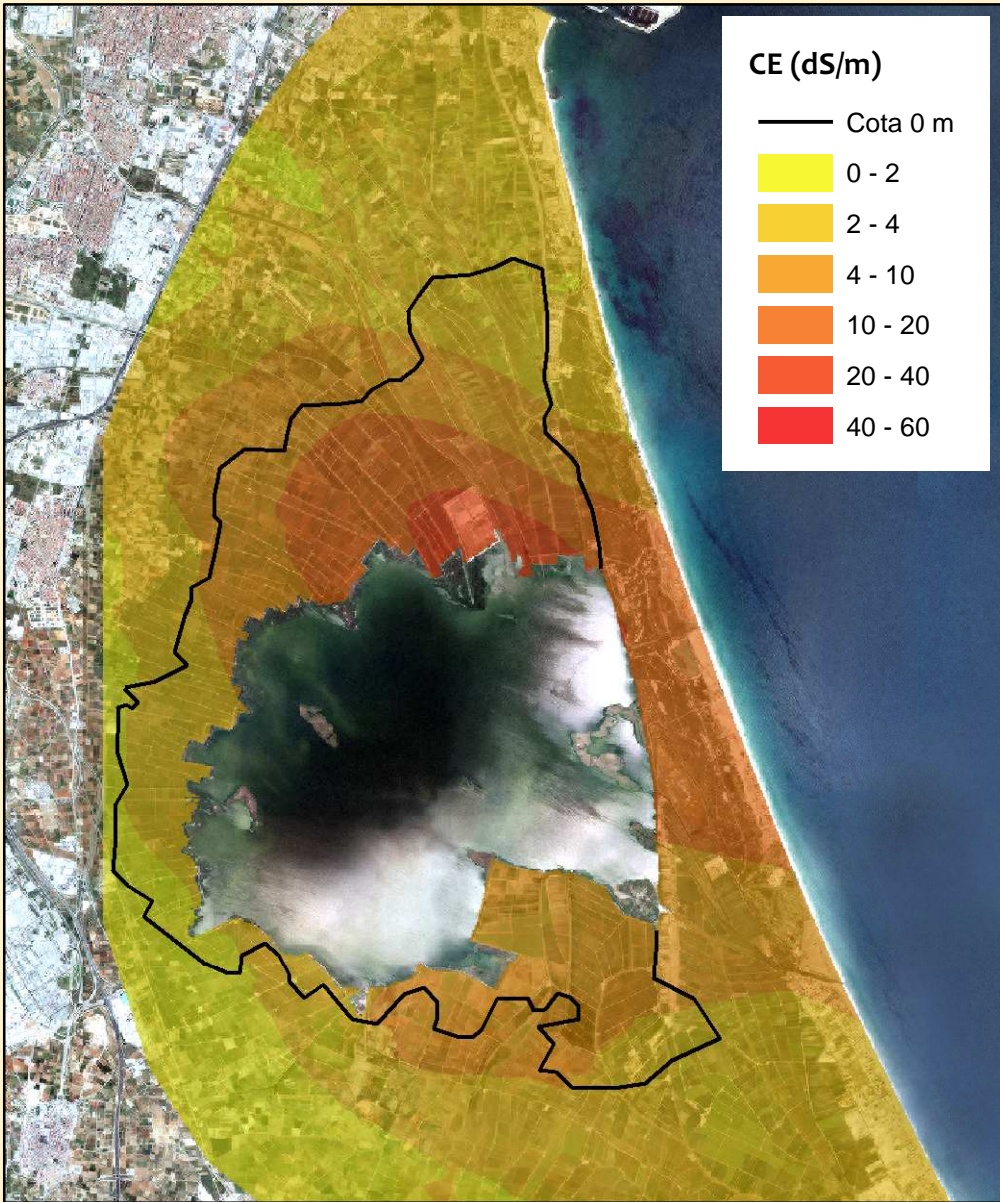
Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)
Septiembre 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



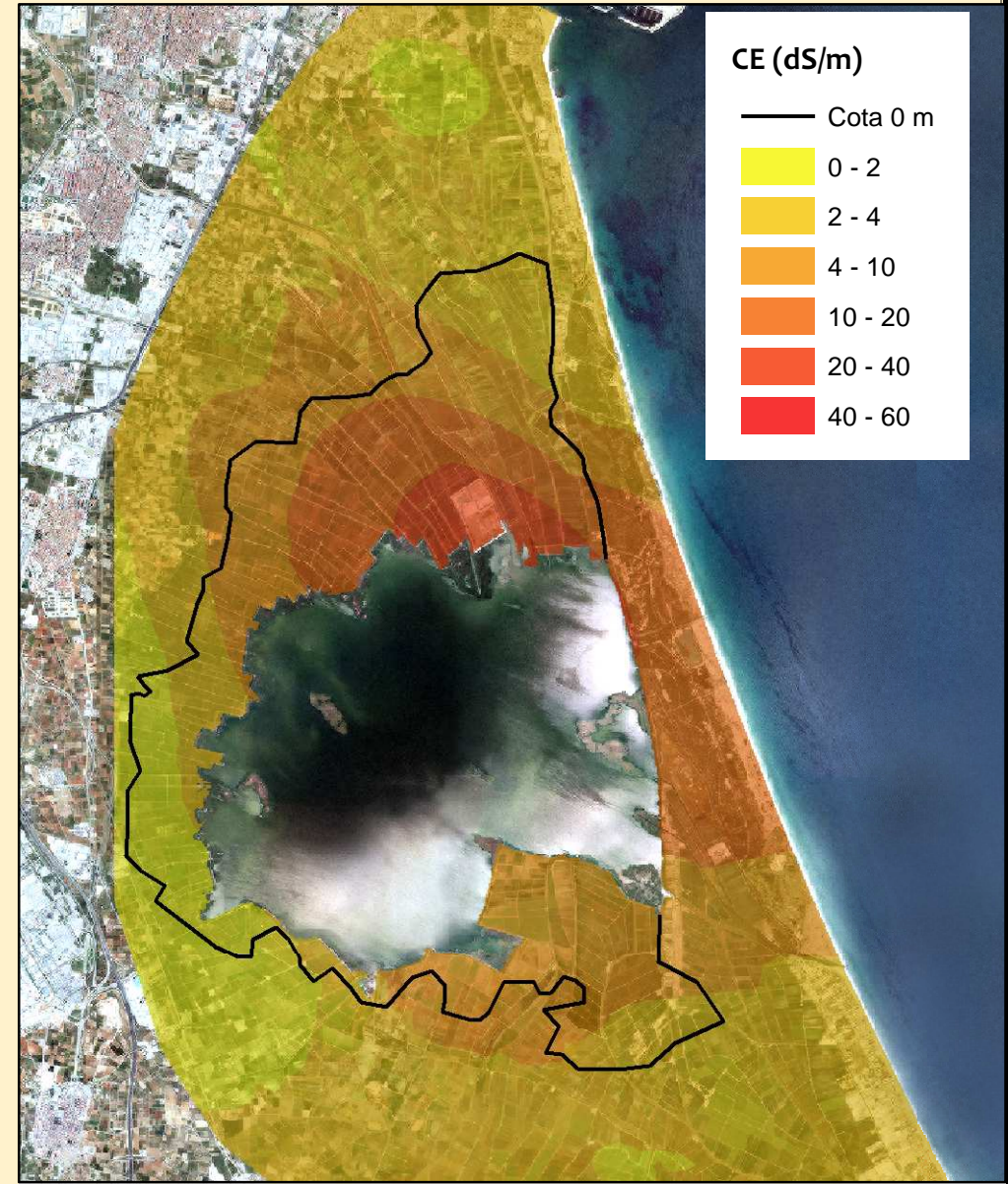
Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)
Octubre 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



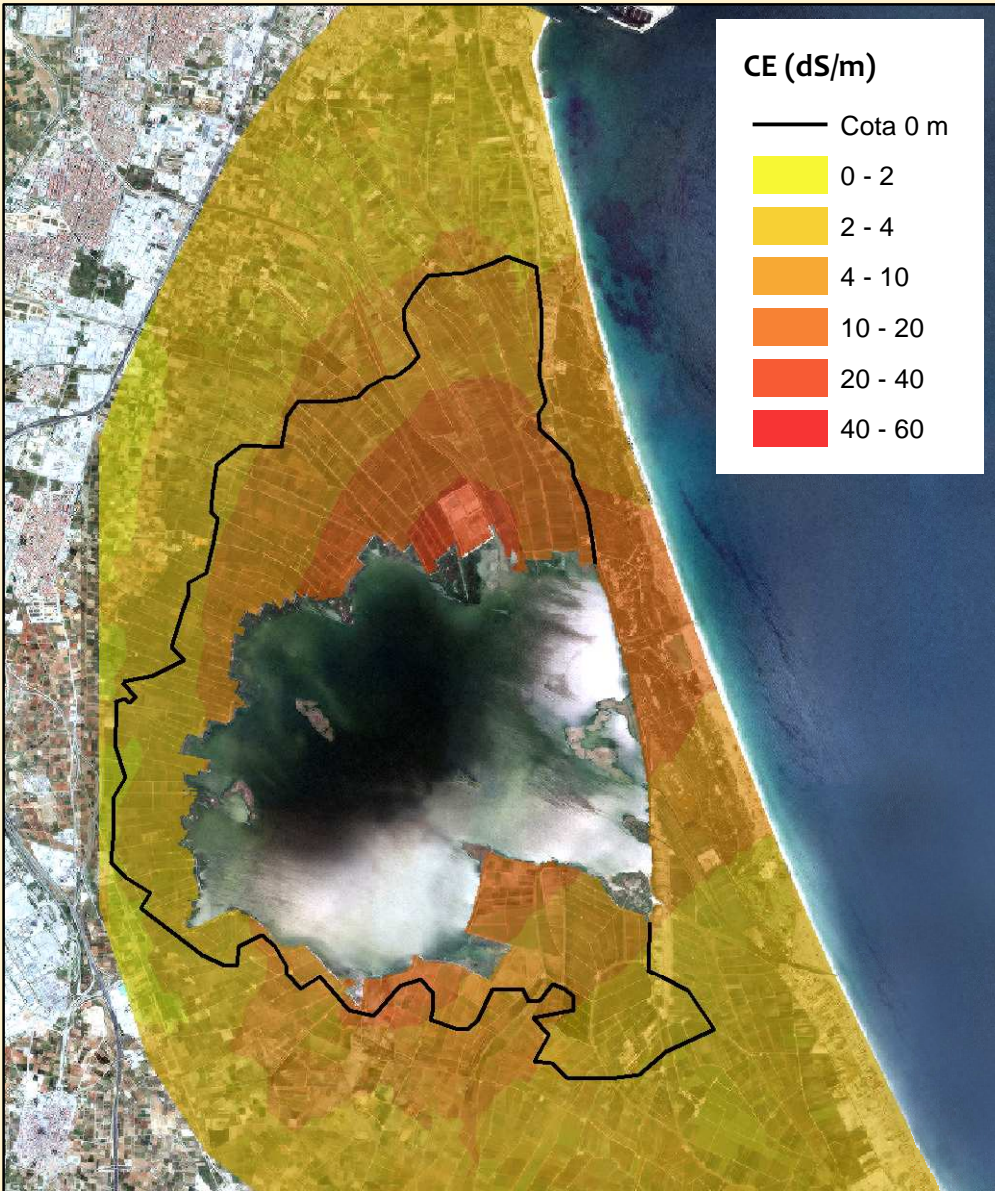
Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)
 Noviembre 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



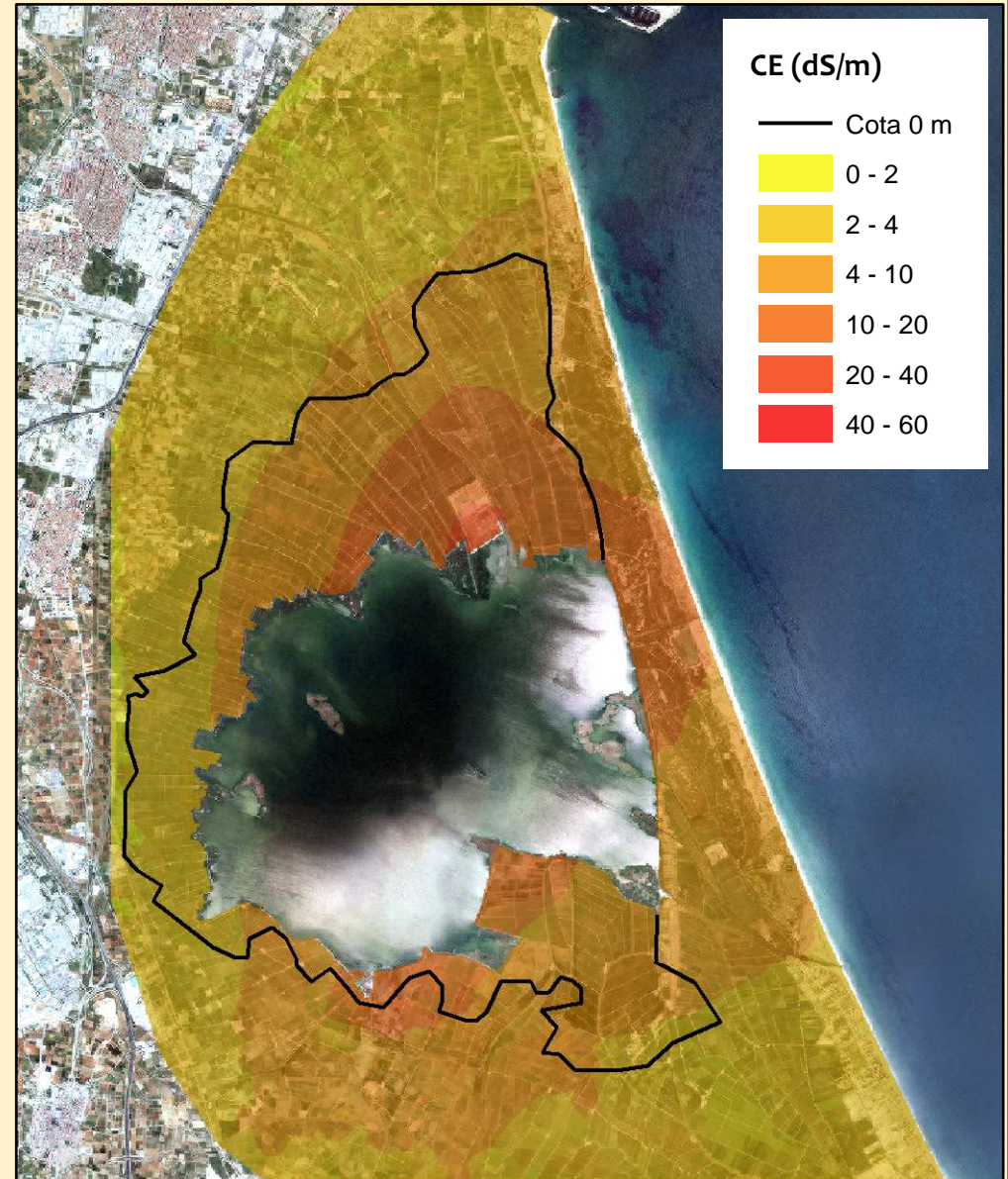
Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)
 Diciembre 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



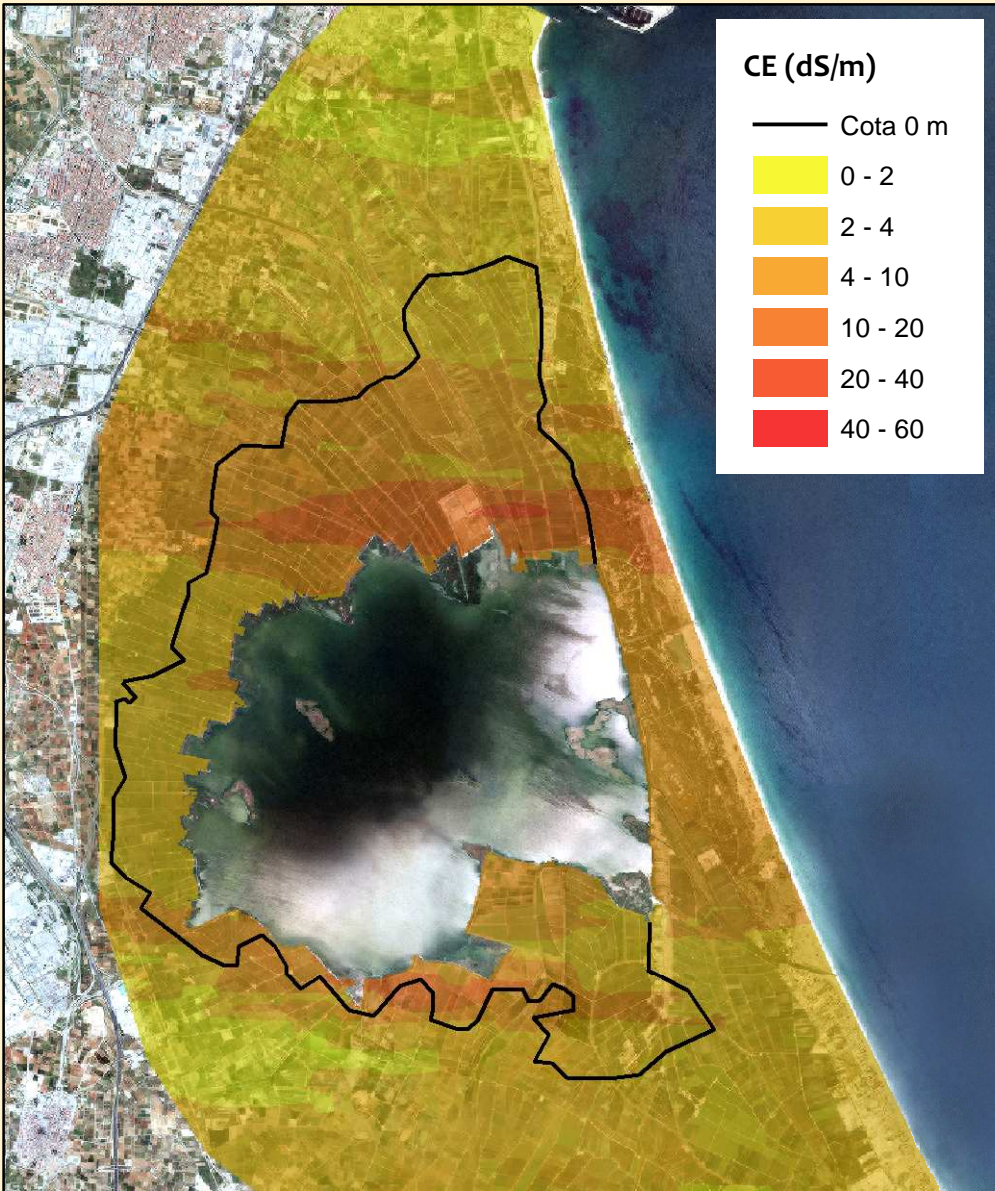
Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)
Enero 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



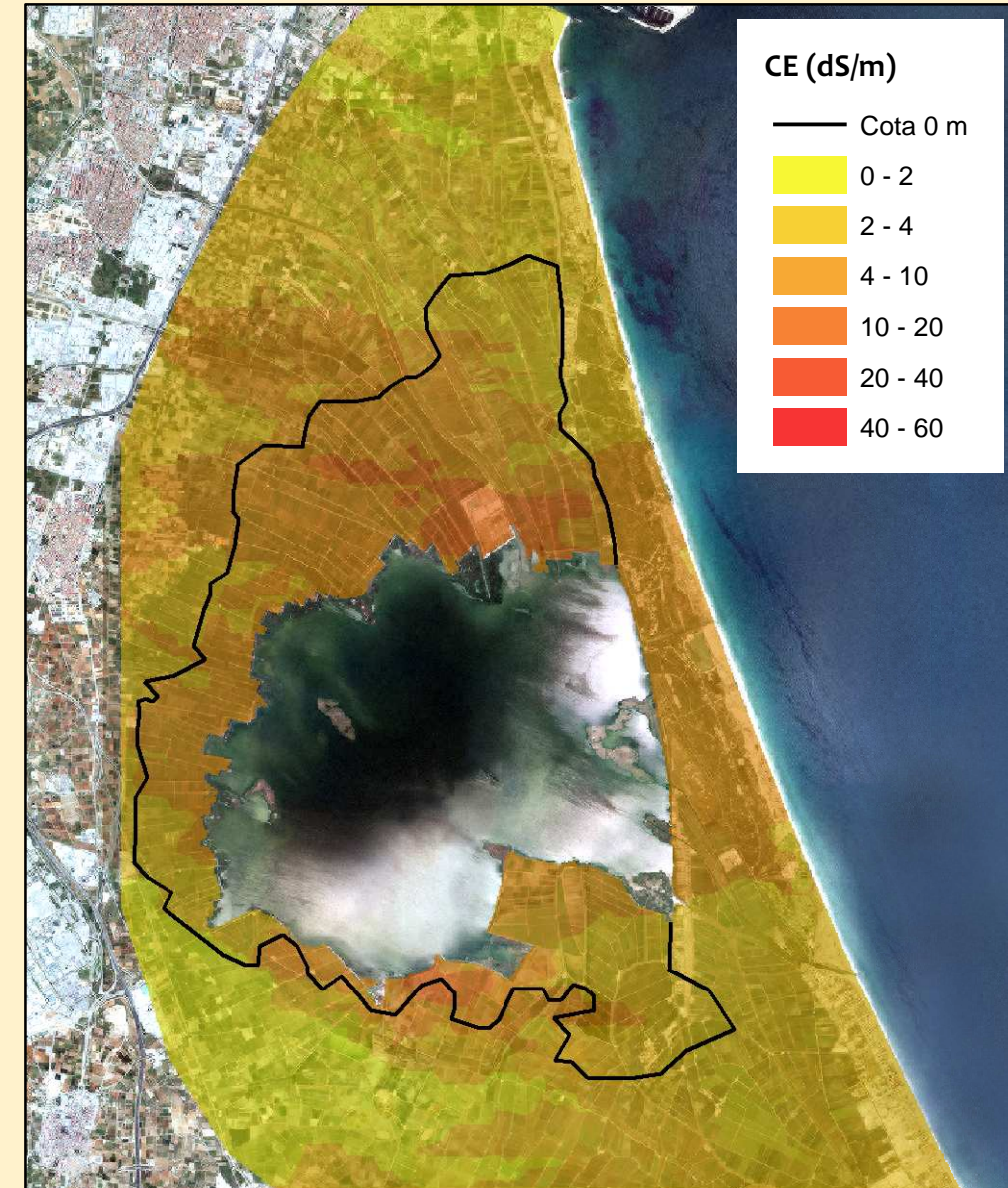
Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)
Febrero 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



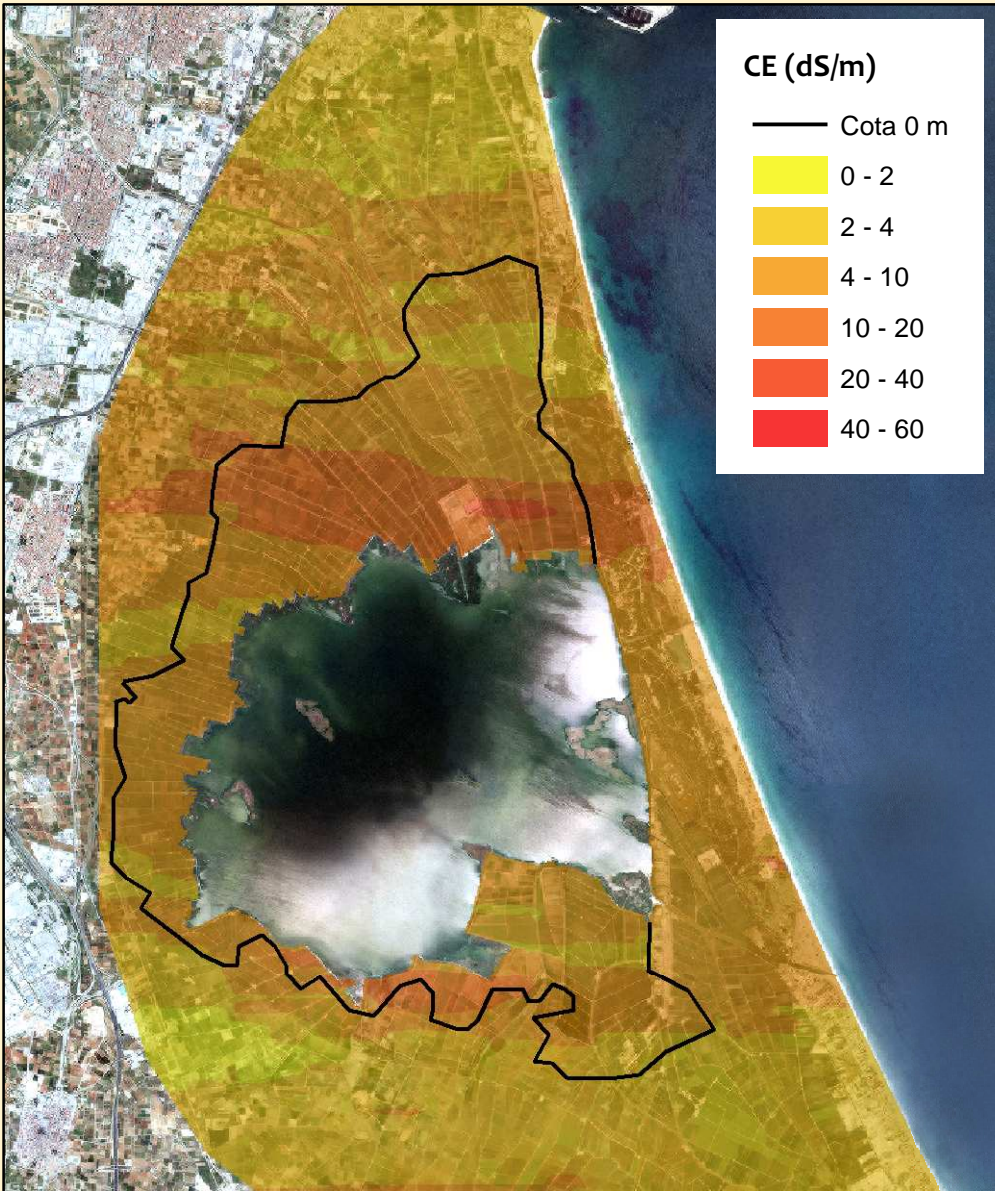
Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)
Marzo 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)
Abril 2012

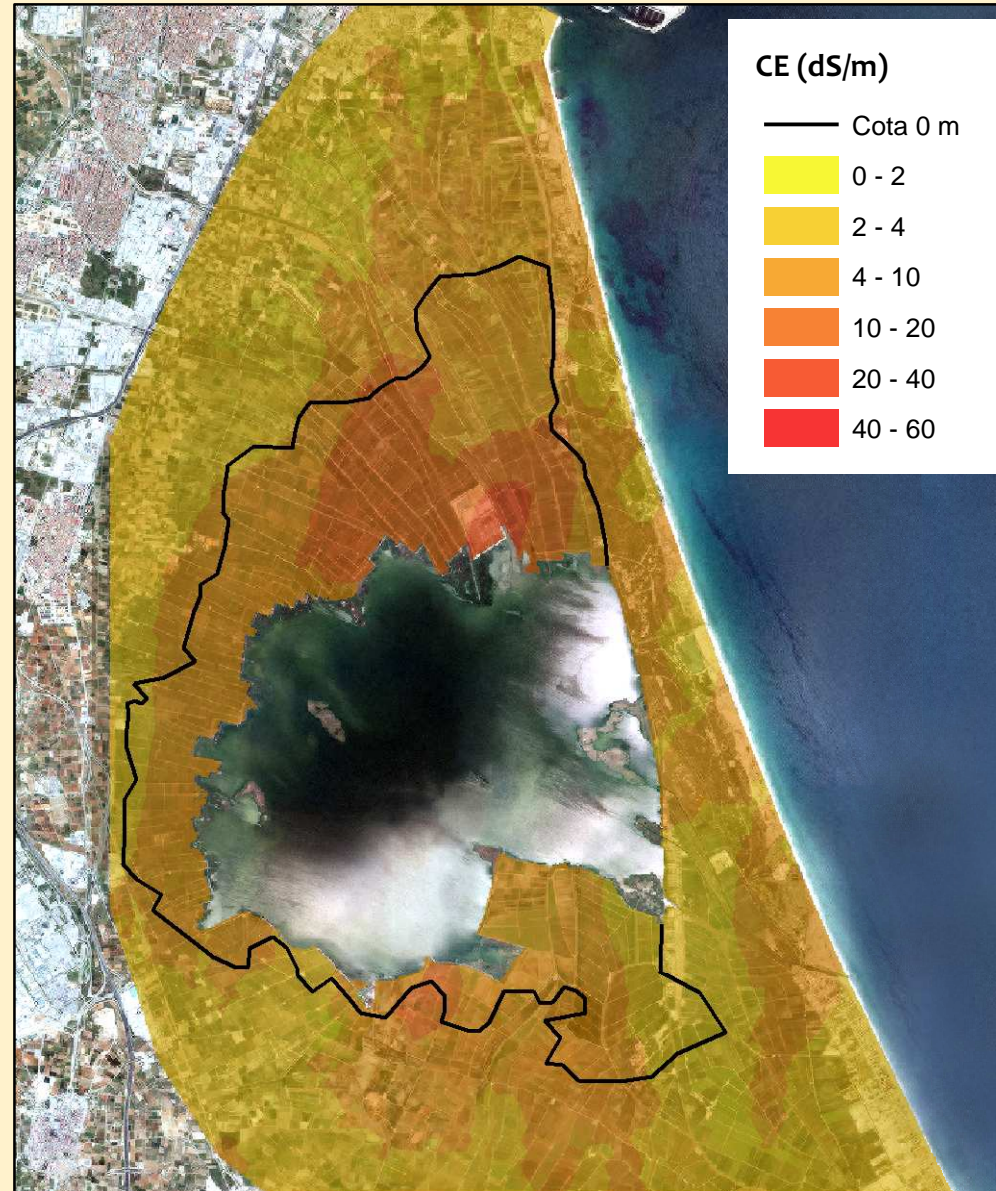
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)

Junio 2012

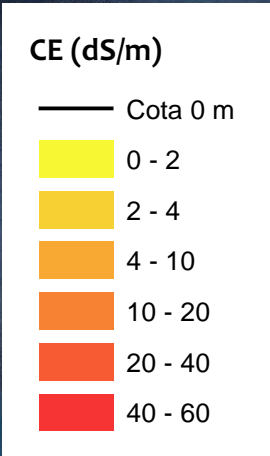
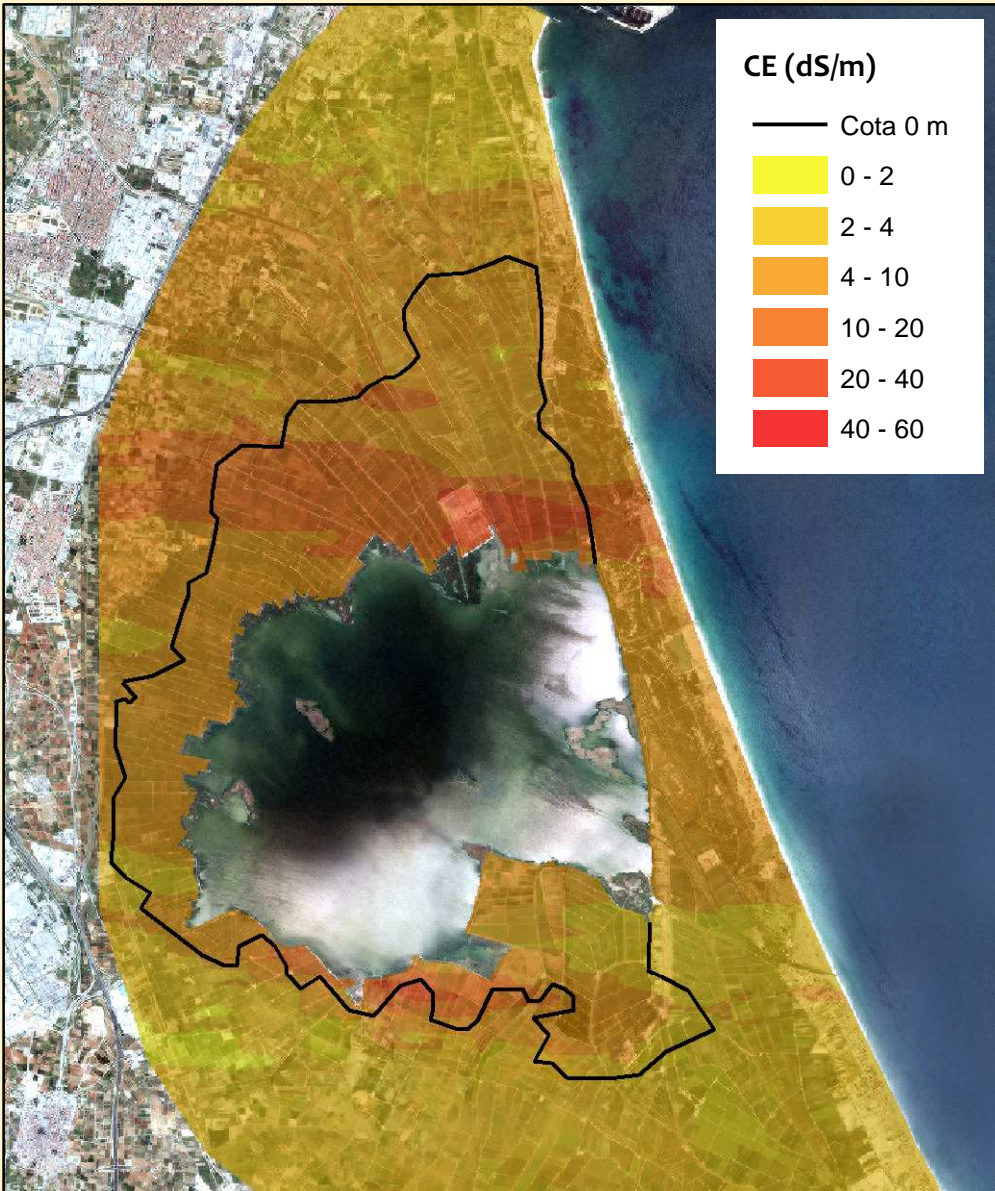
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)

Julio 2012

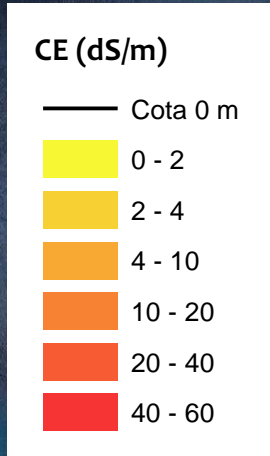
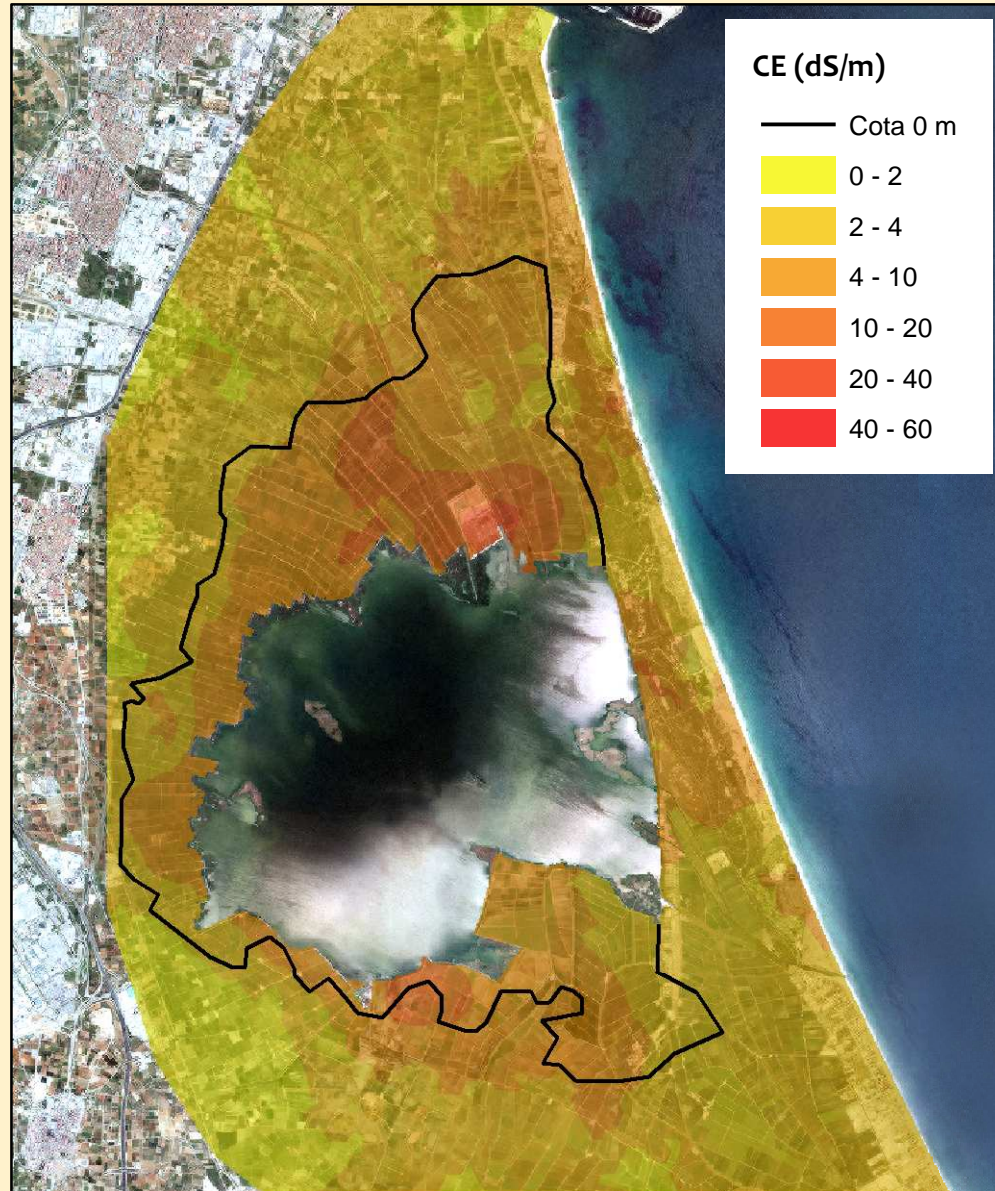
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)

Agosto 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



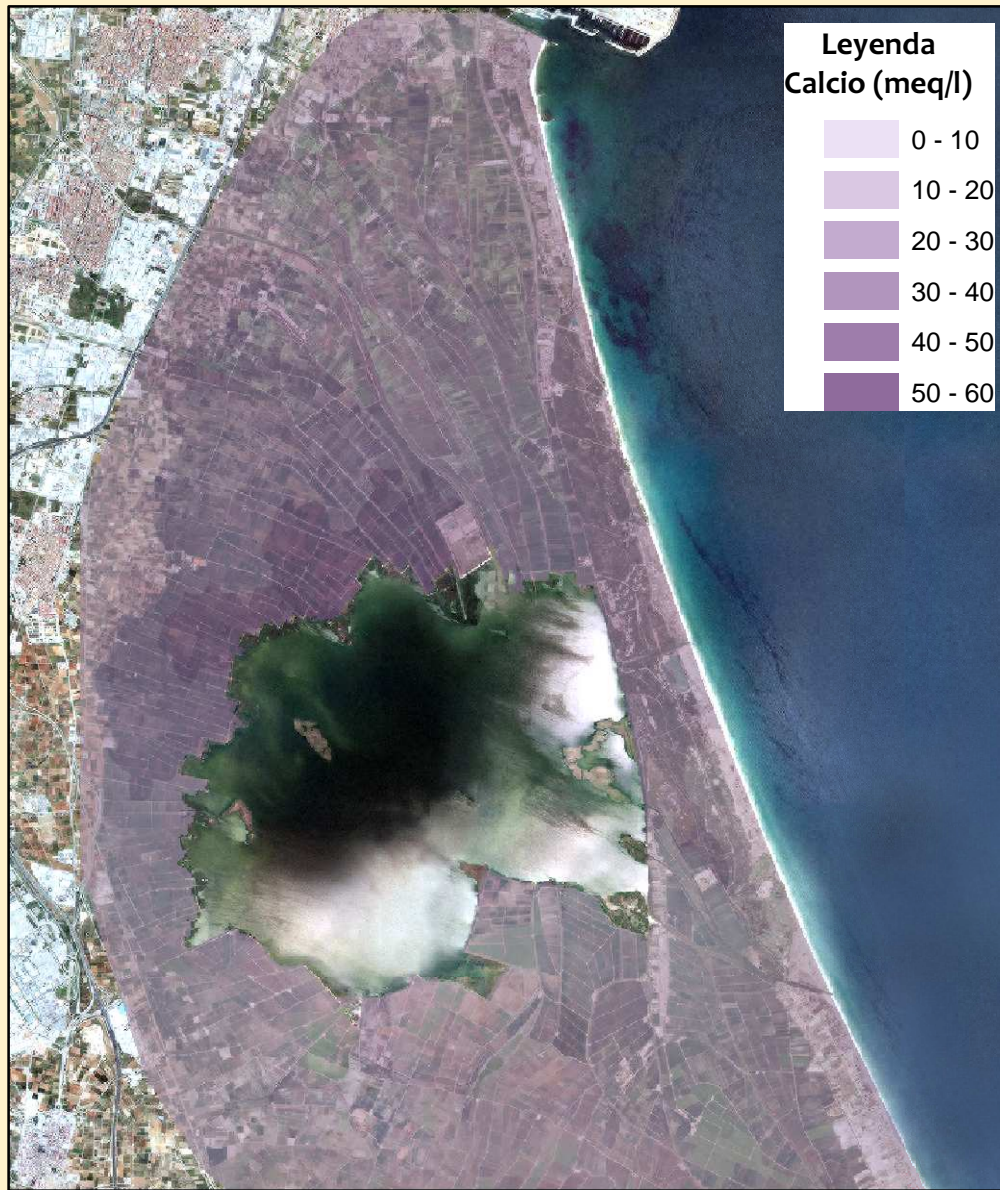
Mapa de la Salinidad en Capa freática (C.E.)

Septiembre 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000

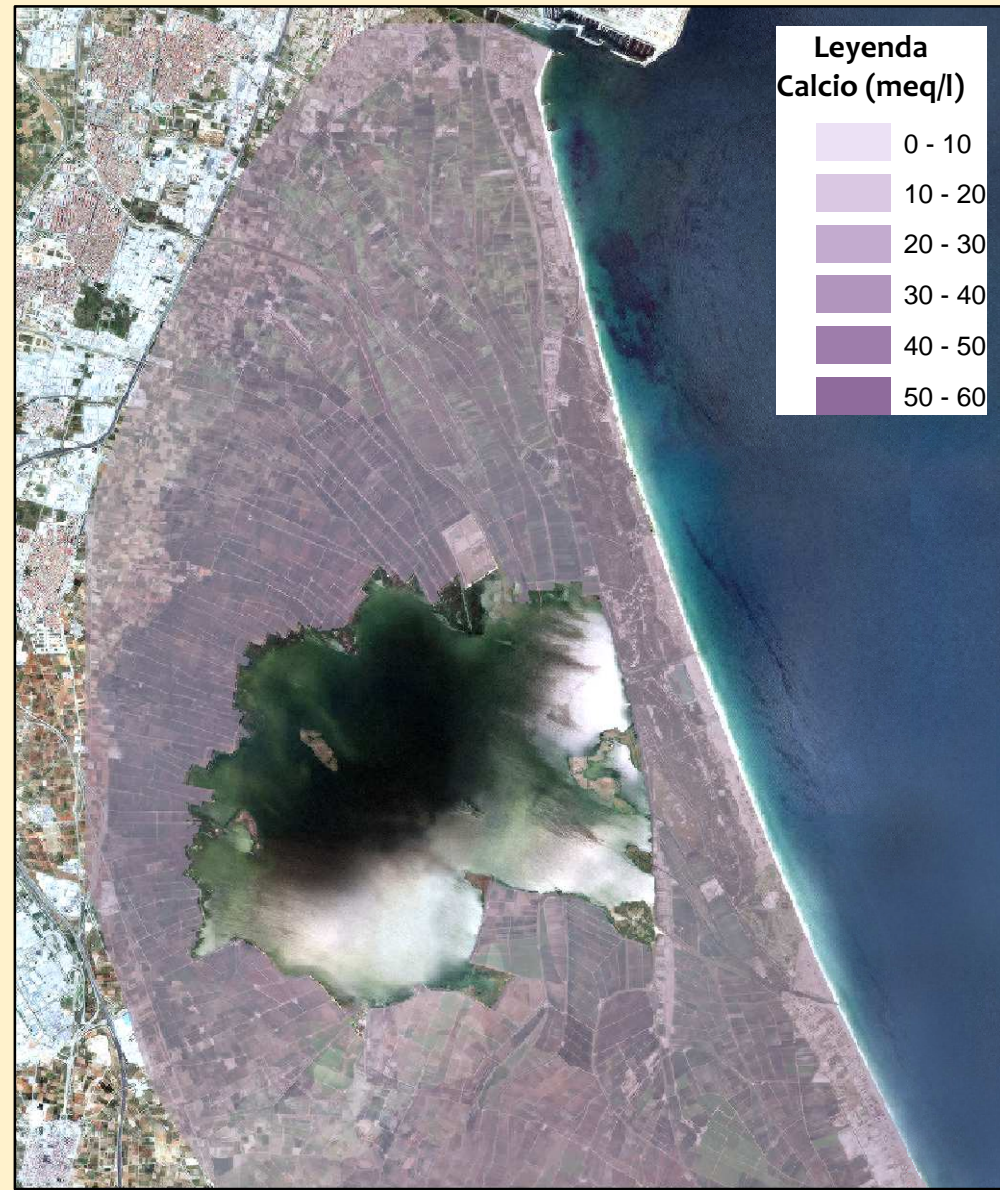
Anejo VII

Mapas de cationes y aniones principales



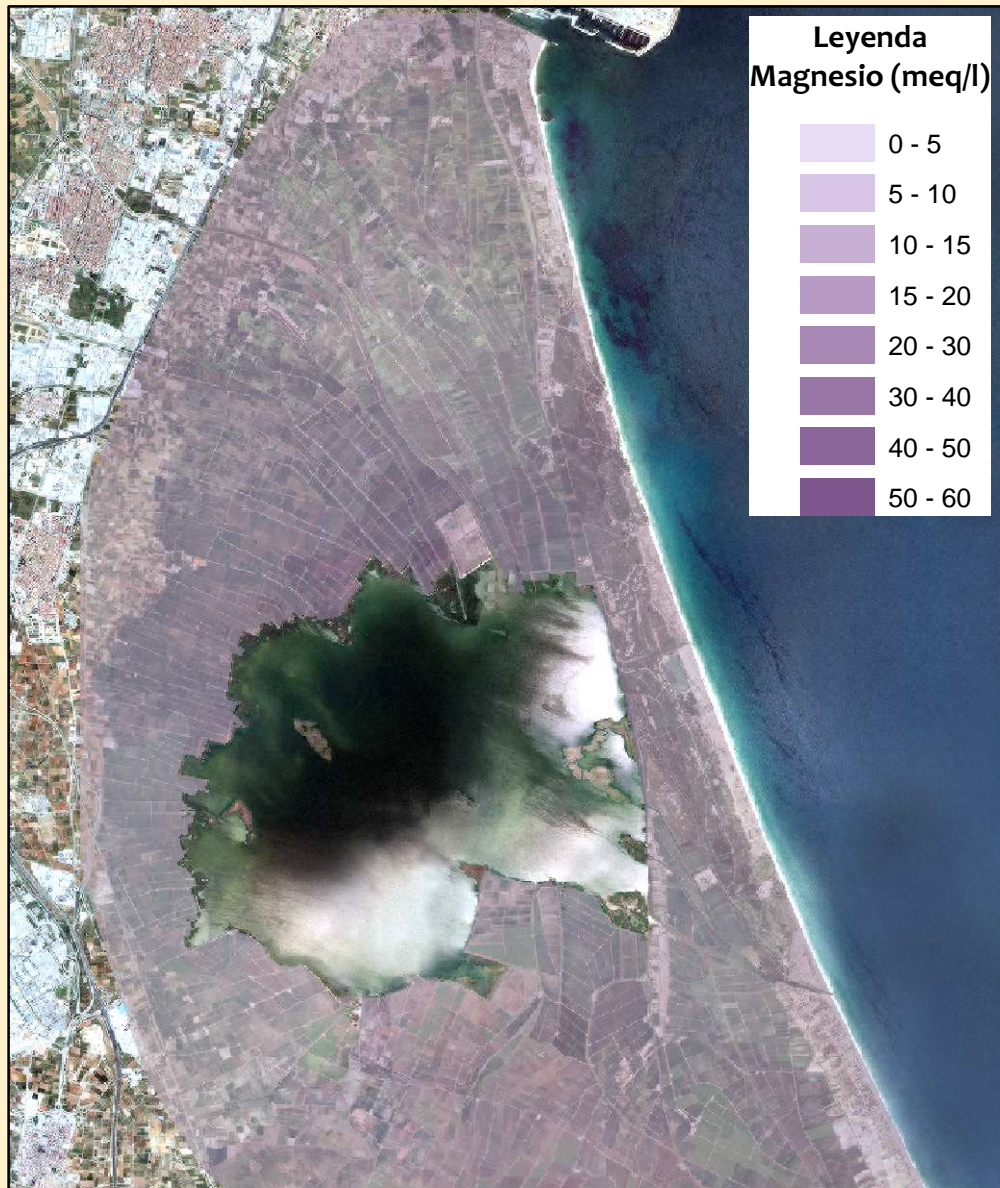
**Contenido Calcio
(Periodo: Cultivo)**
Capa freática - Junio 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



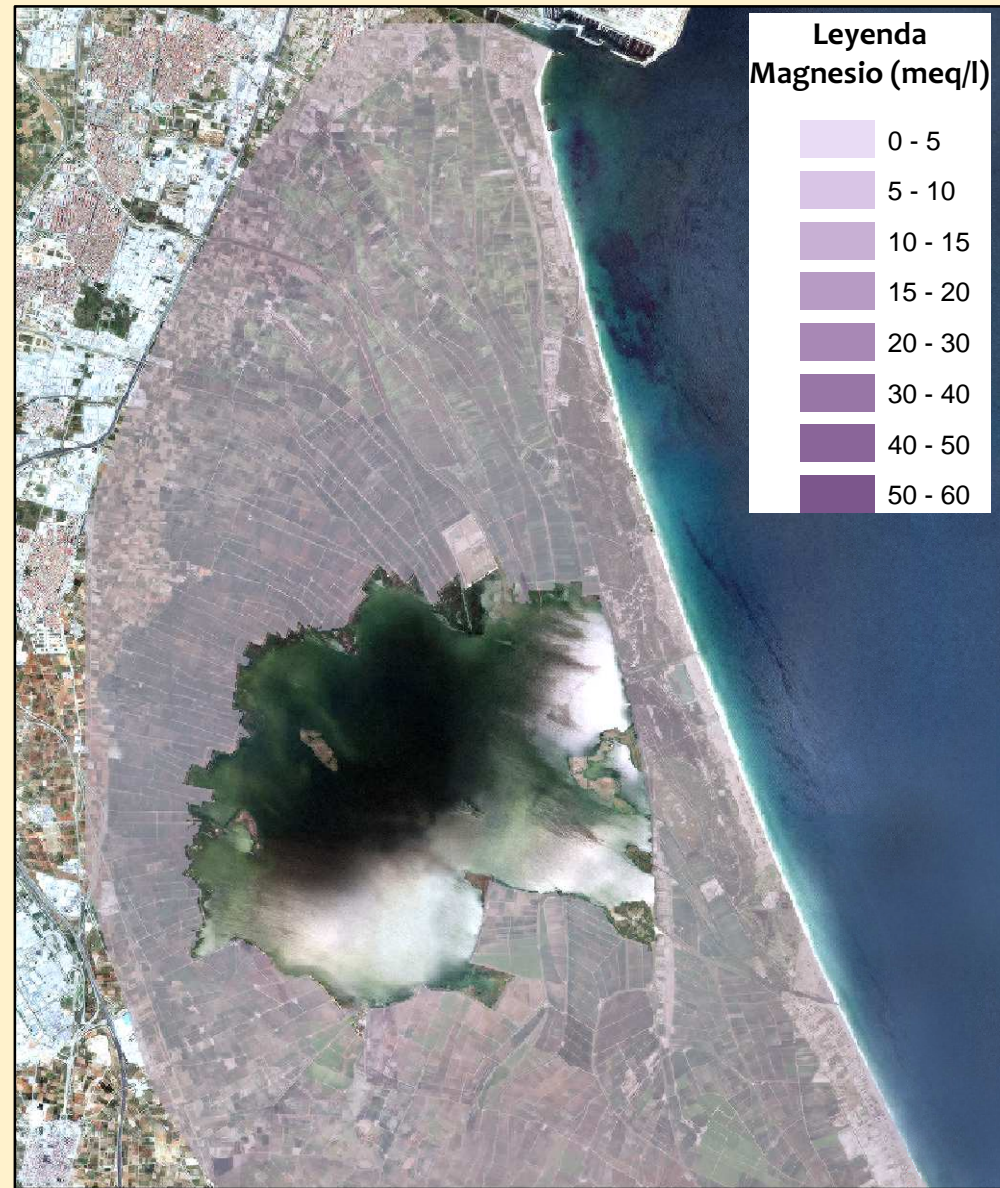
**Contenido Calcio
(Periodo: Cultivo)**
Lámina libre - Junio 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



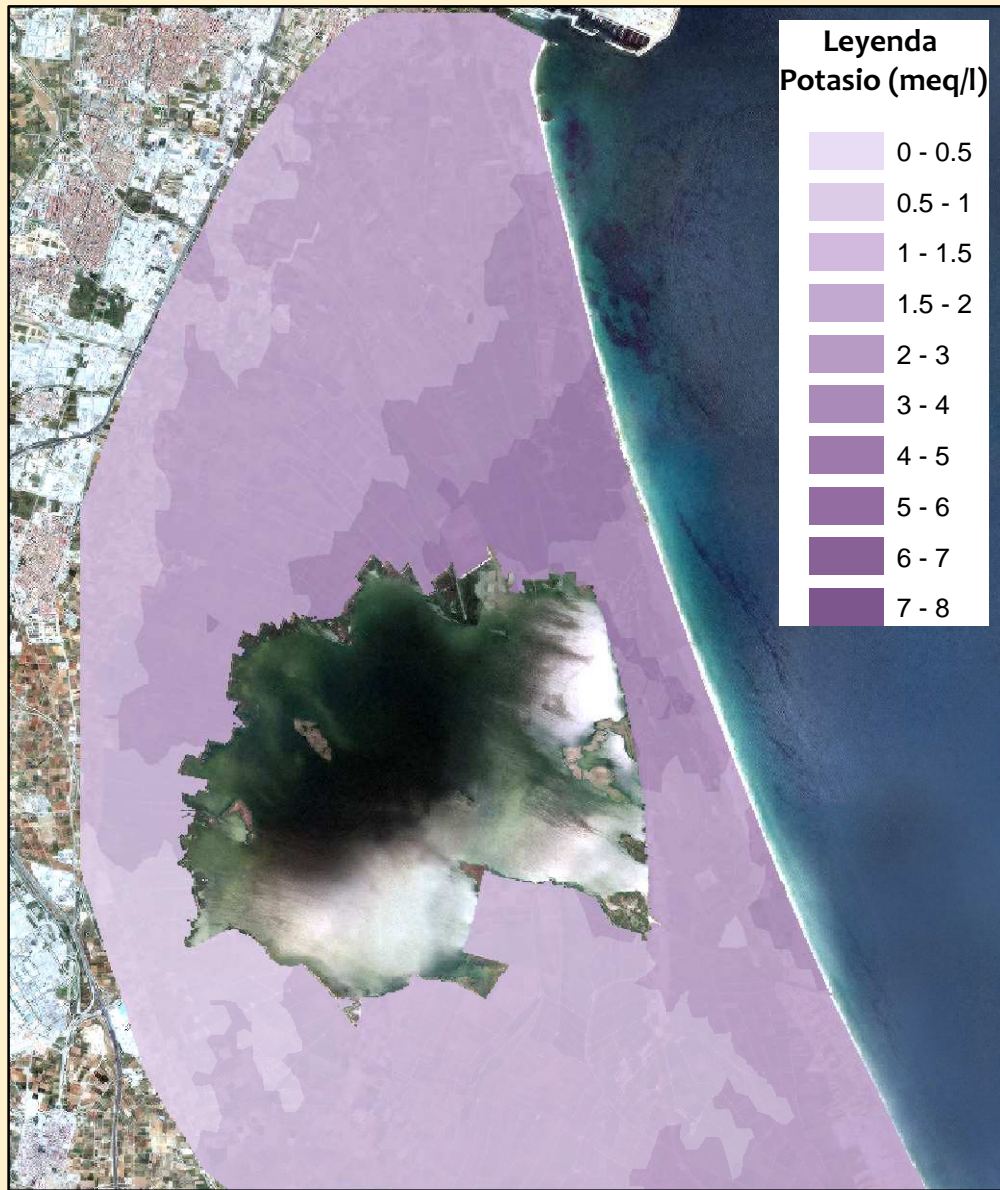
**Contenido Magnesio
(Periodo: Cultivo)**
Capa freática - Junio 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



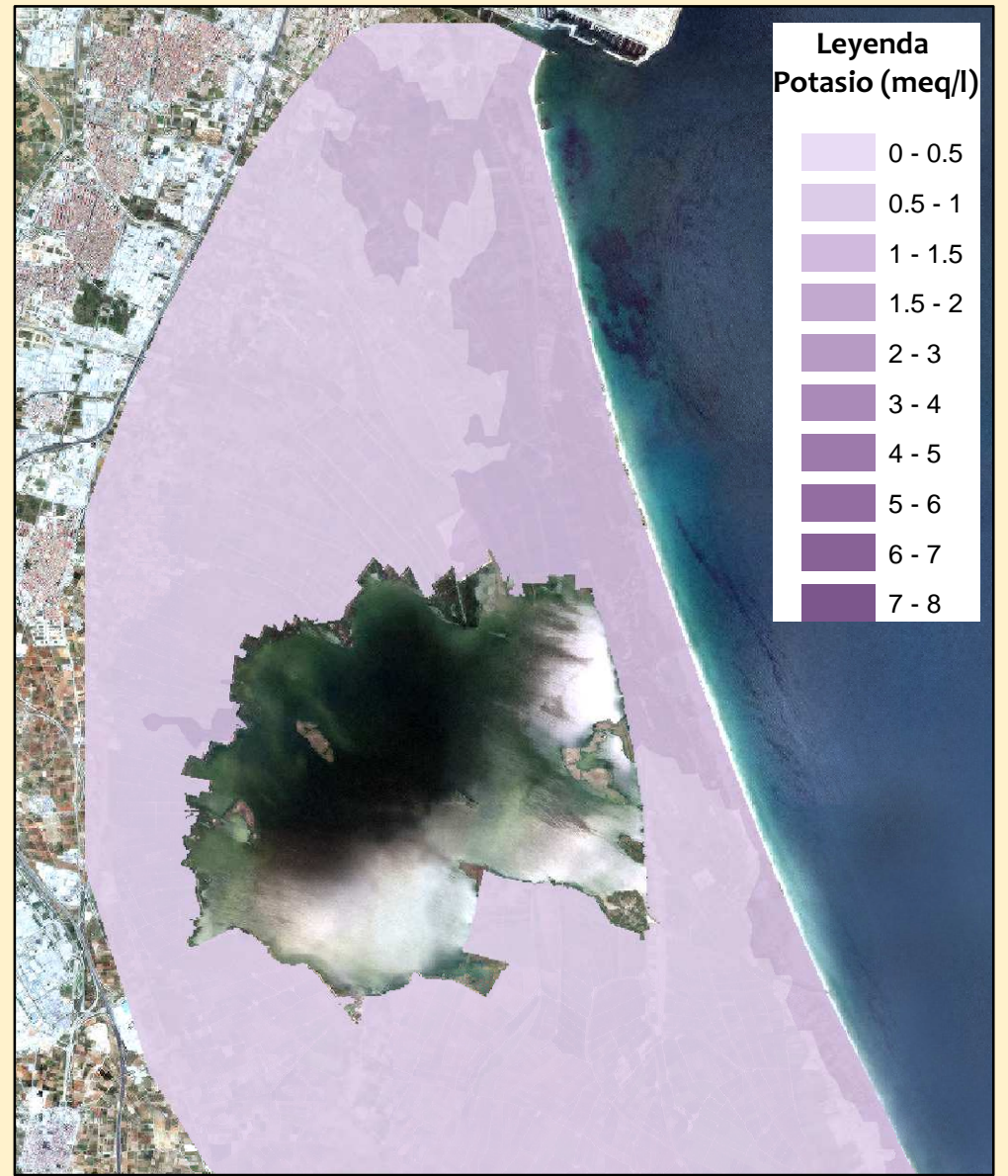
**Contenido Magnesio
(Periodo: Cultivo)**
Lámina libre - Junio 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



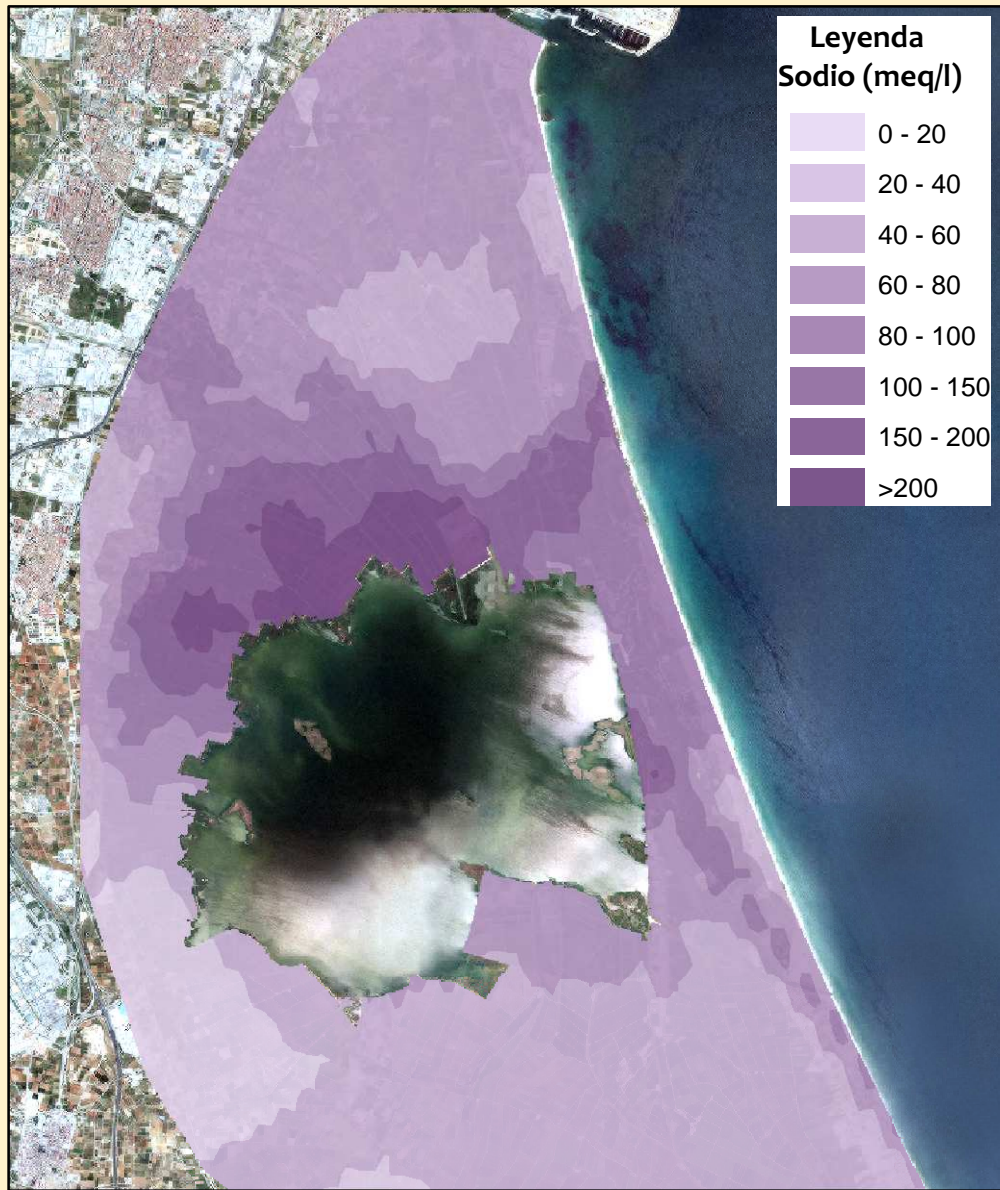
**Contenido Potasio
(Periodo: Cultivo)**
Capa freática - Junio 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



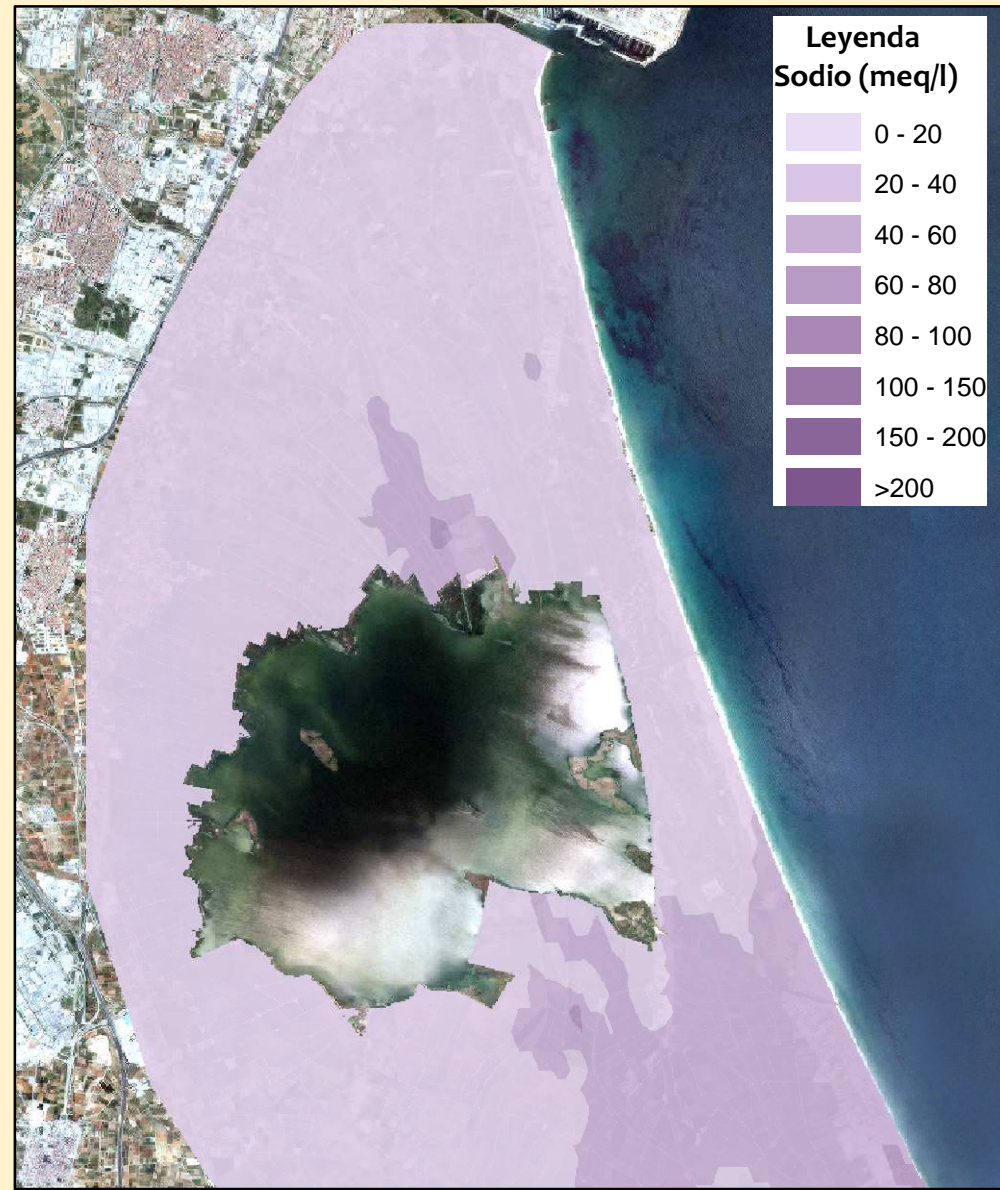
**Contenido Potasio
(Periodo: Cultivo)**
Lámina libre - Junio 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



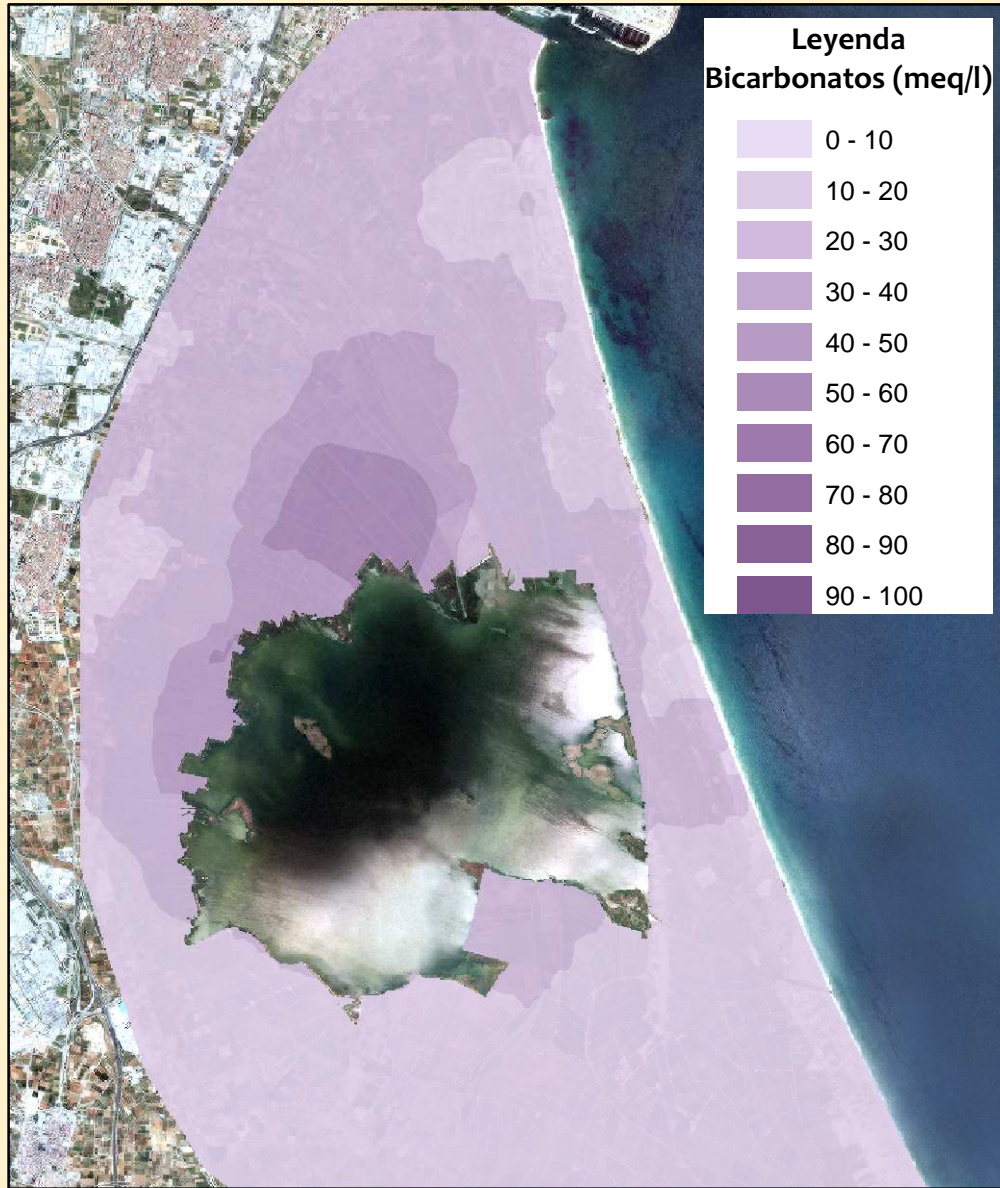
**Contenido Sodio
(Periodo: Cultivo)**
Capa freática - Junio 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



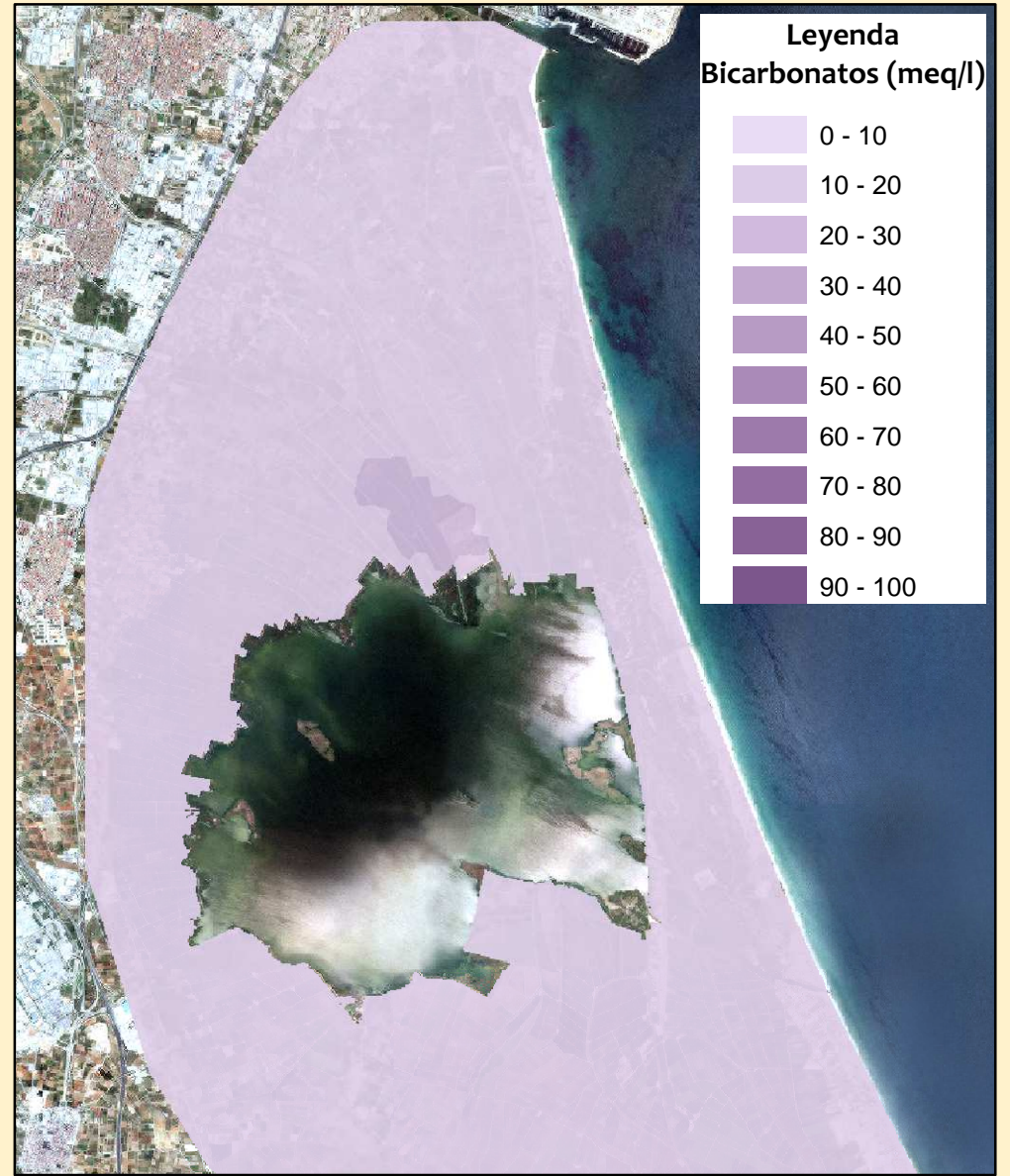
**Contenido Sodio
(Periodo: Cultivo)**
Lámina libre - Junio 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



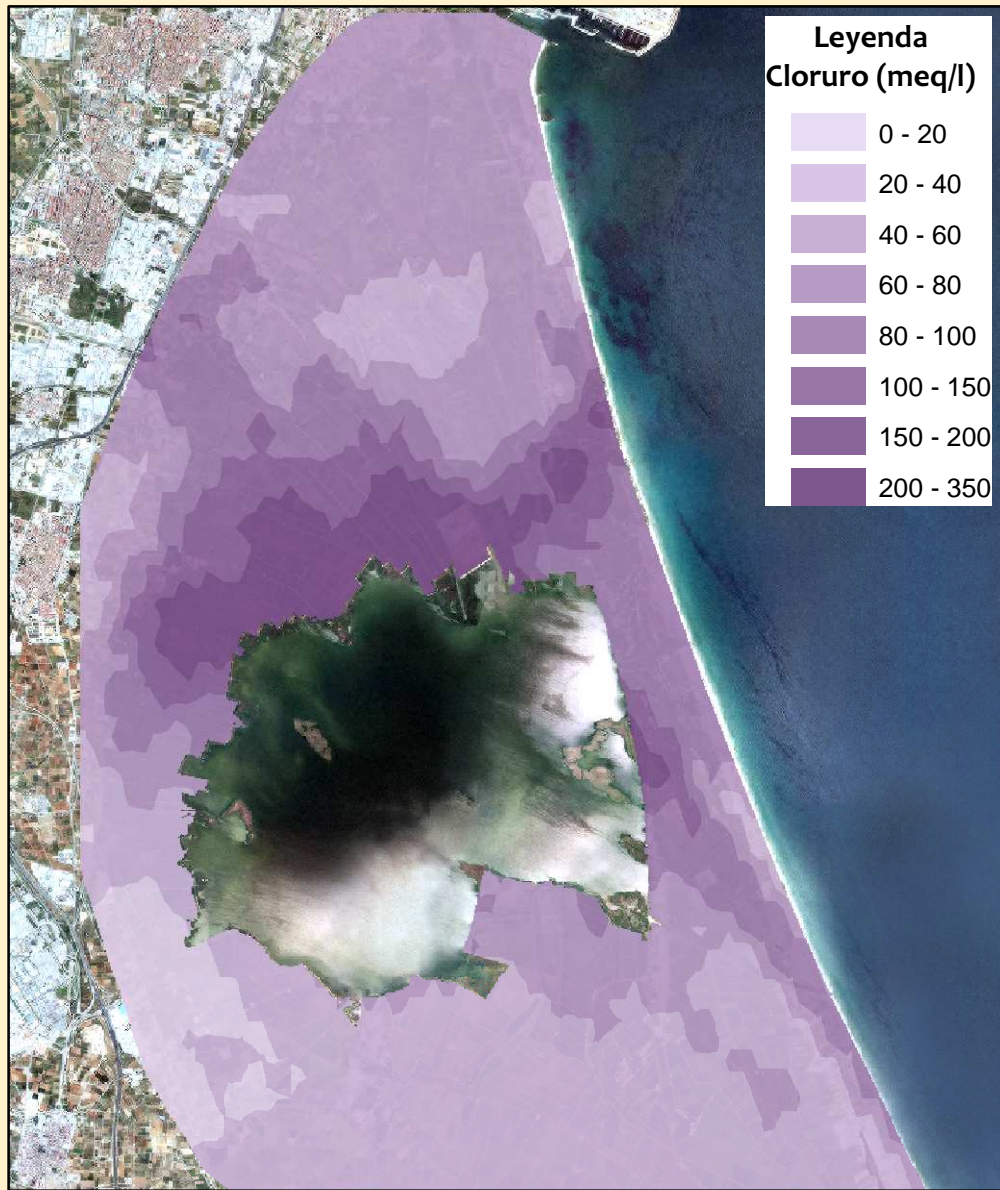
**Contenido Bicarbonato
(Periodo: Cultivo)**
Capa freática - Junio 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



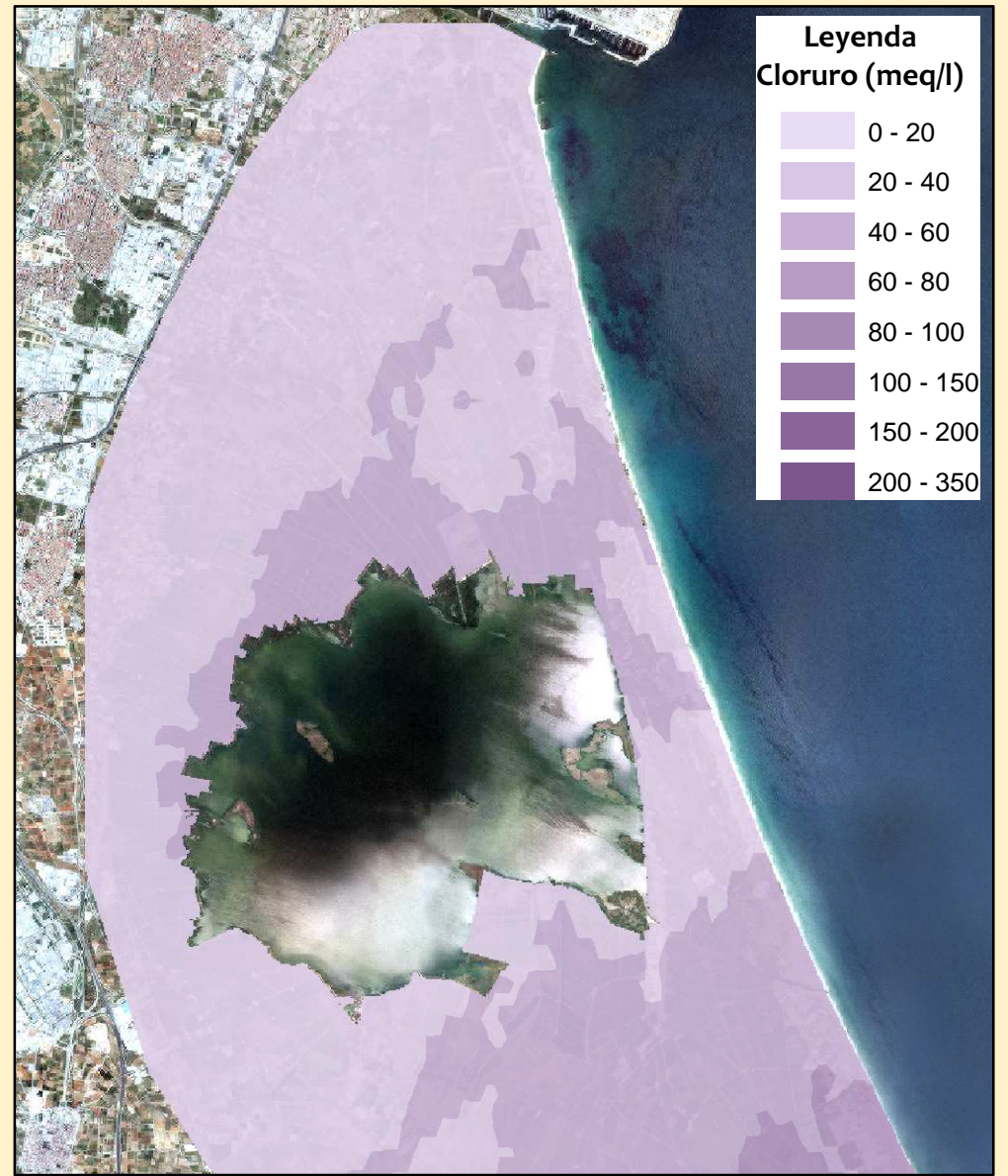
**Contenido Bicarbonato
(Periodo: Cultivo)**
Lámina libre - Junio 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



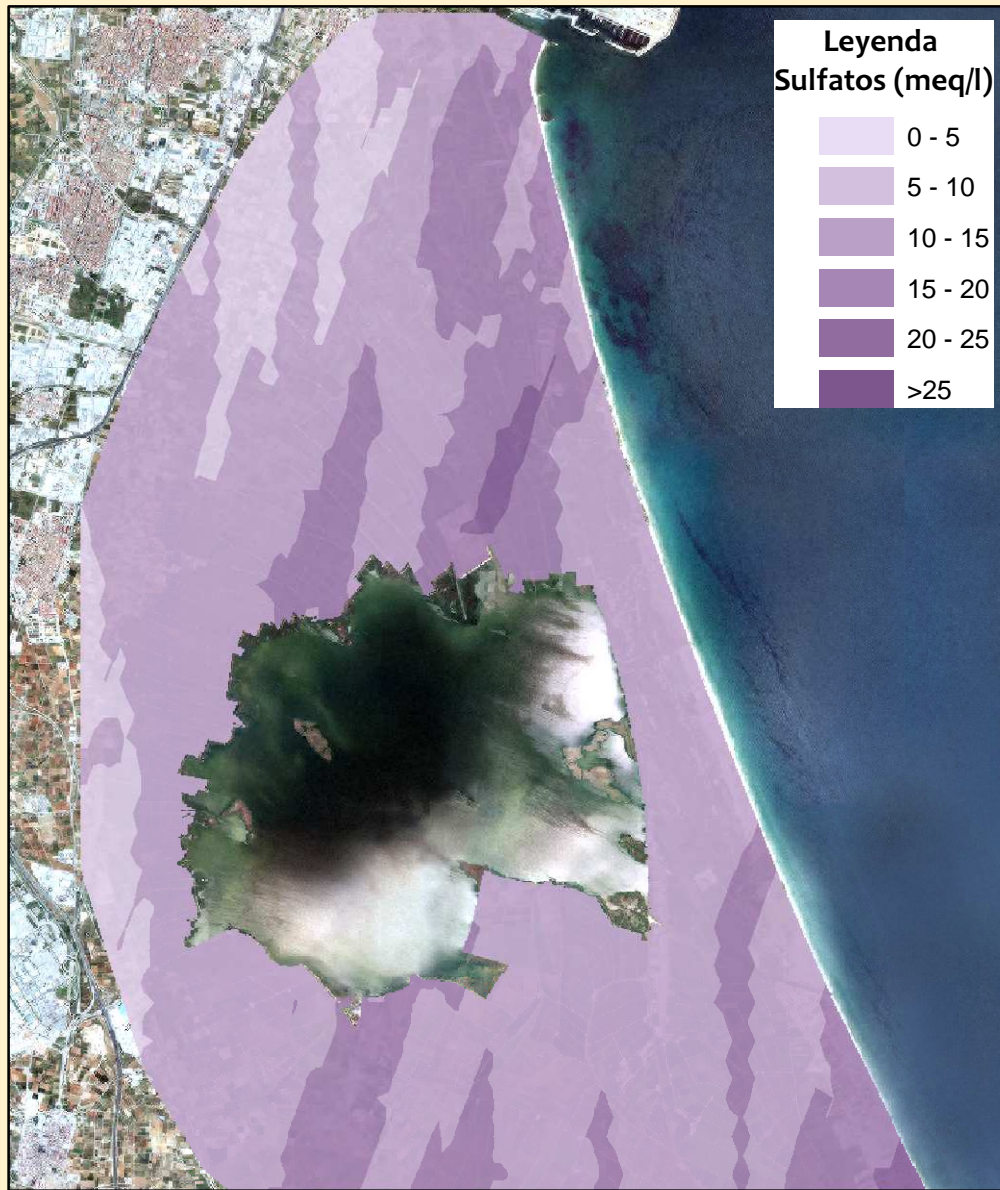
**Contenido Cloruro
(Periodo: Cultivo)**
Capa freática - Junio 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



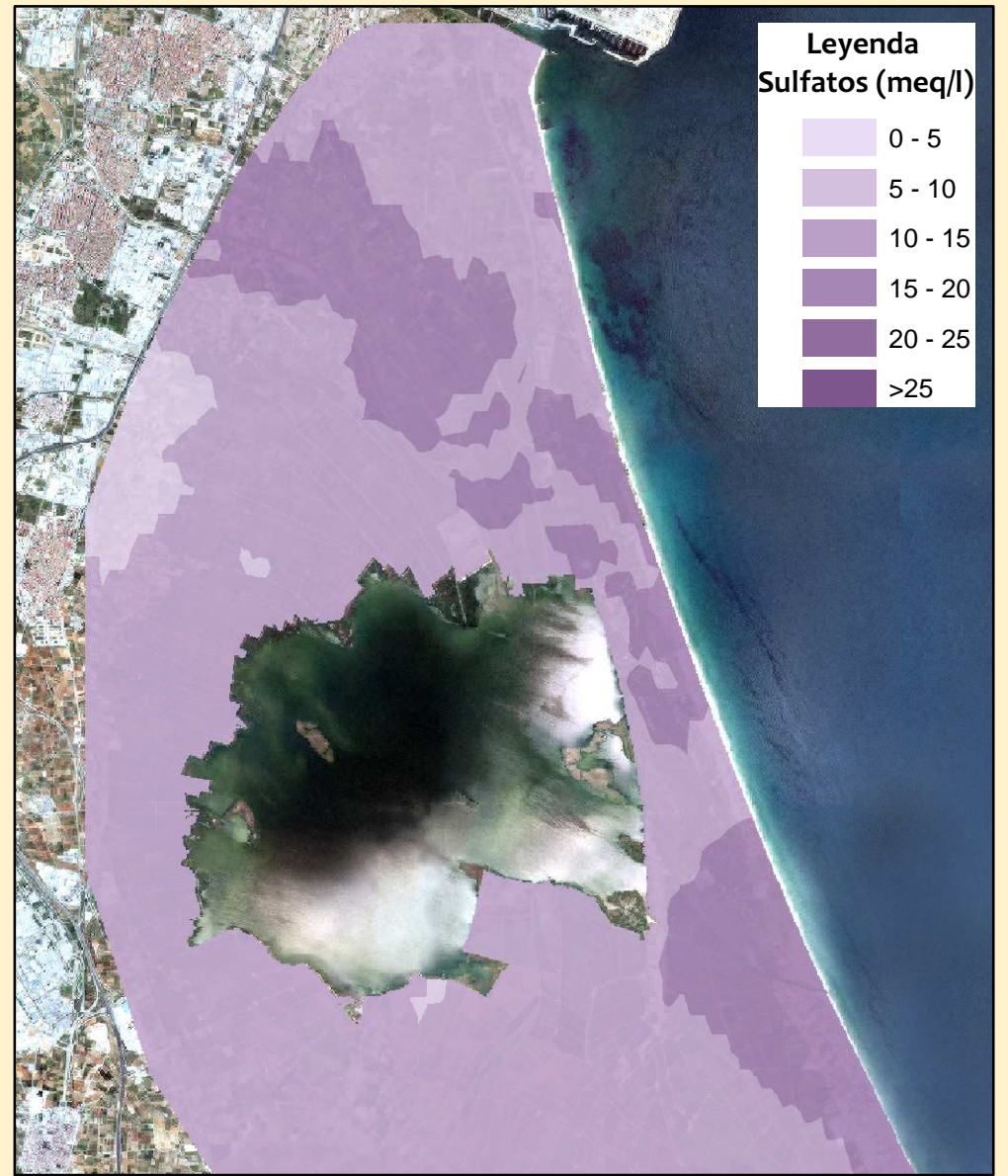
**Contenido Cloruro
(Periodo: Cultivo)**
Lámina libre - Junio 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Leyenda
Sulfatos (meq/l)

0 - 5
5 - 10
10 - 15
15 - 20
20 - 25
>25



Leyenda
Sulfatos (meq/l)

0 - 5
5 - 10
10 - 15
15 - 20
20 - 25
>25



**Contenido Sulfato
(Periodo: Cultivo)**
Capa freática - Junio 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000

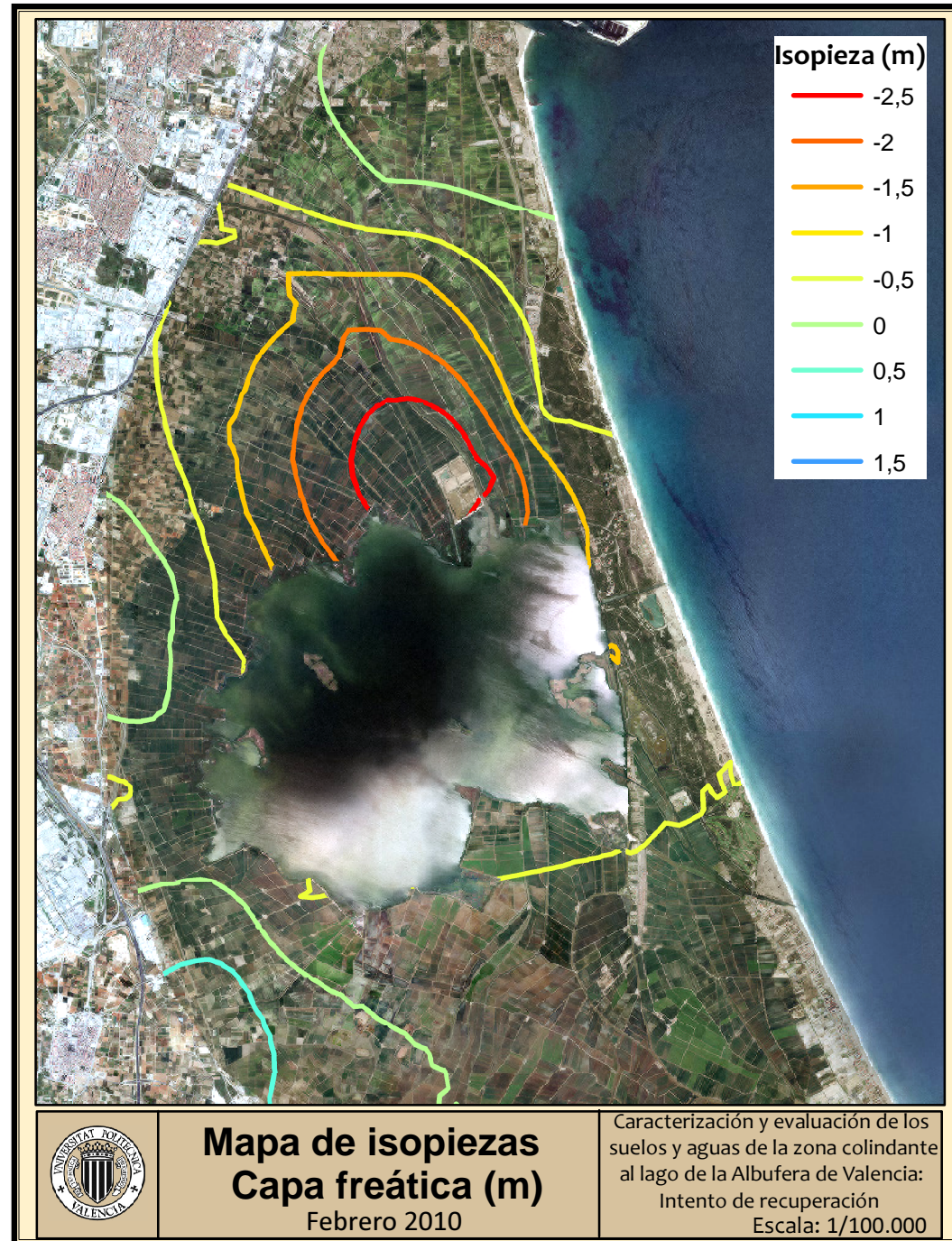
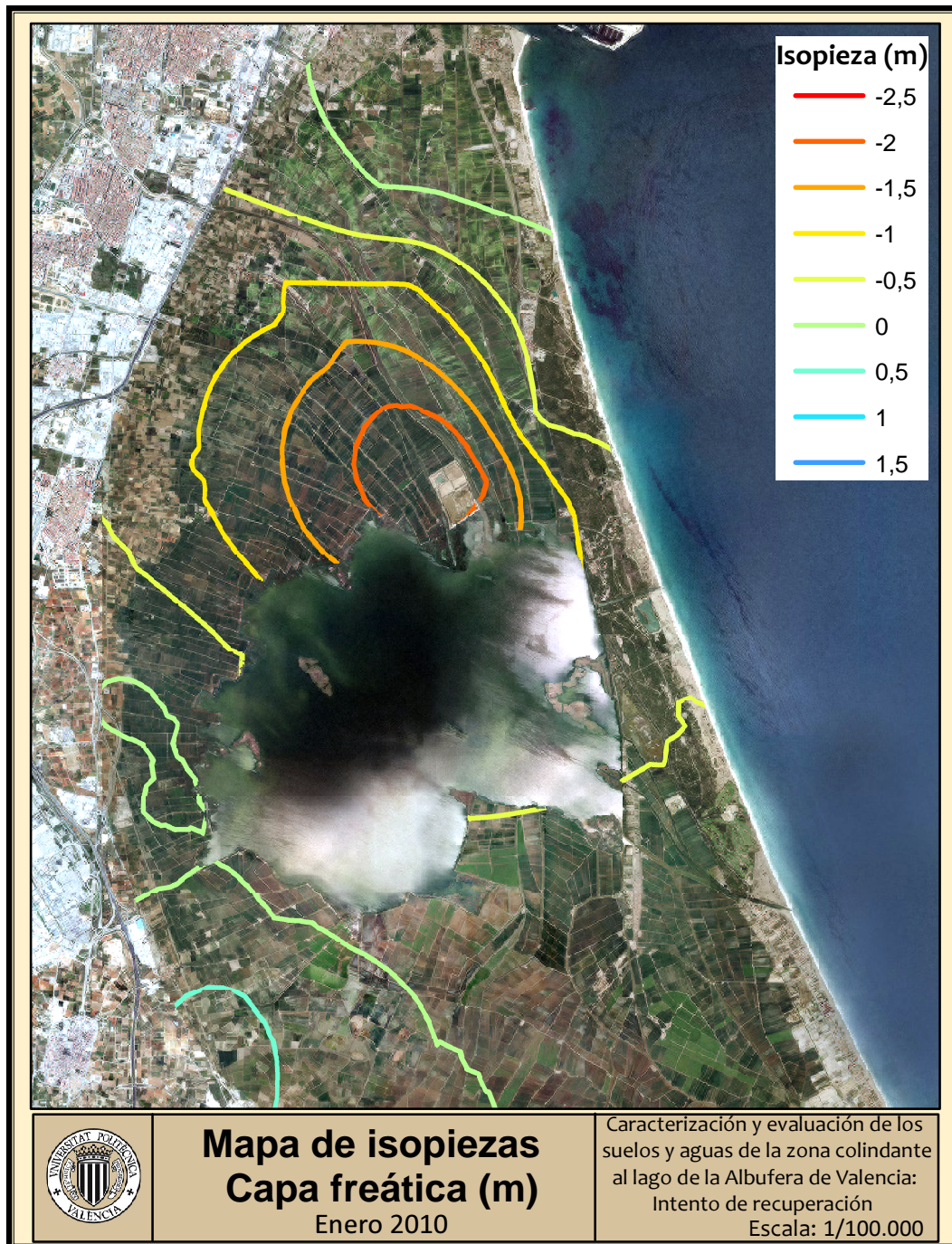


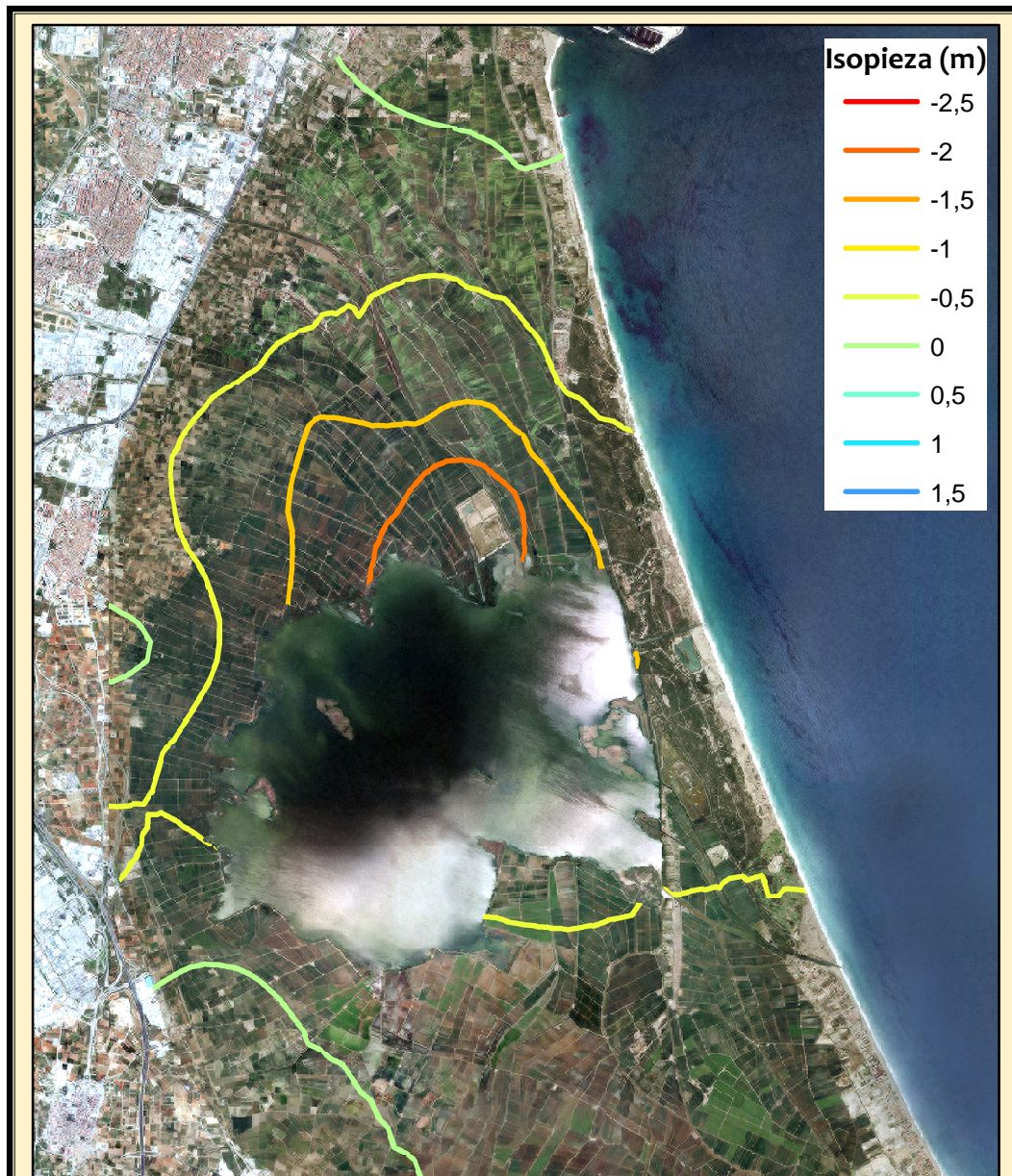
**Contenido Sulfato
(Periodo: Cultivo)**
Lámina libre - Junio 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000

Anejo VIII

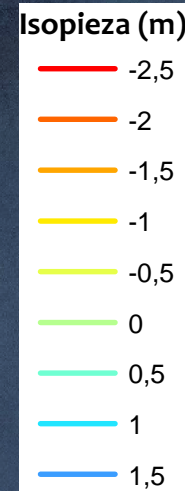
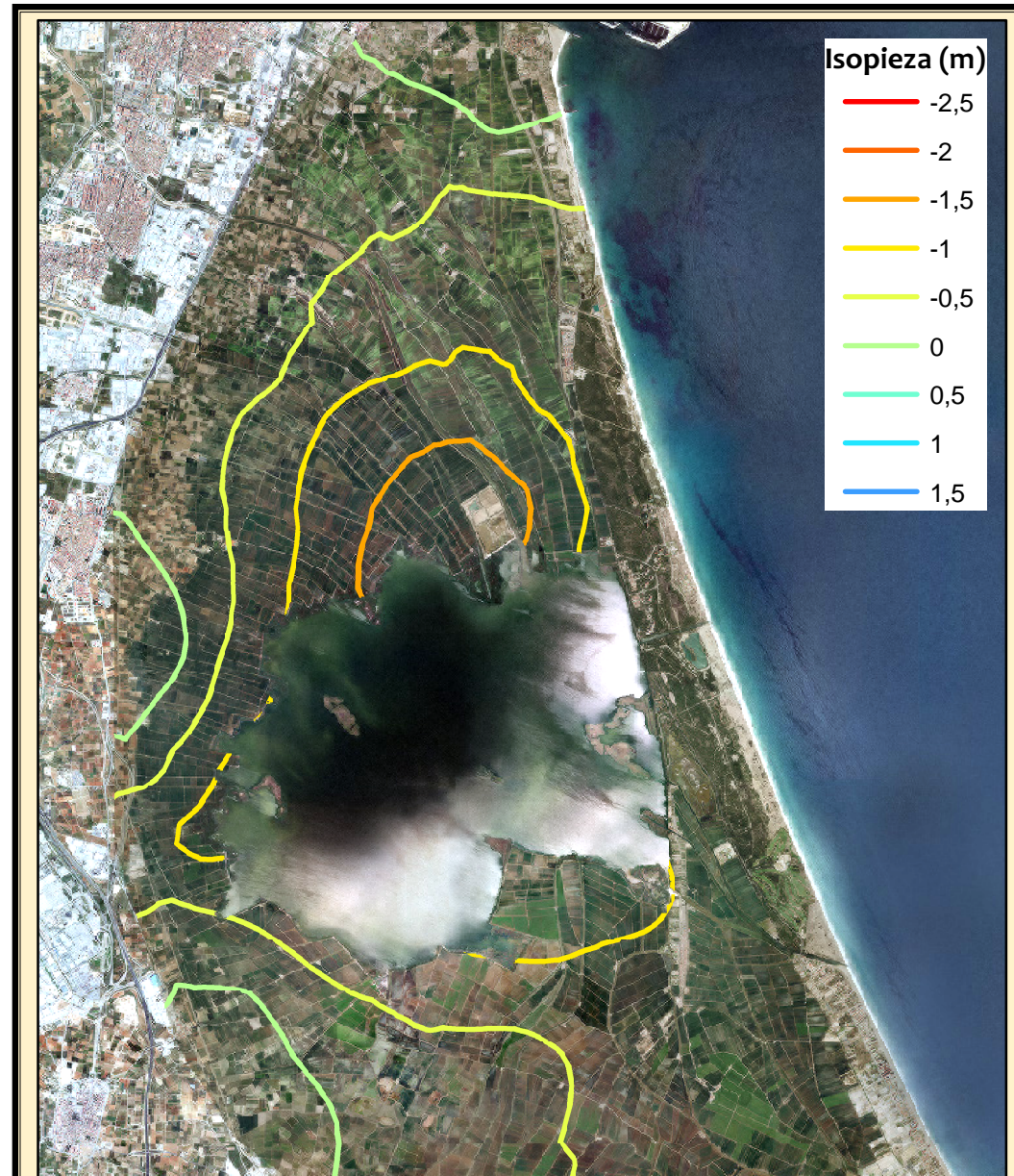
Evolución espacio-temporal del nivel piezométrico





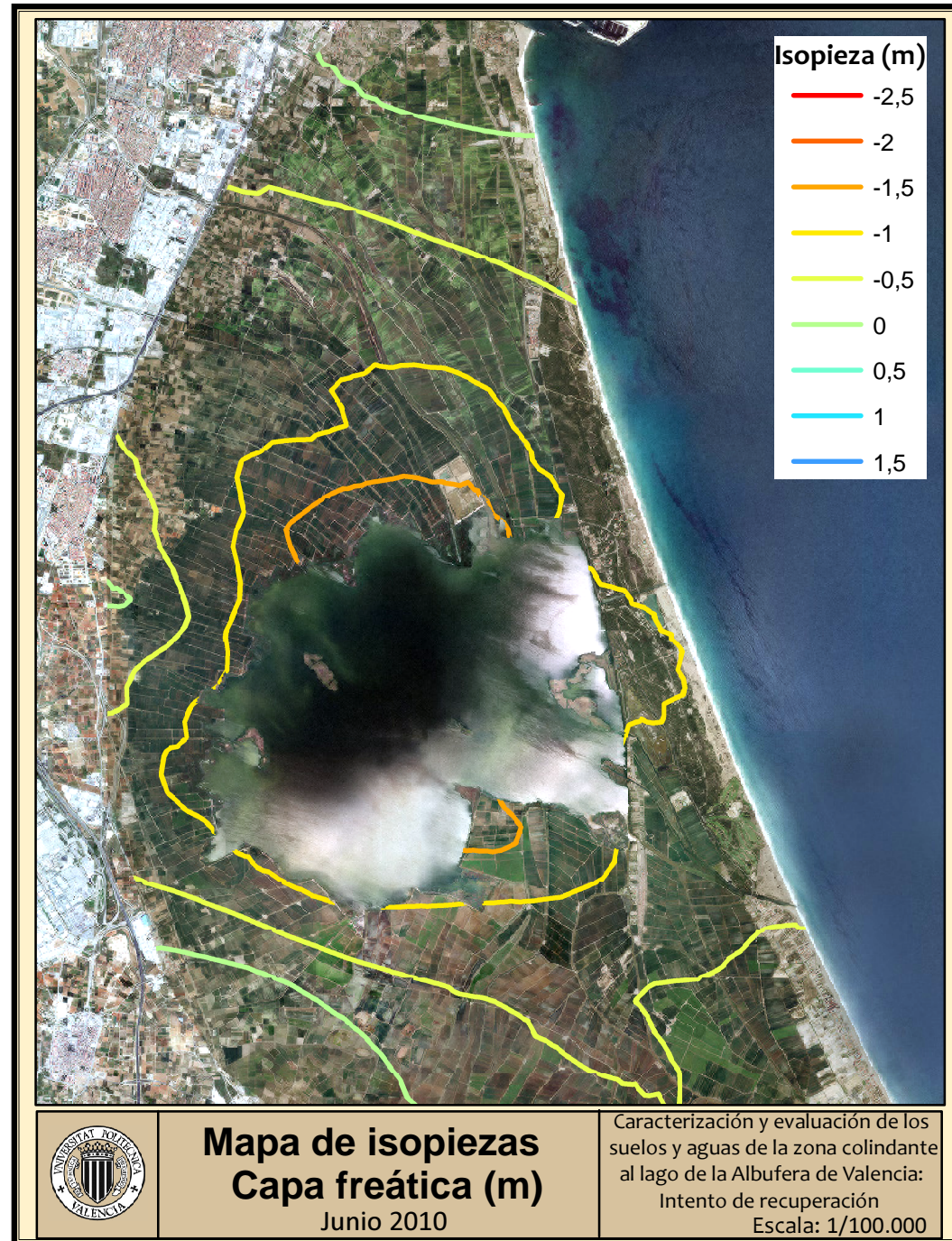
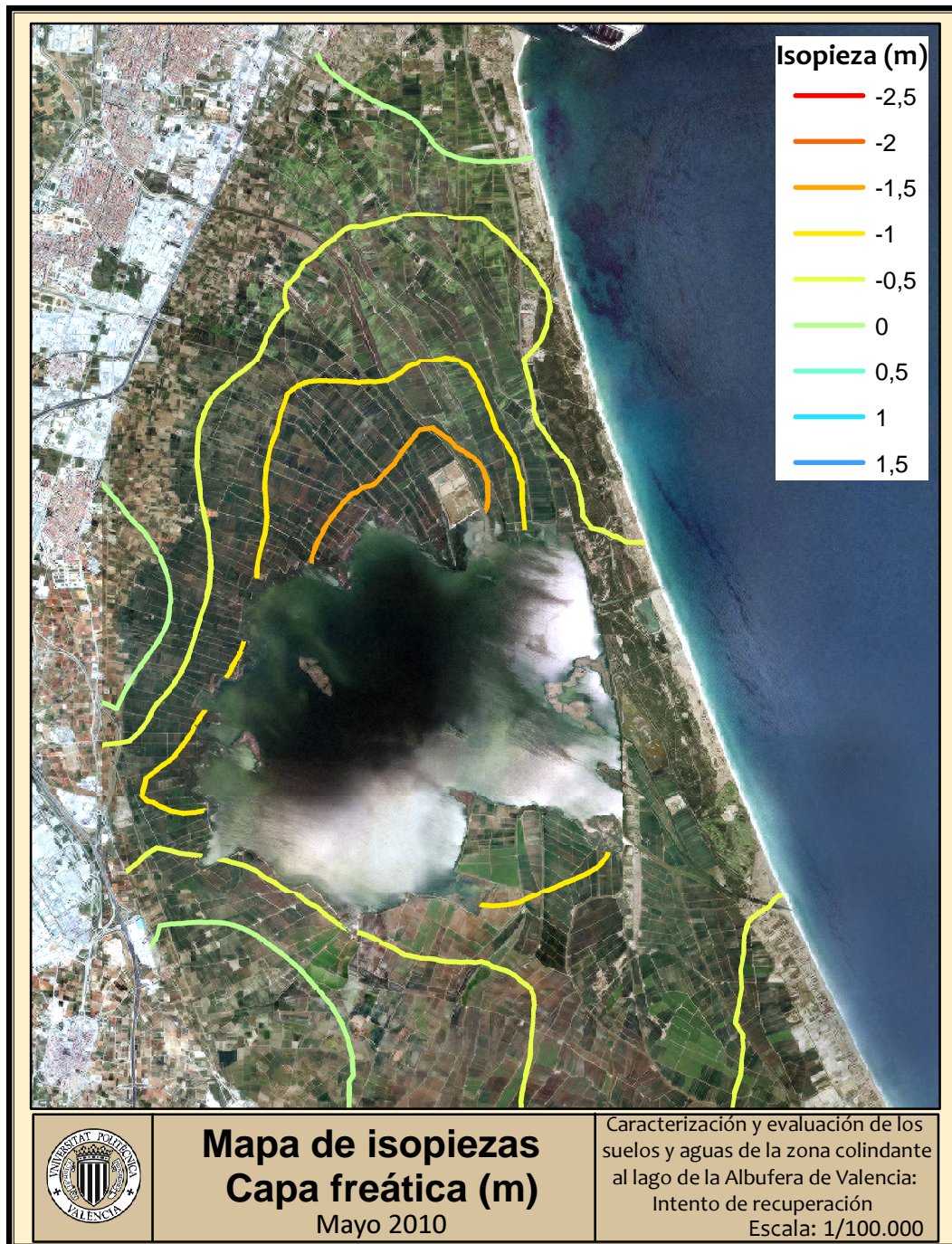
**Mapa de isopiezas
Capa freática (m)**
Marzo 2010

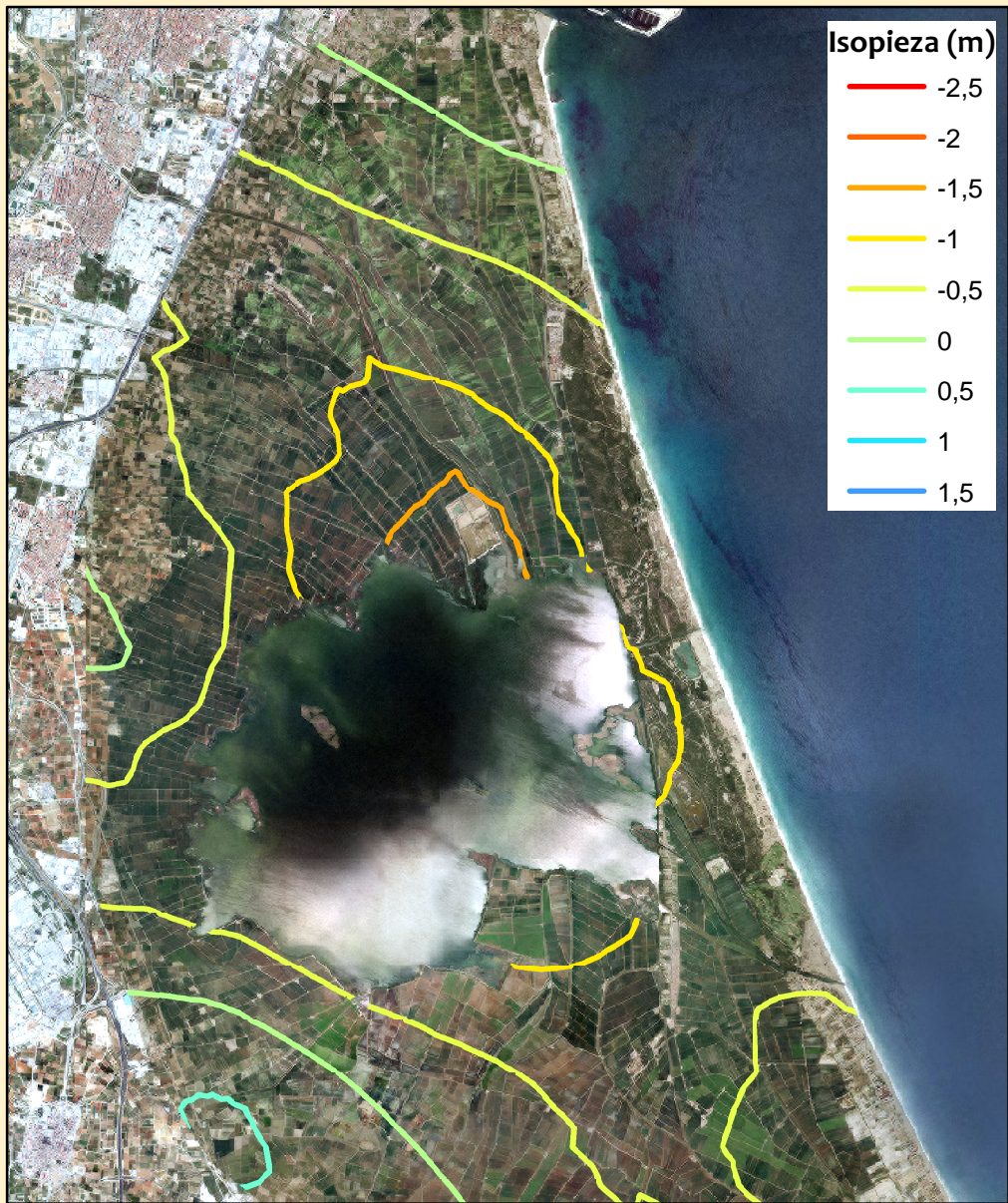
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



**Mapa de isopiezas
Capa freática (m)**
Abril 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000

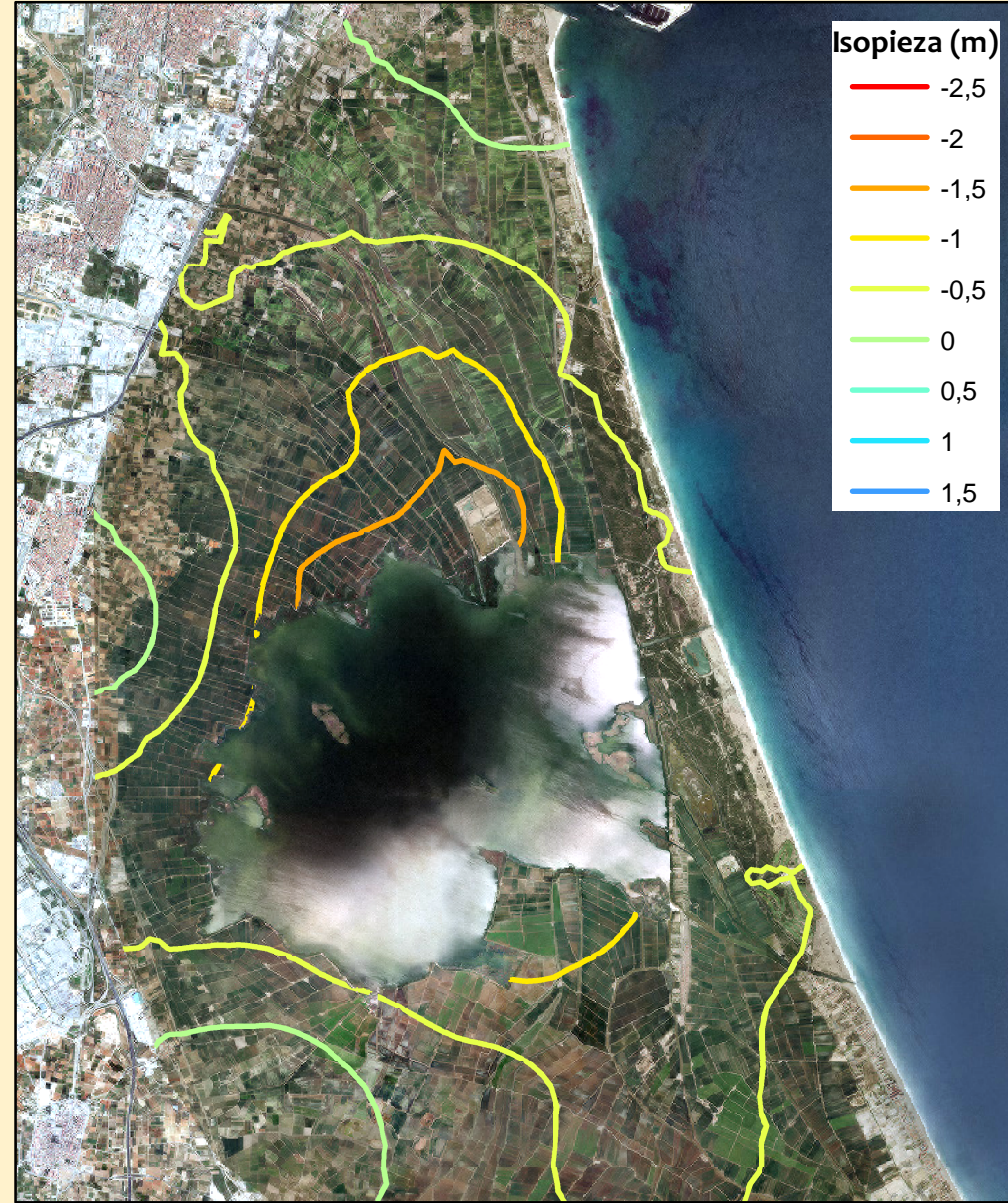




**Mapa de isopiezias
Capa freática (m)**

Julio 2010

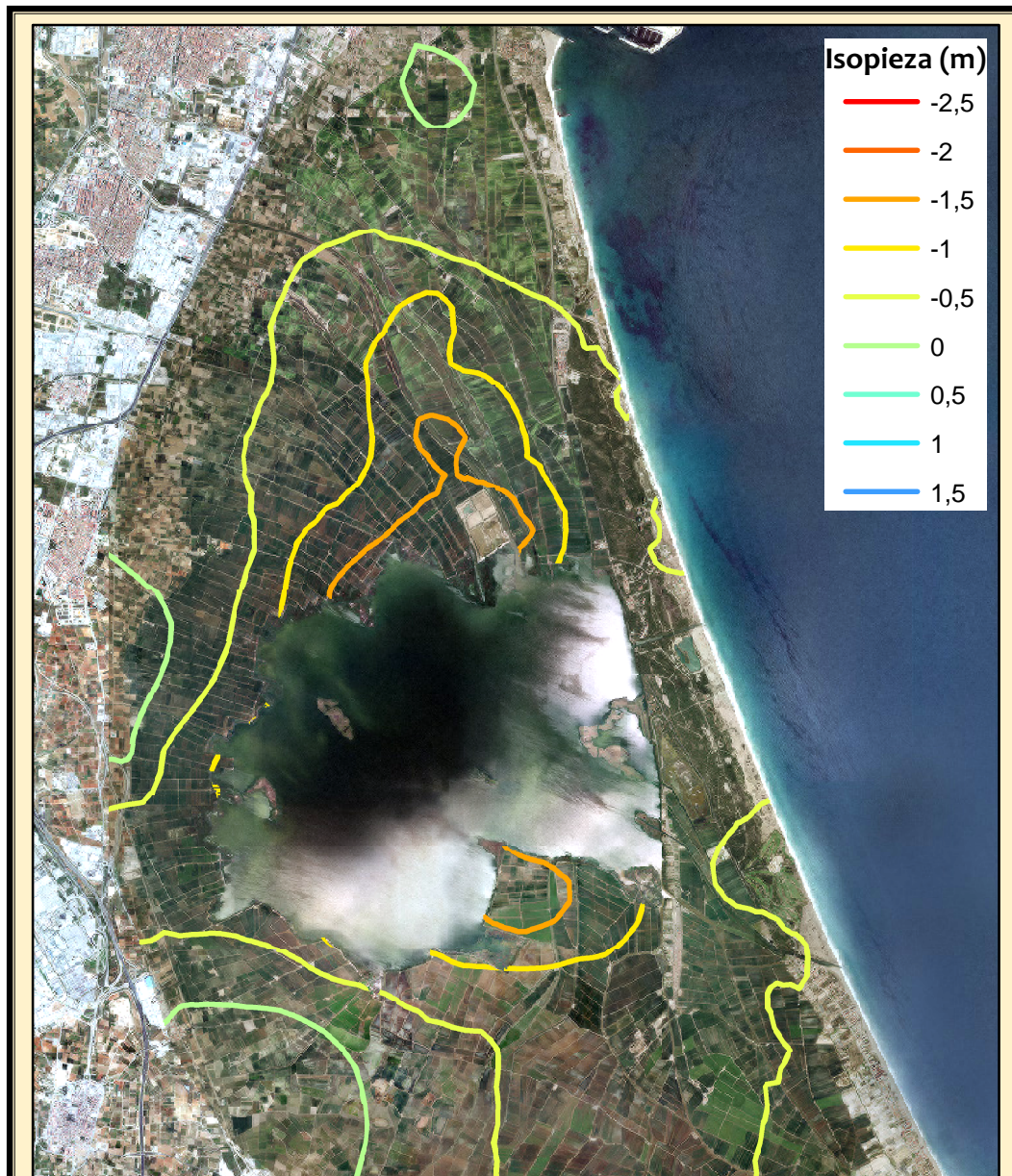
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



**Mapa de isopiezias
Capa freática (m)**

Agosto 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



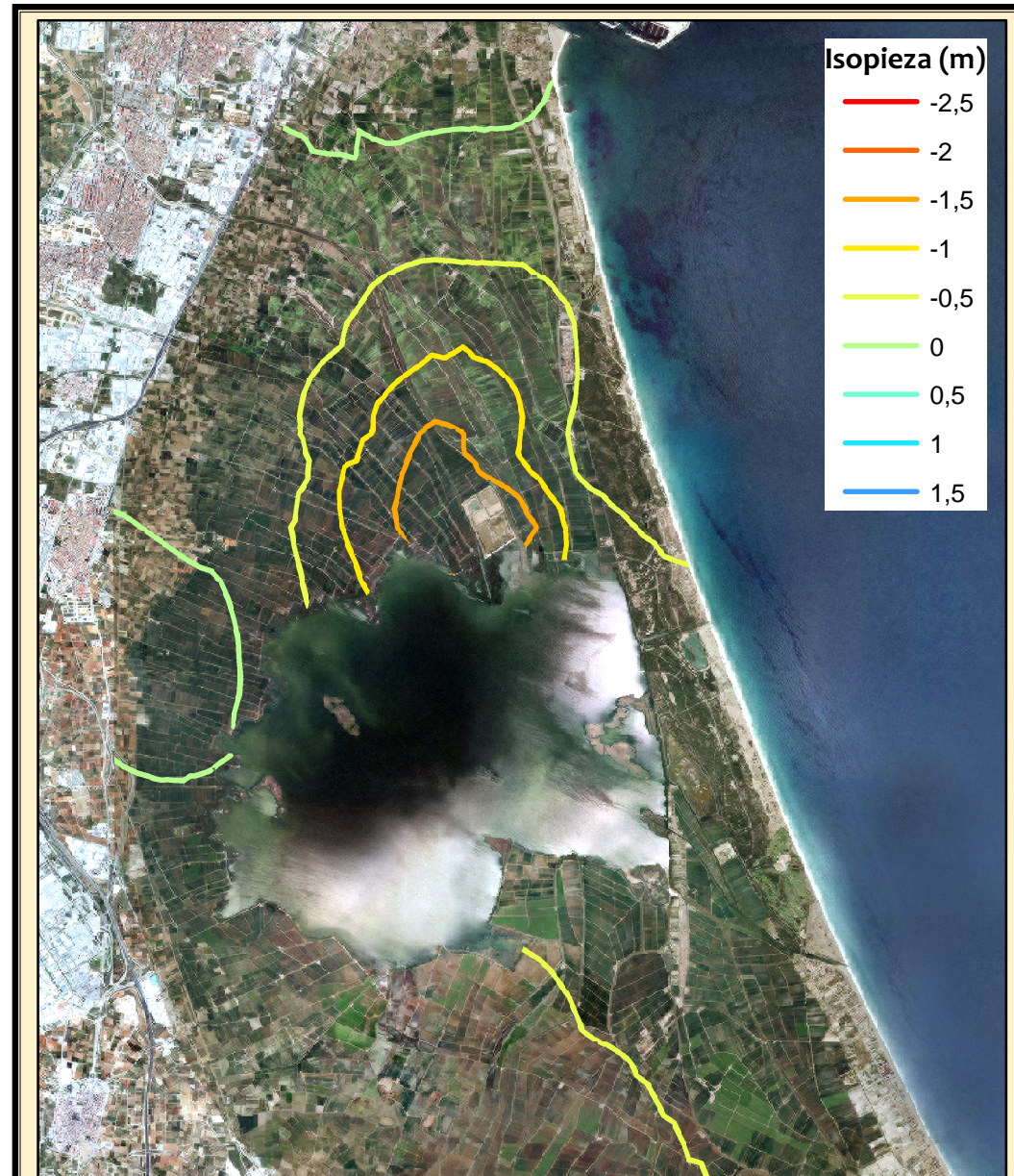
Isopiezia (m)

- -2,5
- -2
- -1,5
- -1
- -0,5
- 0
- 0,5
- 1
- 1,5



**Mapa de isopiezas
Capa freática (m)**
Septiembre 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



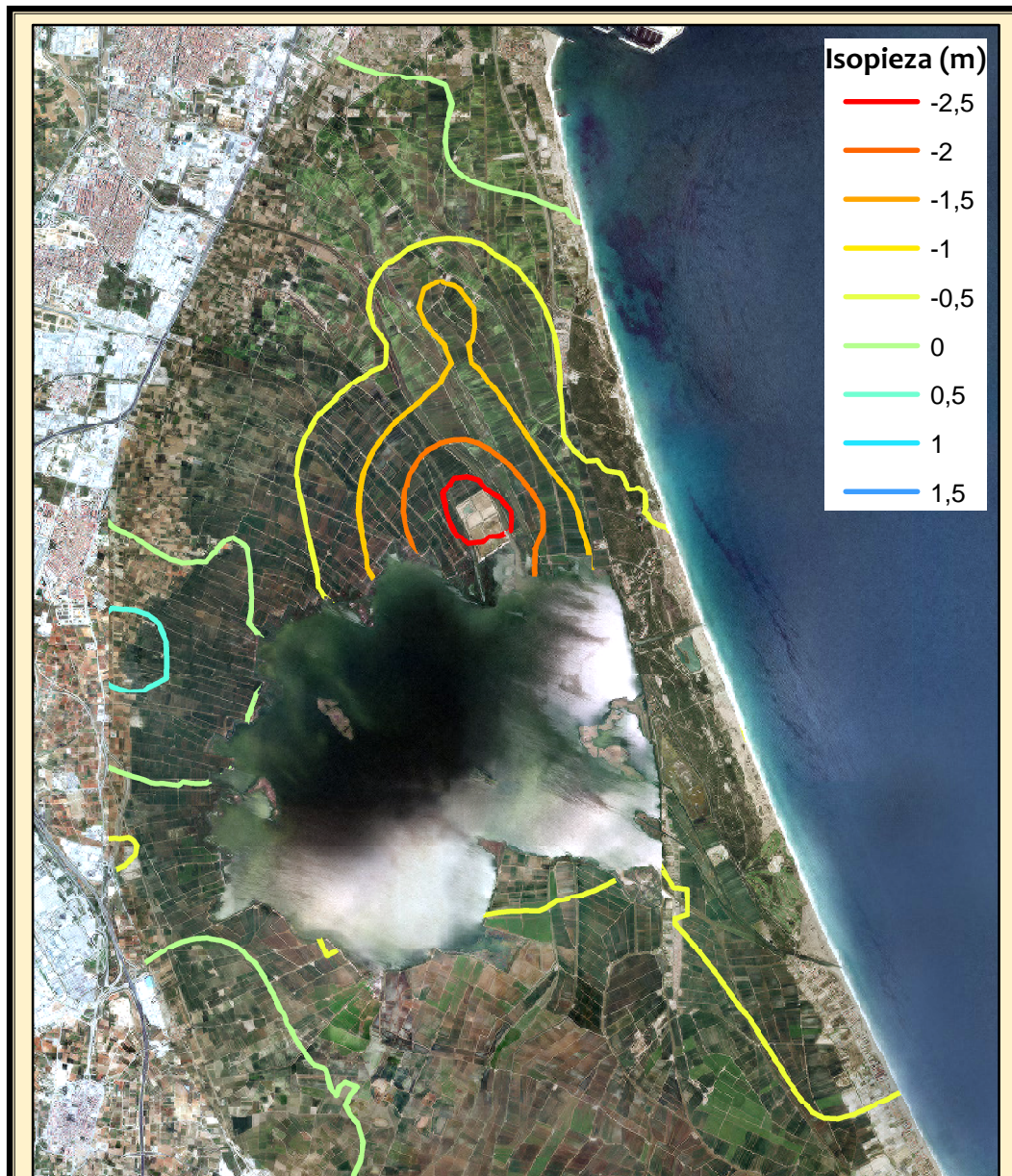
Isopiezia (m)

- -2,5
- -2
- -1,5
- -1
- -0,5
- 0
- 0,5
- 1
- 1,5



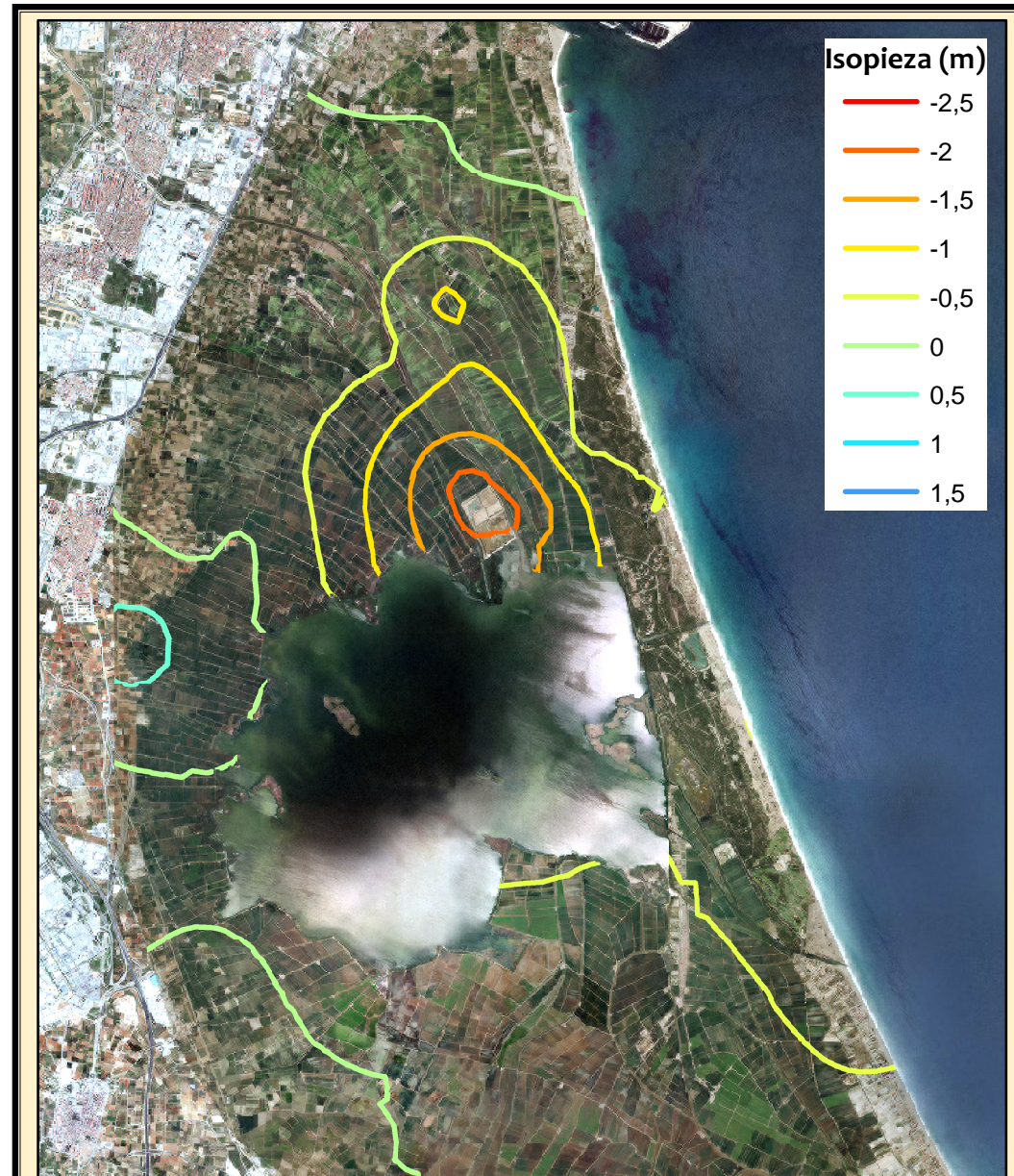
**Mapa de isopiezas
Capa freática (m)**
Octubre 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



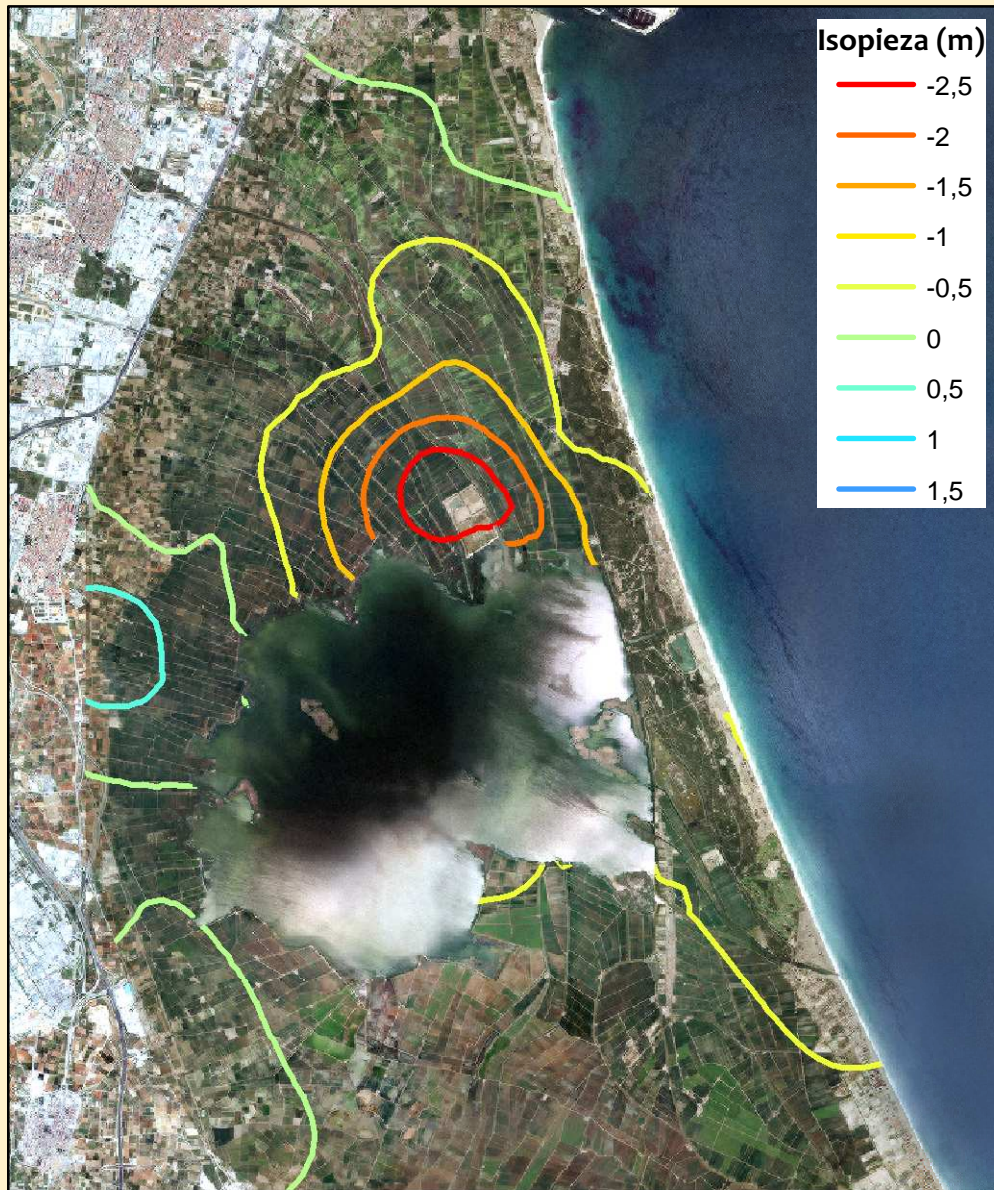
**Mapa de isopiezias
Capa freática (m)**
Noviembre 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



**Mapa de isopiezias
Capa freática (m)**
Diciembre 2010

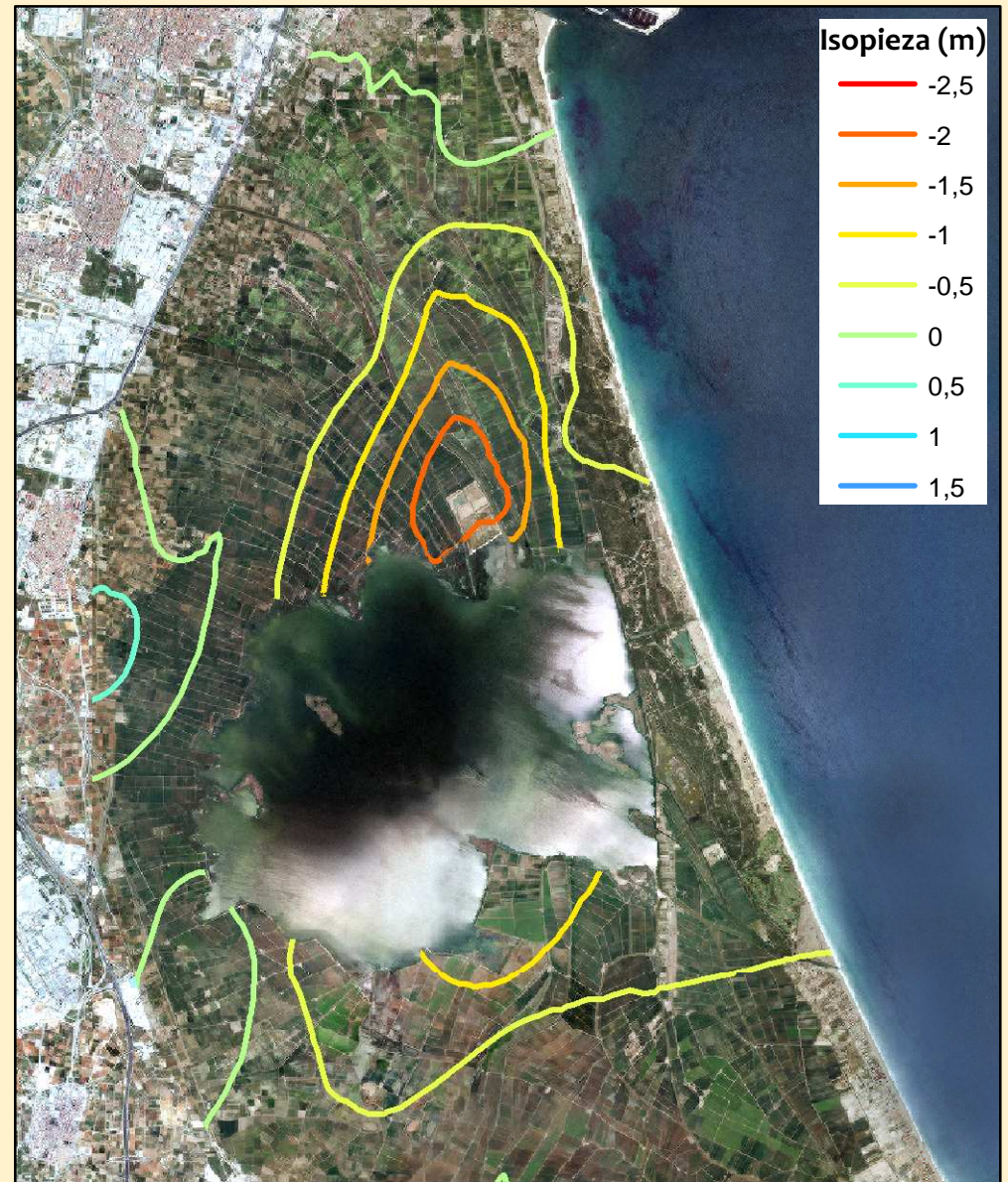
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de isopiezas de la Capa freática (m)

Enero 2011

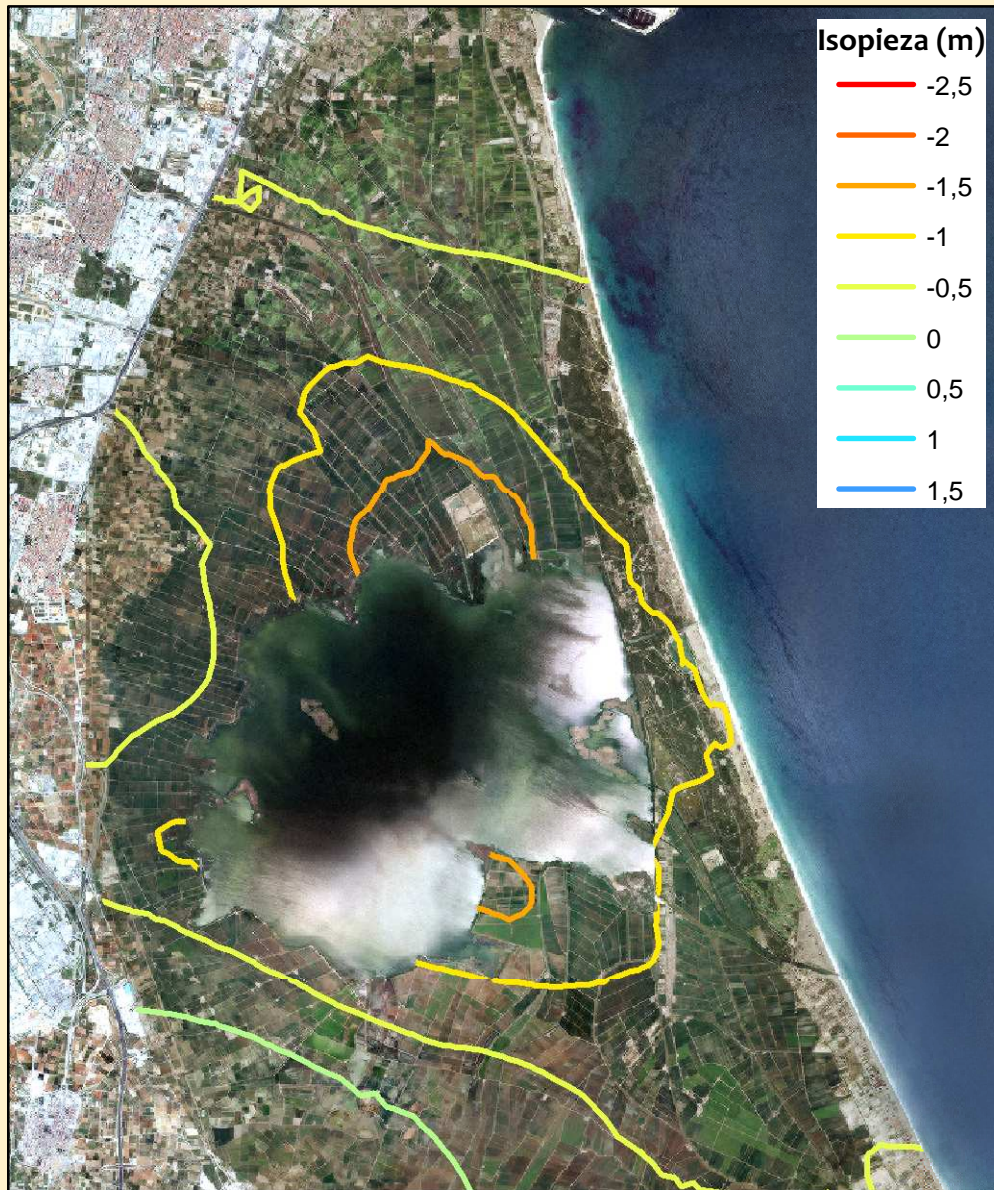
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de isopiezas de la Capa freática (m)

Febrero 2011

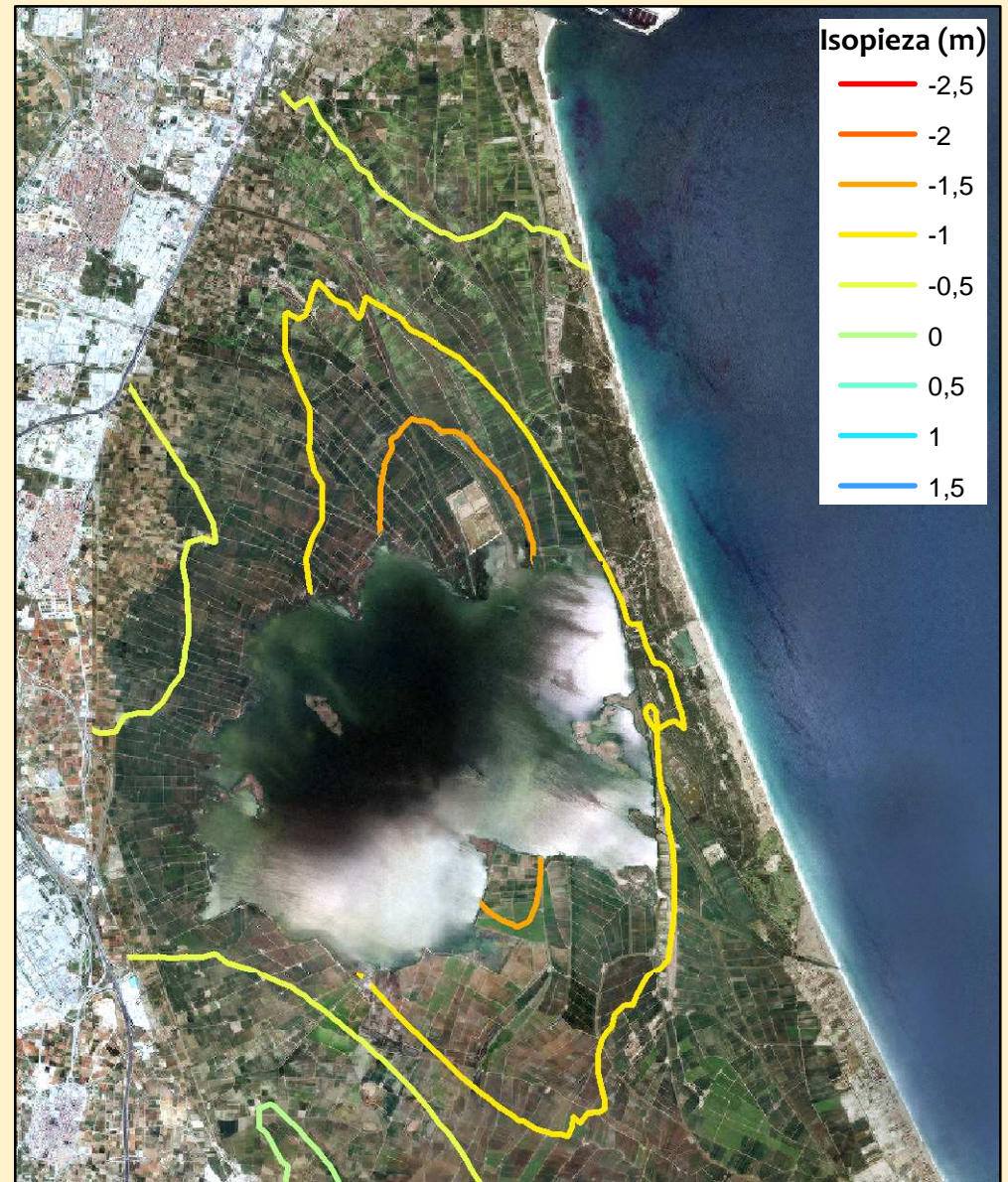
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de isopiezas de la Capa freática (m)

Marzo 2011

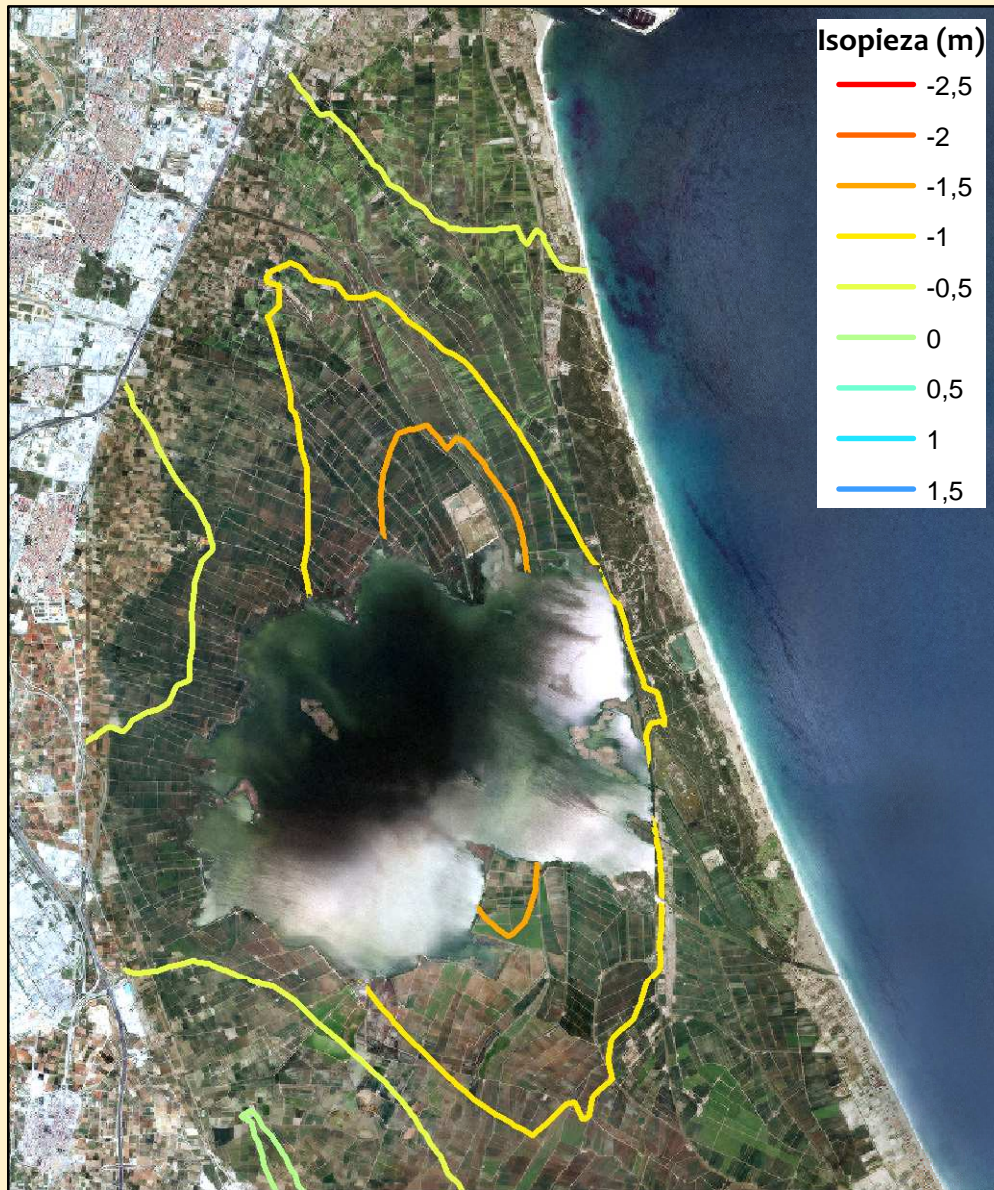
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de isopiezas de la Capa freática (m)

Abril 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



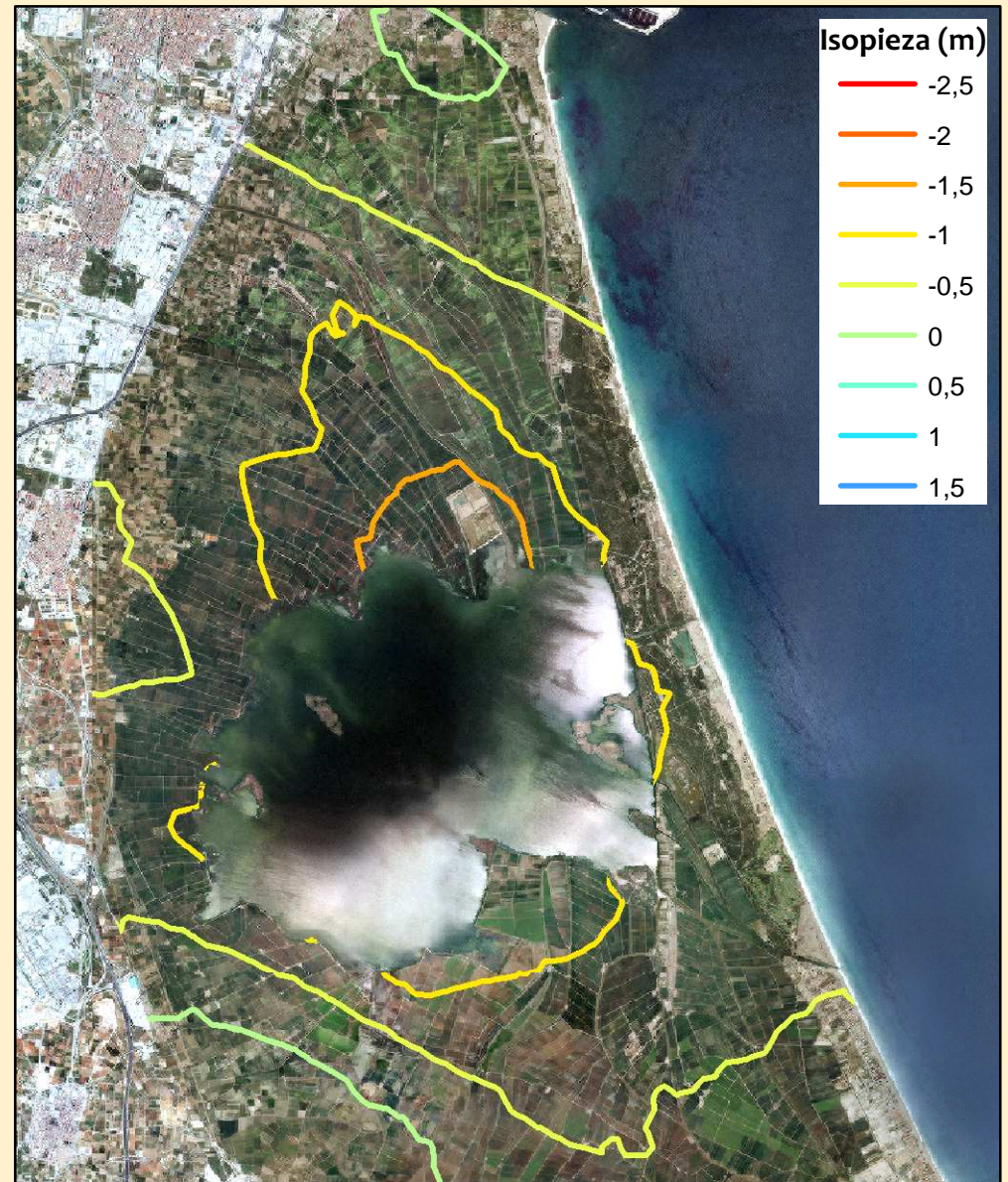
Isopieza (m)



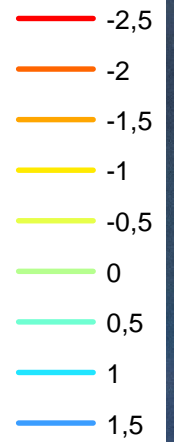
Mapa de isopiezas de la Capa freática (m)

Mayo 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



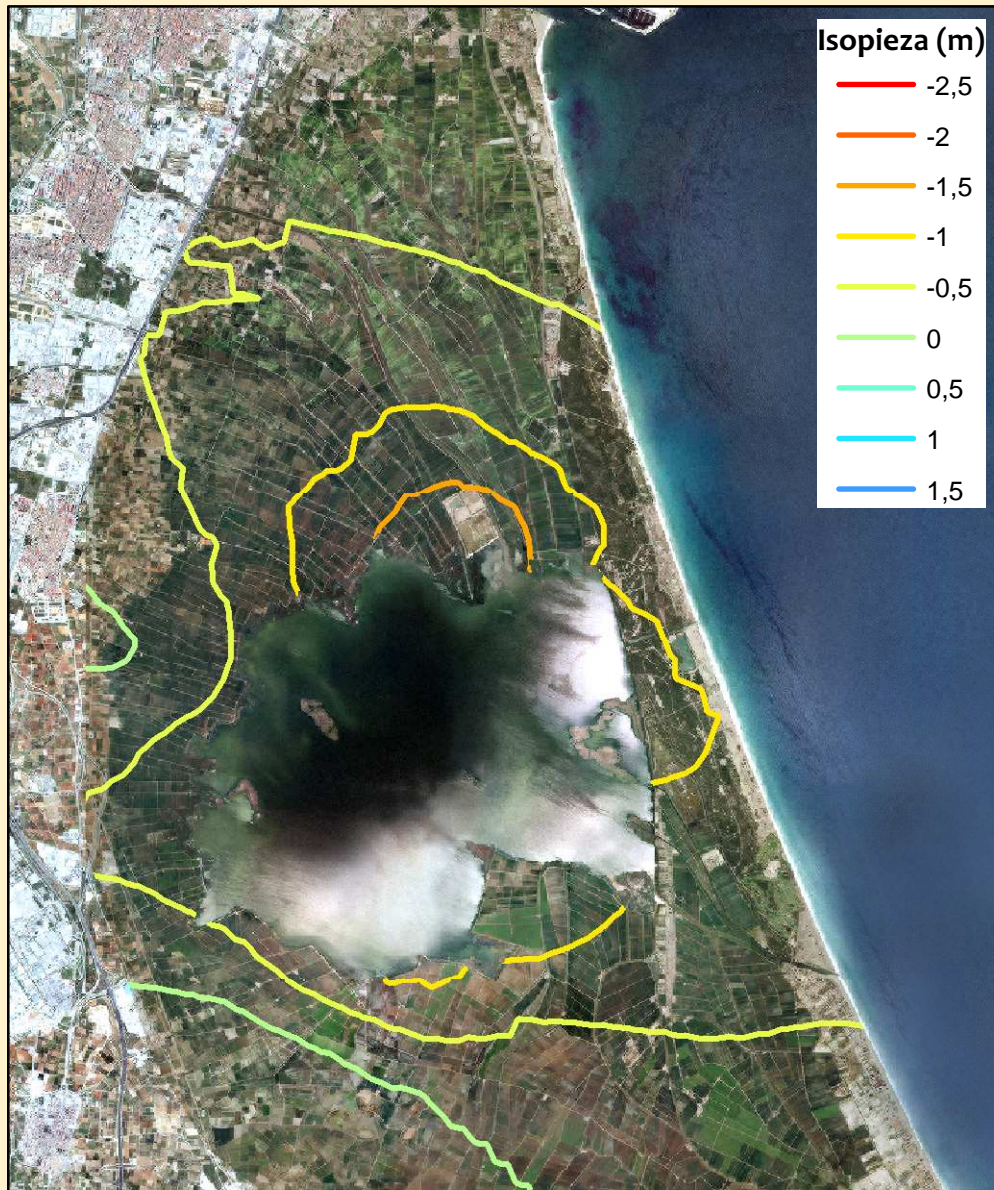
Isopieza (m)



Mapa de isopiezas de la Capa freática (m)

Junio 2011

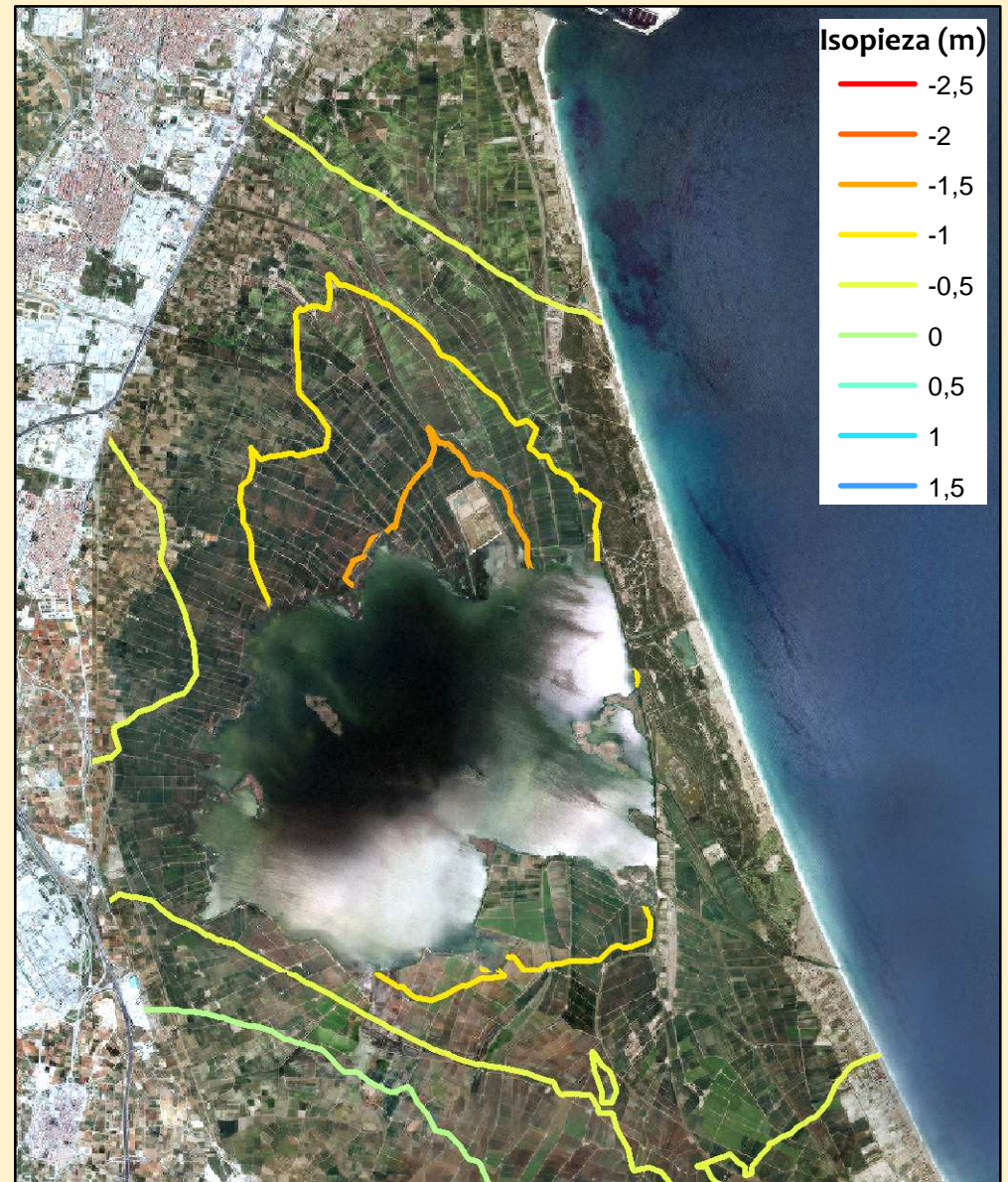
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de isopiezas de la Capa freática (m)

Julio 2011

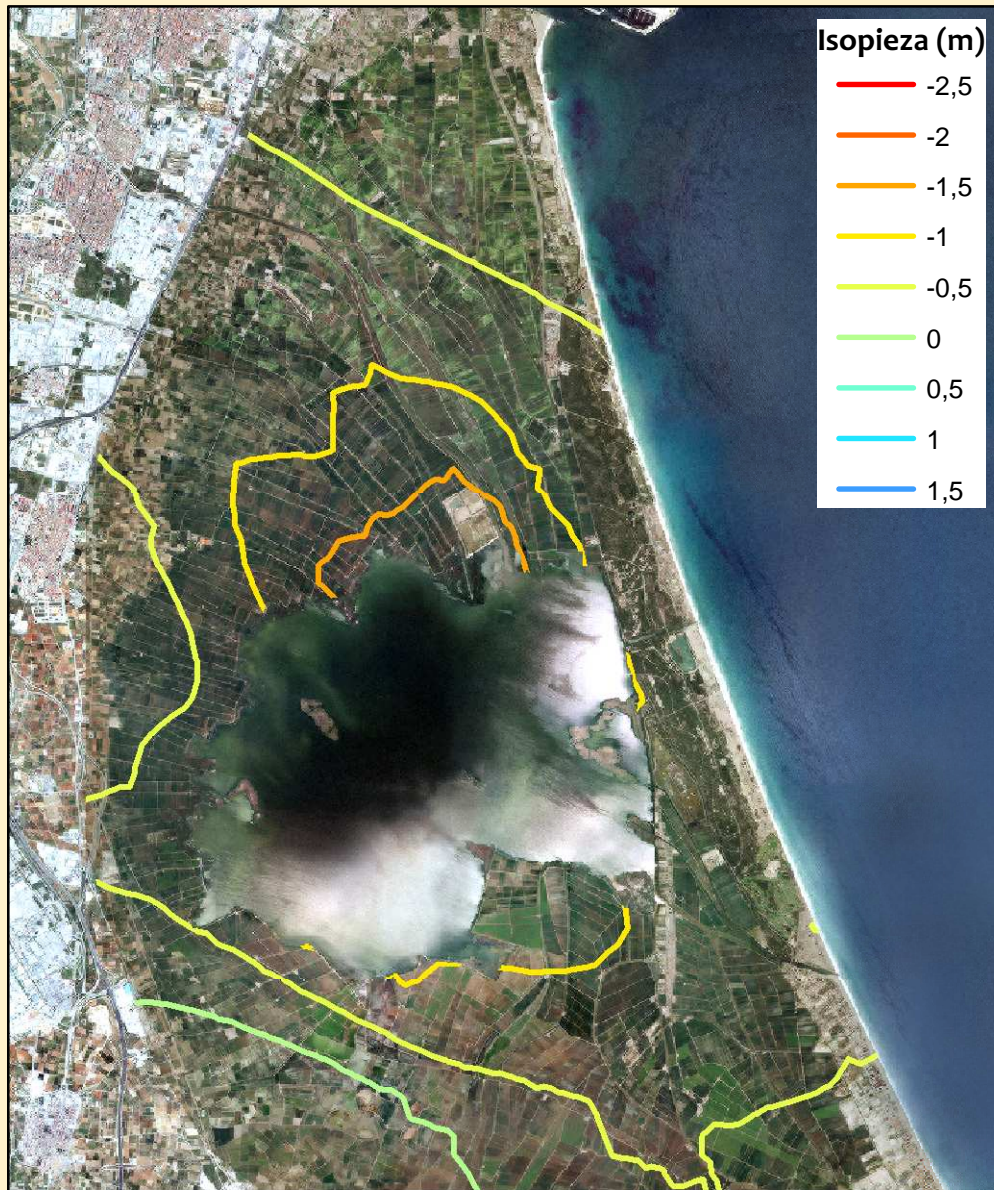
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de isopiezas de la Capa freática (m)

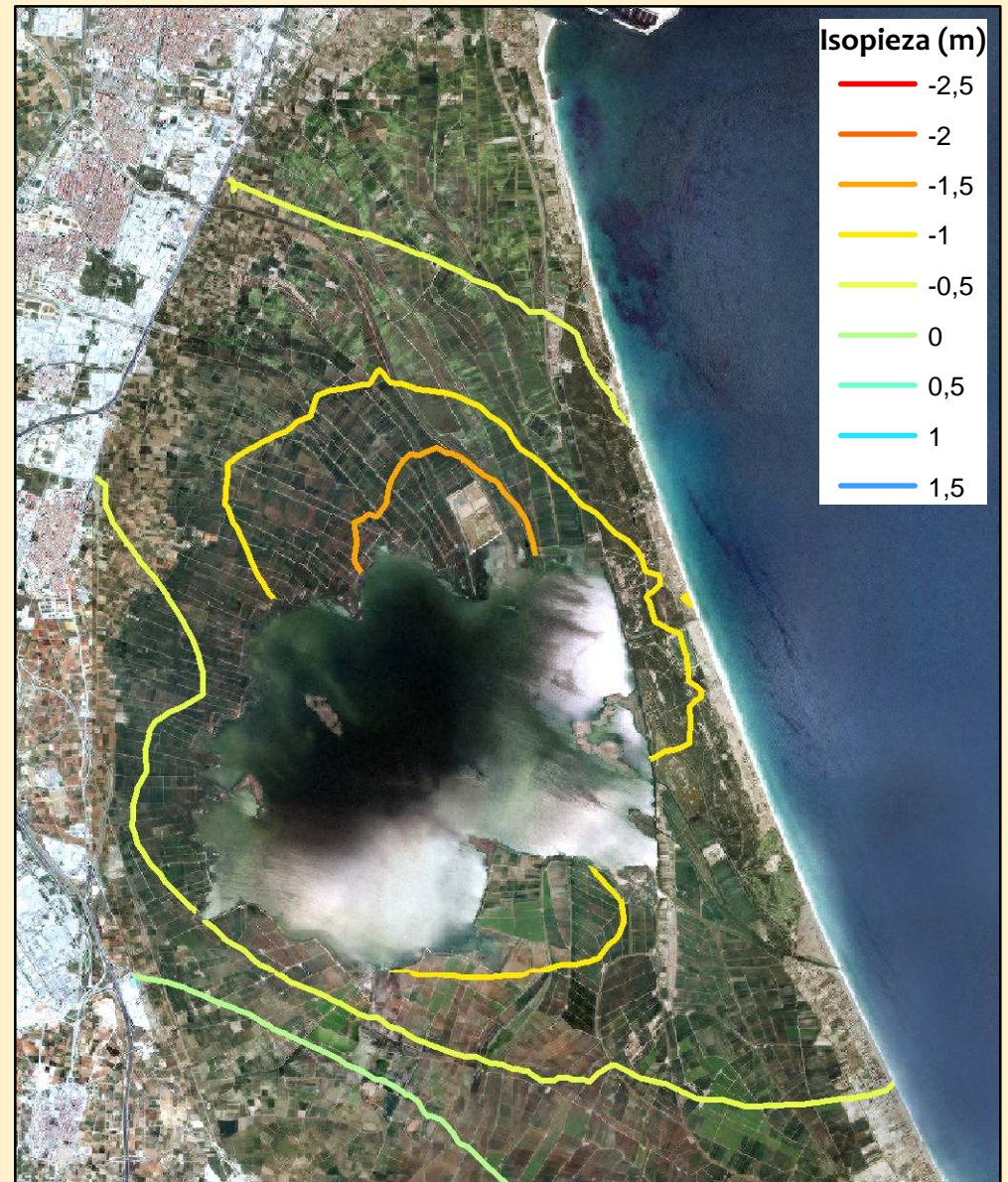
Agosto 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



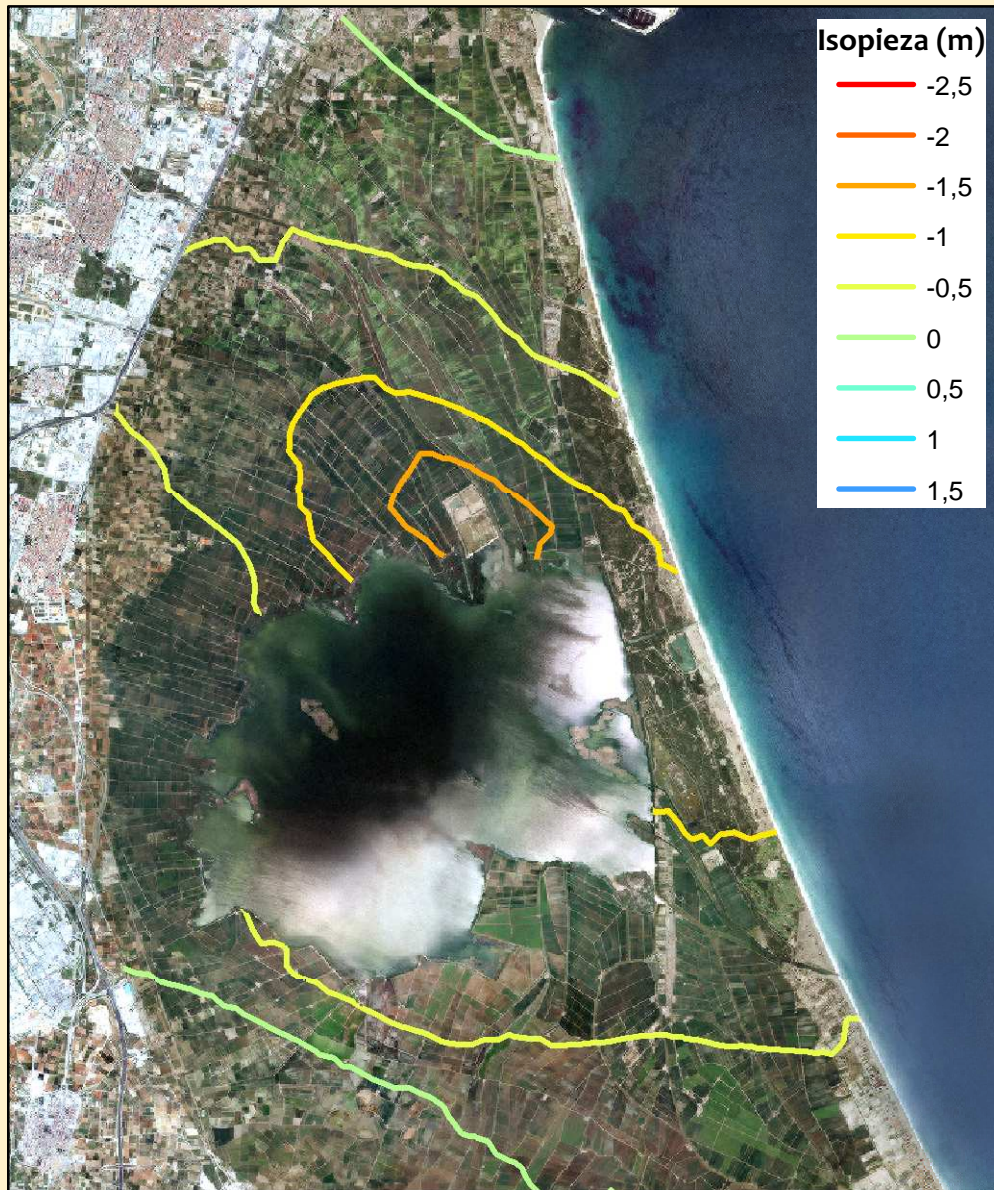
Mapa de isopiezas de la Capa freática (m)
Septiembre 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



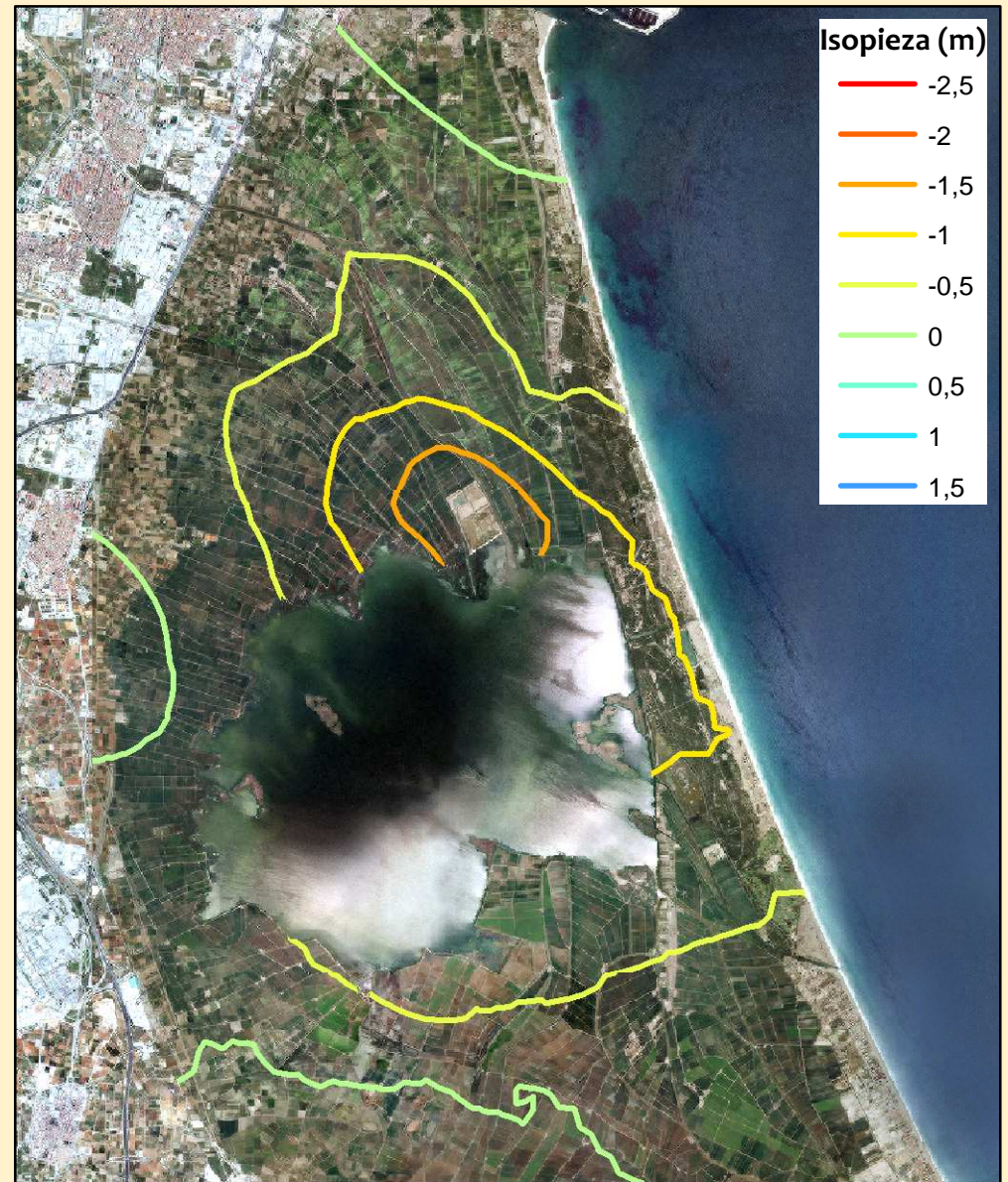
Mapa de isopiezas de la Capa freática (m)
Octubre 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



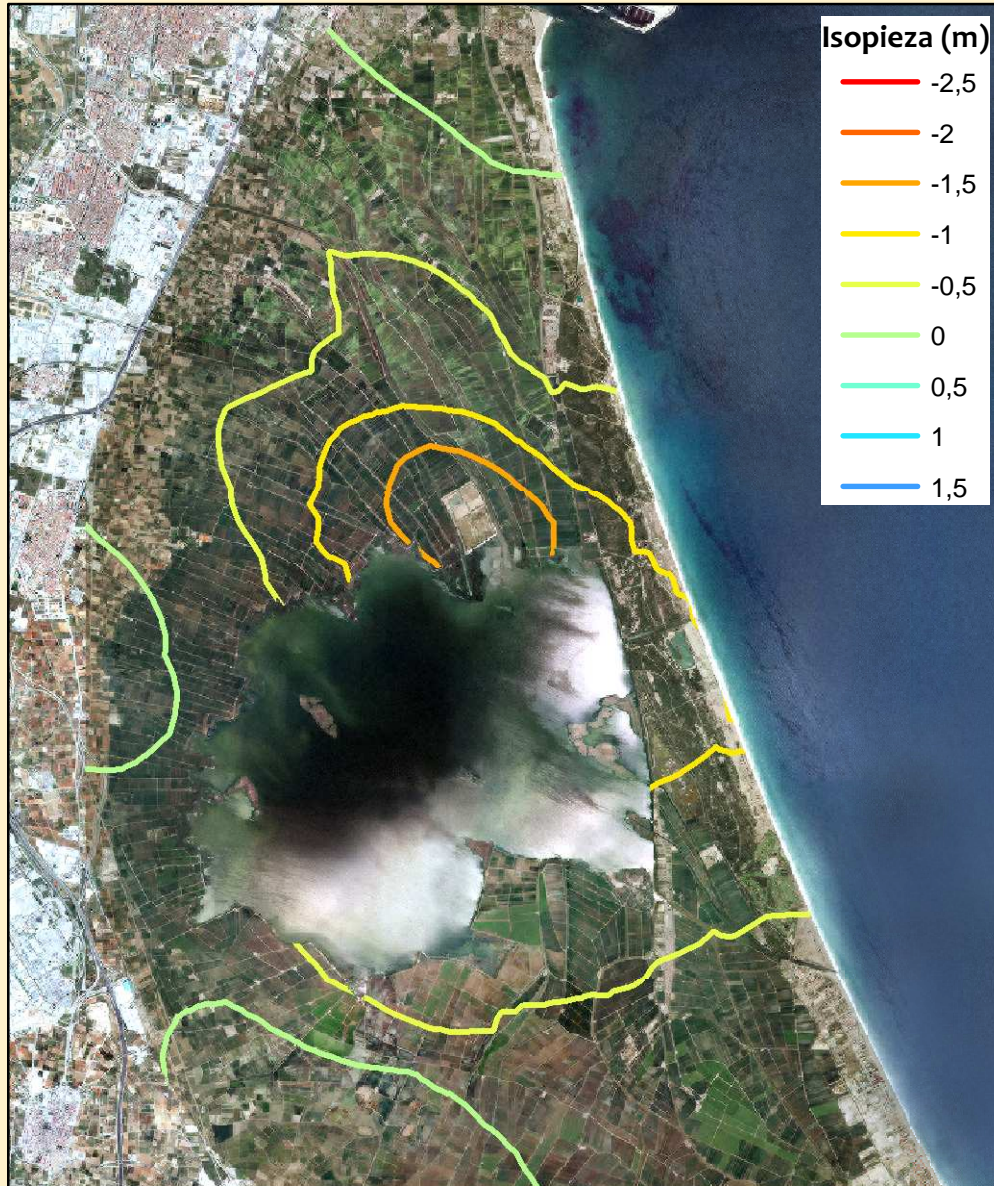
Mapa de isopiezas de la Capa freática (m)
 Noviembre 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



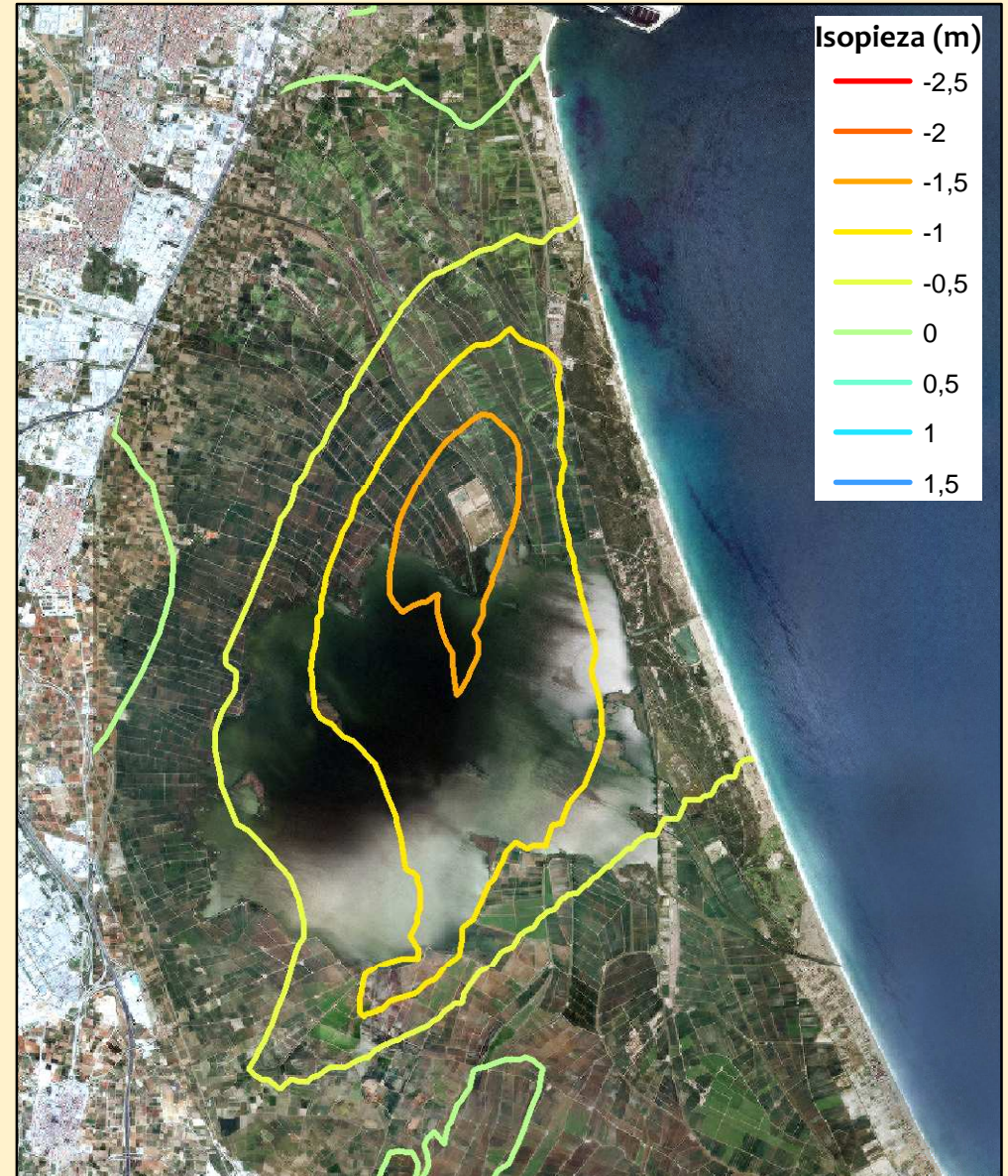
Mapa de isopiezas de la Capa freática (m)
 Diciembre 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



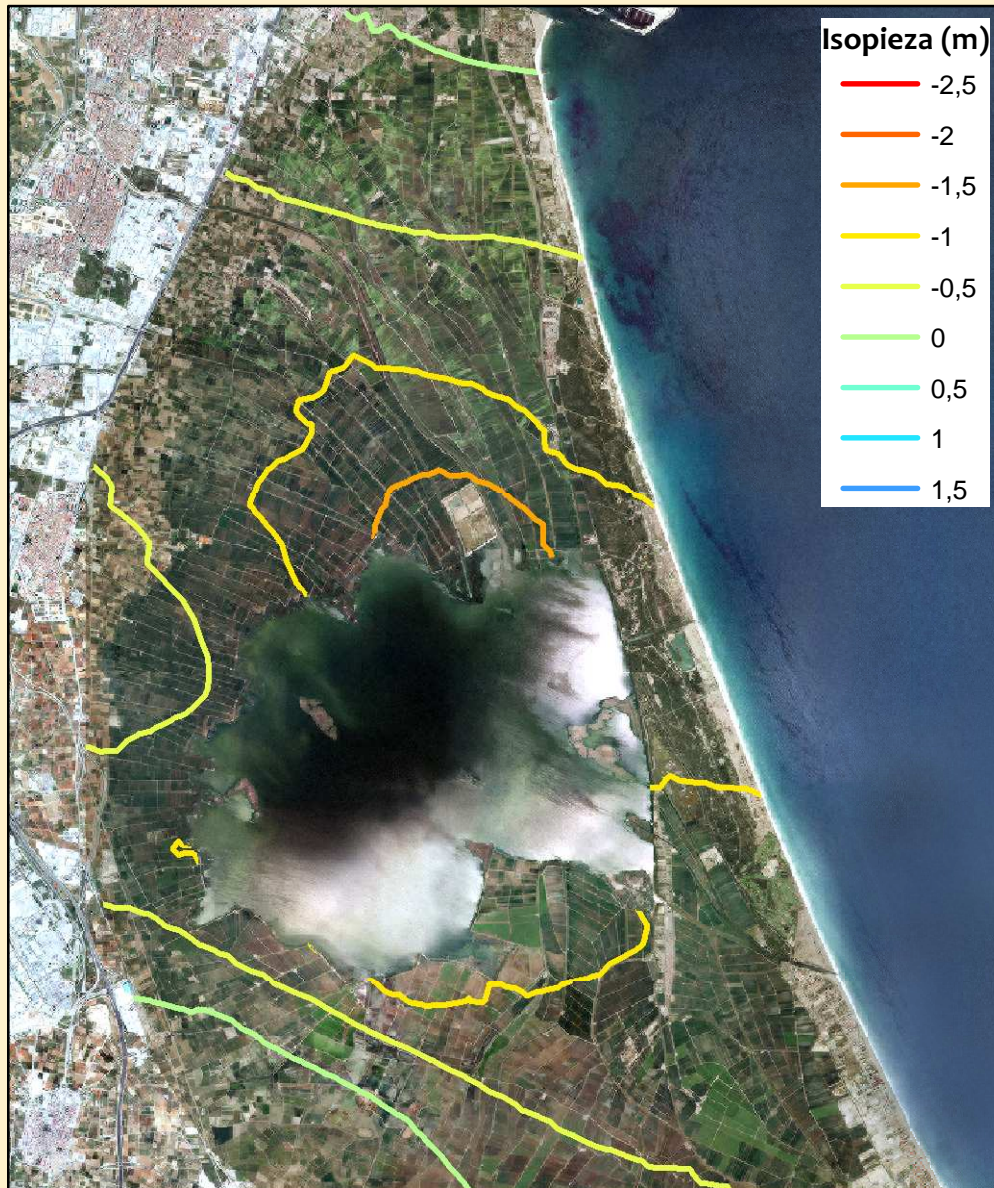
Mapa de isopiezas de la Capa. freática (m)
Enero 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de isopiezas de la Capa freática (m)
Febrero 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Isopieza (m)

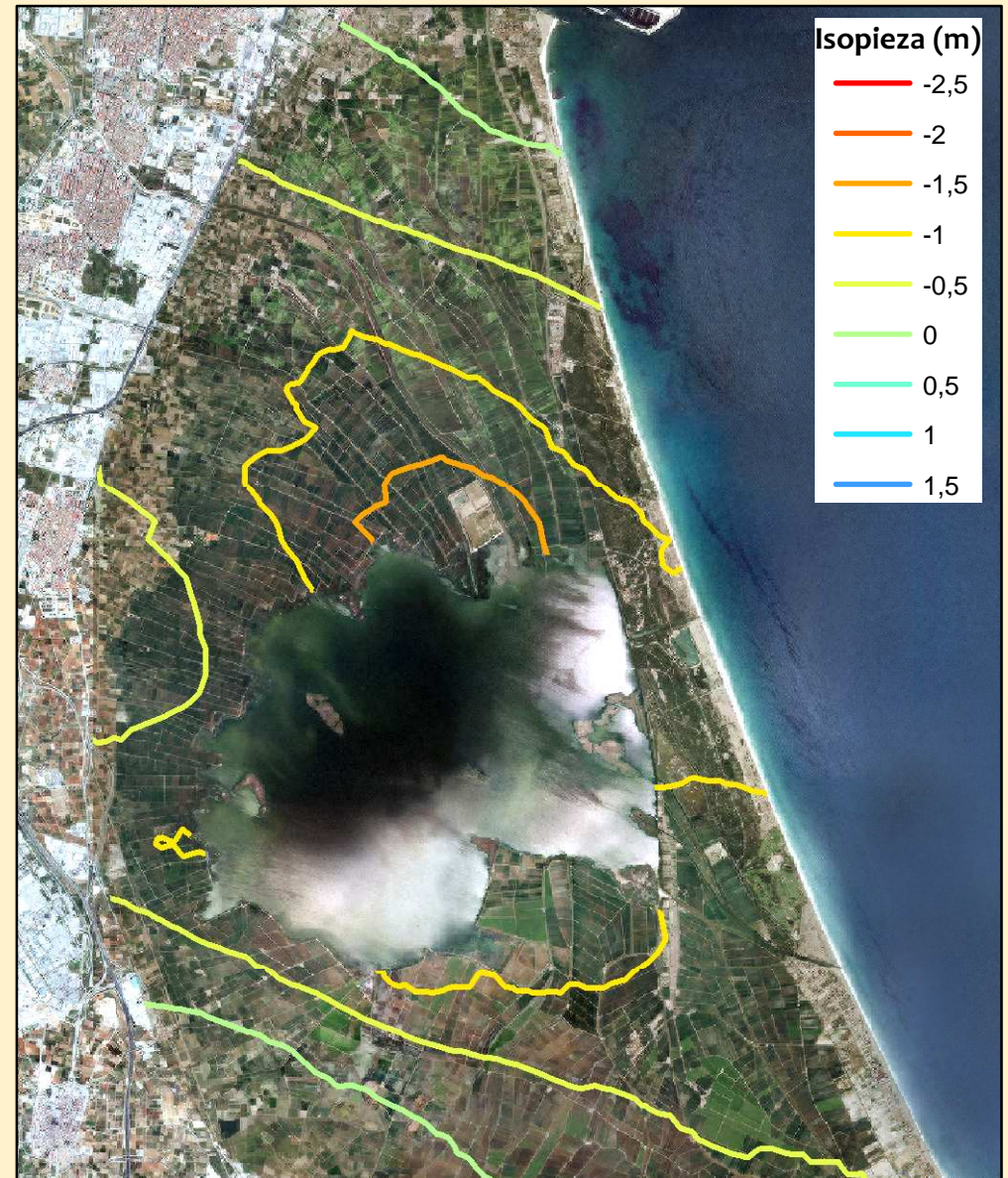
- -2,5
- -2
- -1,5
- -1
- -0,5
- 0
- 0,5
- 1
- 1,5



Mapa de isopiezas de la Capa. freática (m)

Marzo 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Isopieza (m)

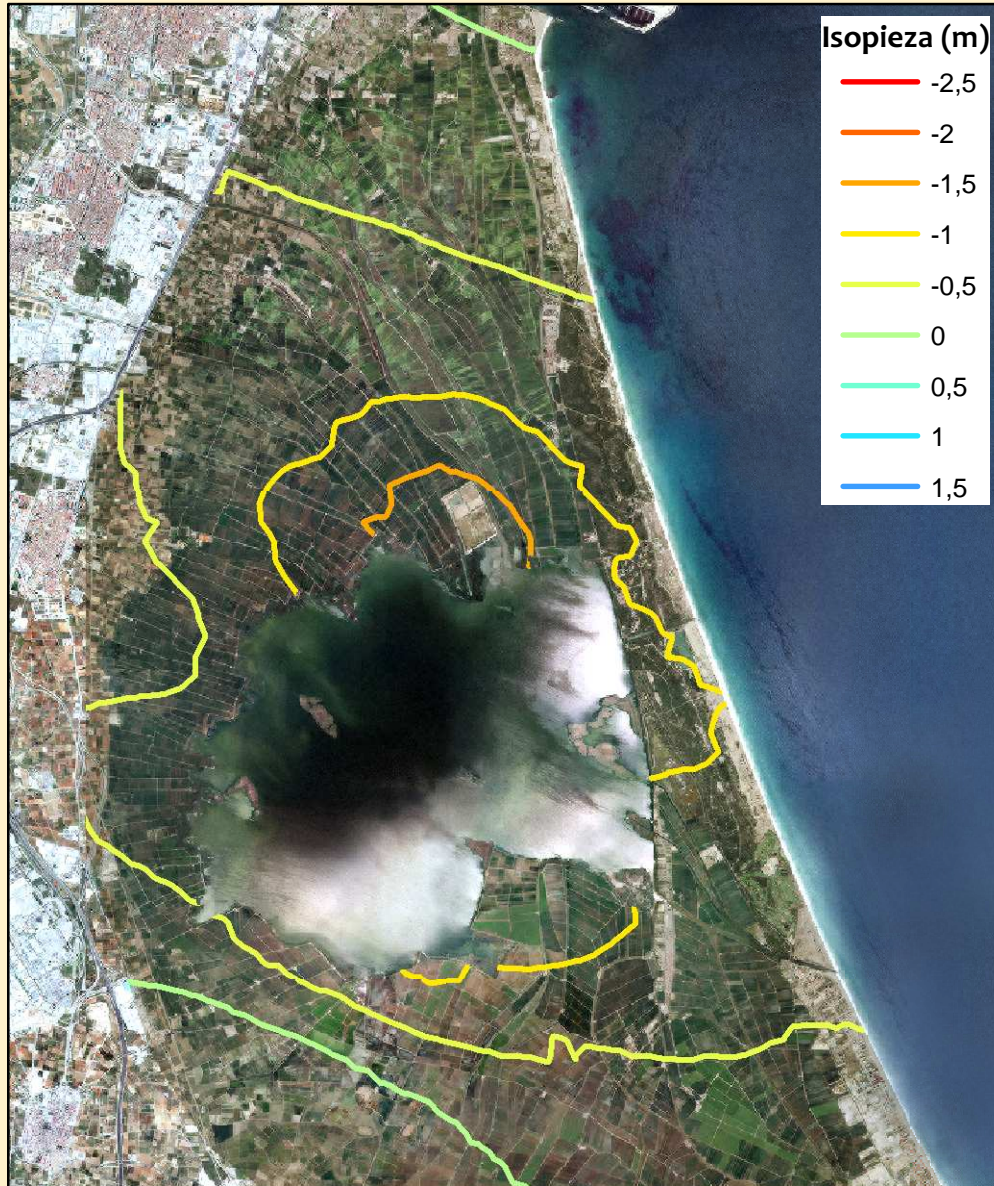
- -2,5
- -2
- -1,5
- -1
- -0,5
- 0
- 0,5
- 1
- 1,5



Mapa de isopiezas de la Capa freática (m)

Abril 2012

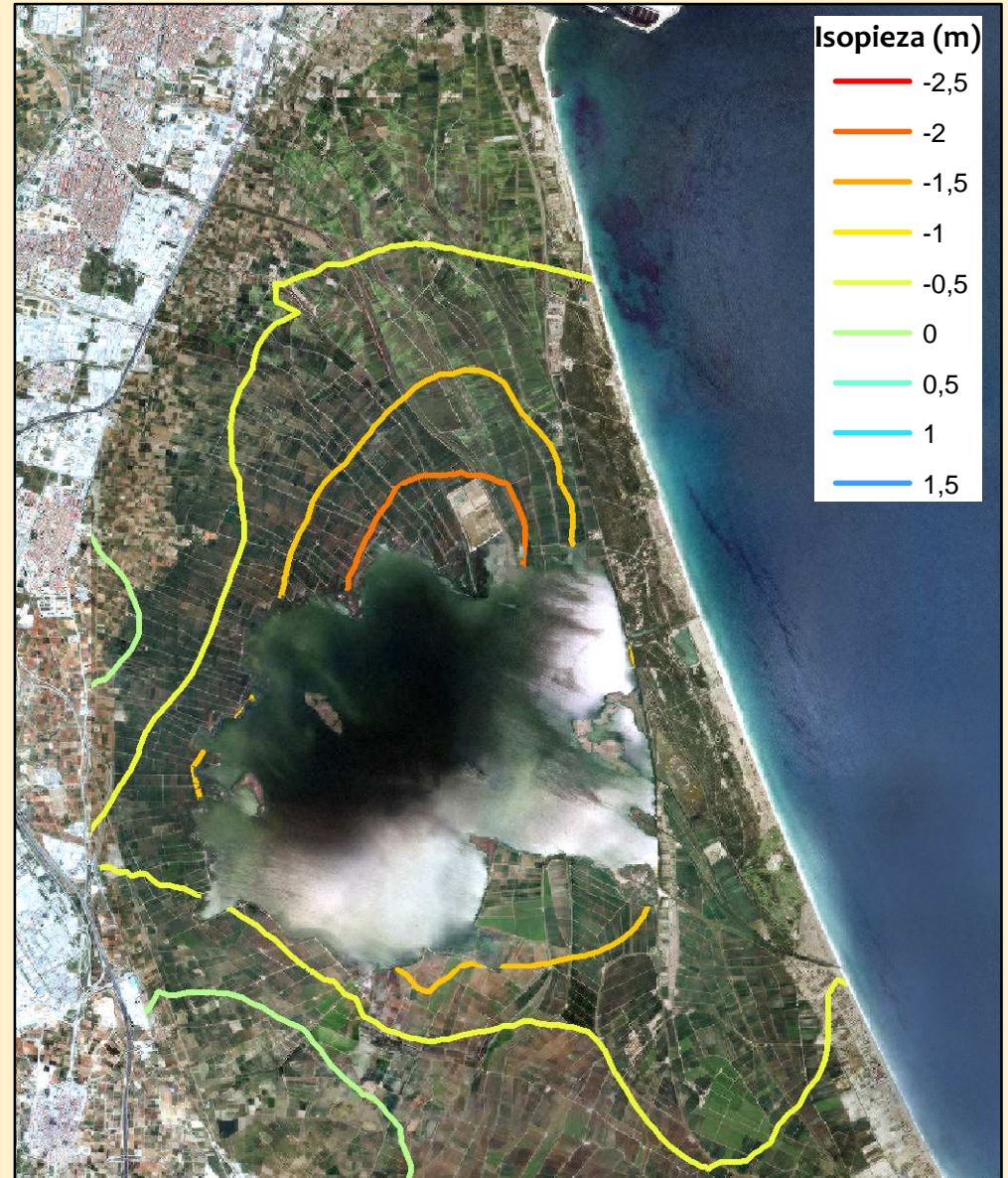
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de isopiezas de la Capa. freática (m)

Junio 2012

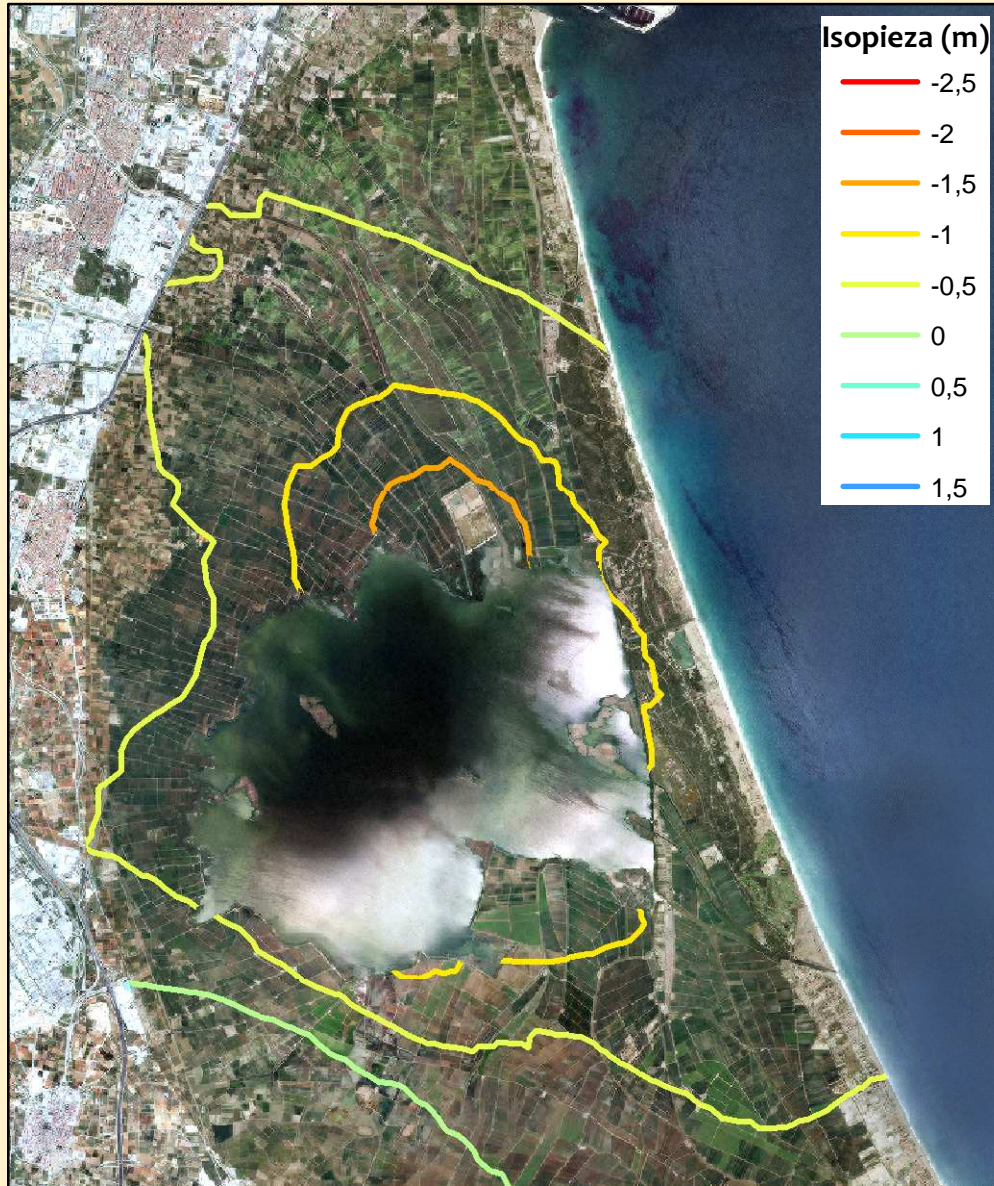
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de isopiezas de la Capa freática (m)

Julio 2012

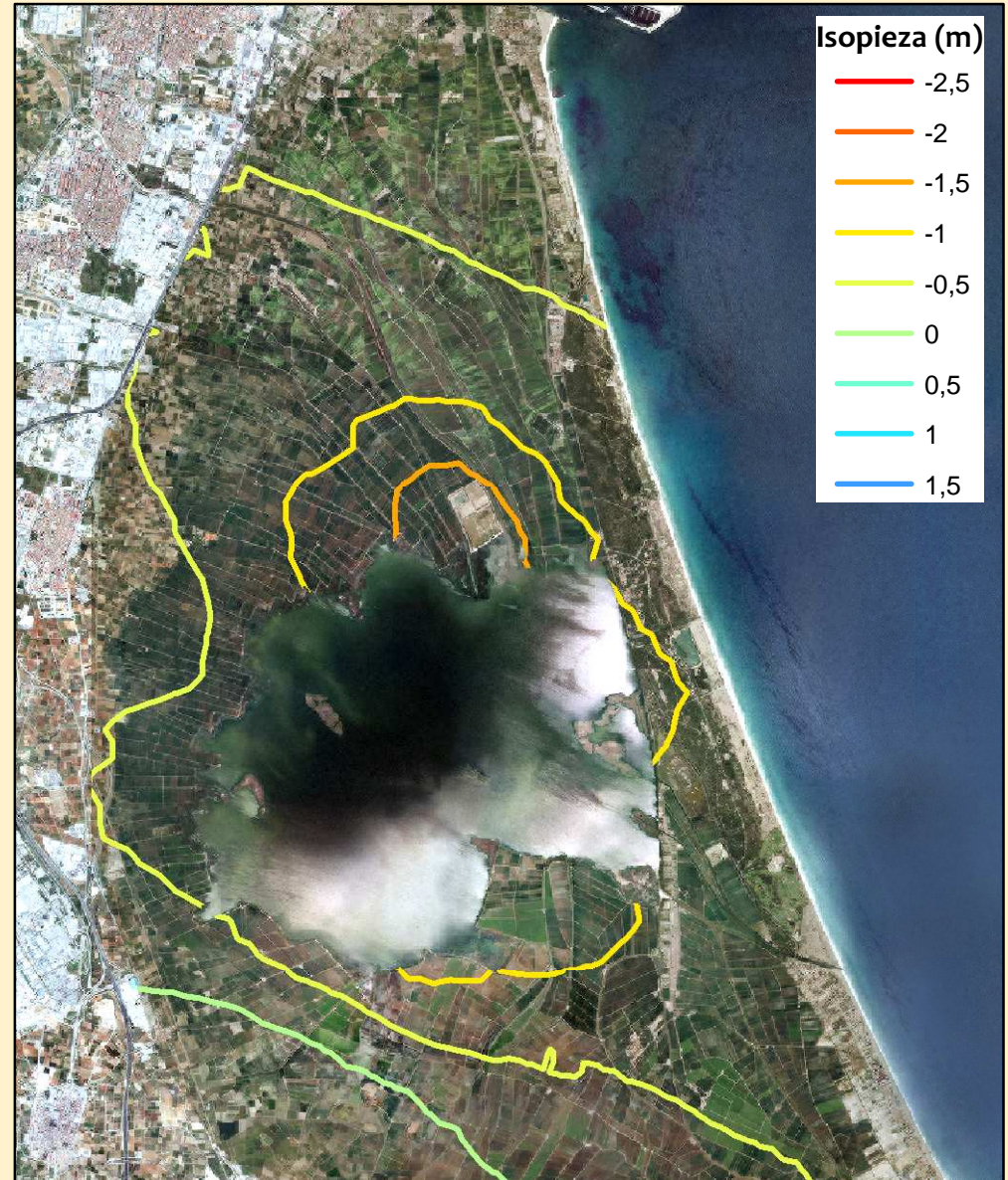
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de isopiezas de la Capa. freática (m)

Agosto 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



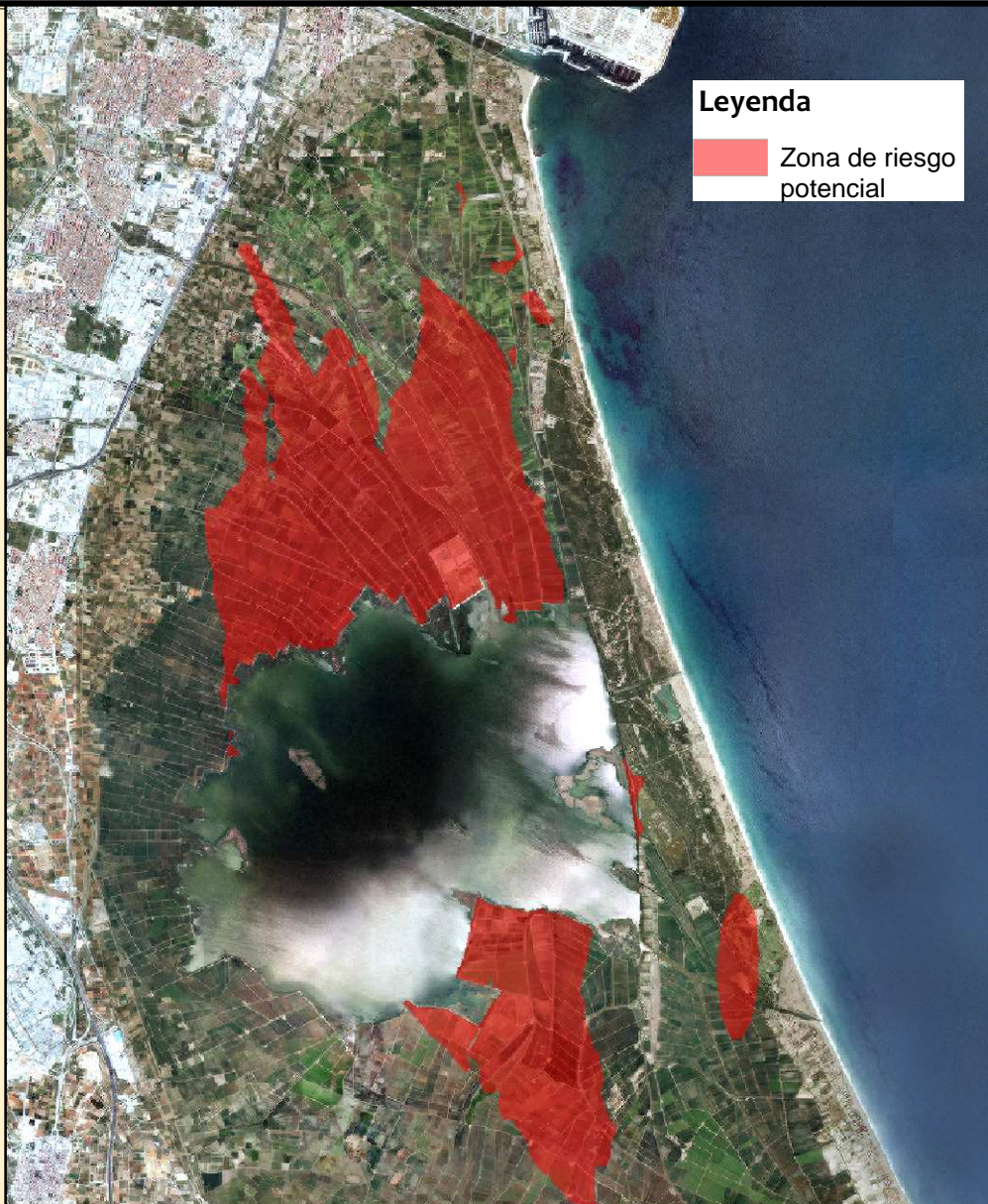
Mapa de isopiezas de la Capa freática (m)

Septiembre 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000

Anejo IX

Riesgo de salinización



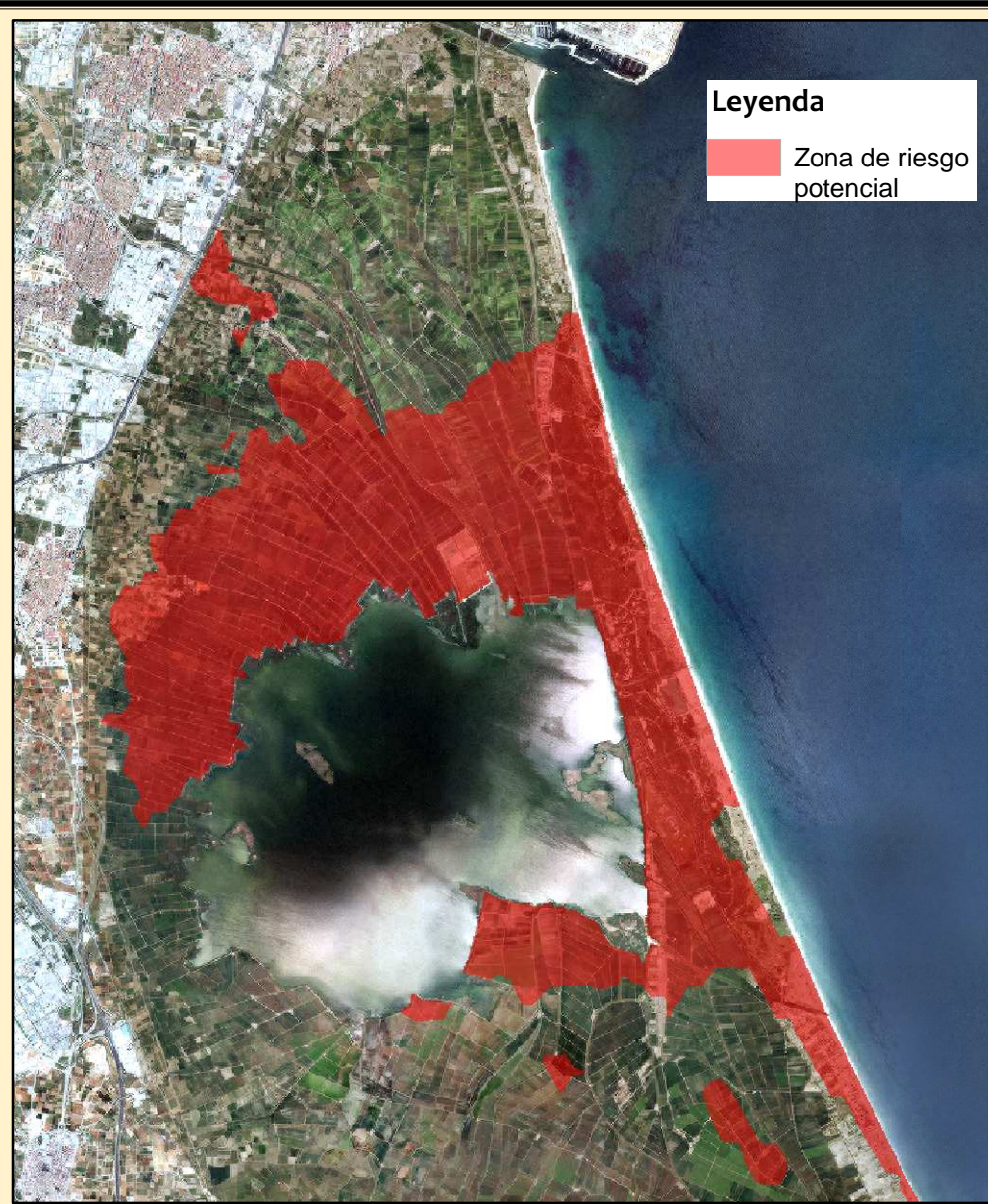
Leyenda
 Zona de riesgo potencial



Riesgo de salinización por Capa freática

Marzo 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



Leyenda
 Zona de riesgo potencial



Riesgo de salinización por Capa freática

Abril 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



Leyenda
 Zona de riesgo potencial



Riesgo de salinización por Capa freática

Mayo 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



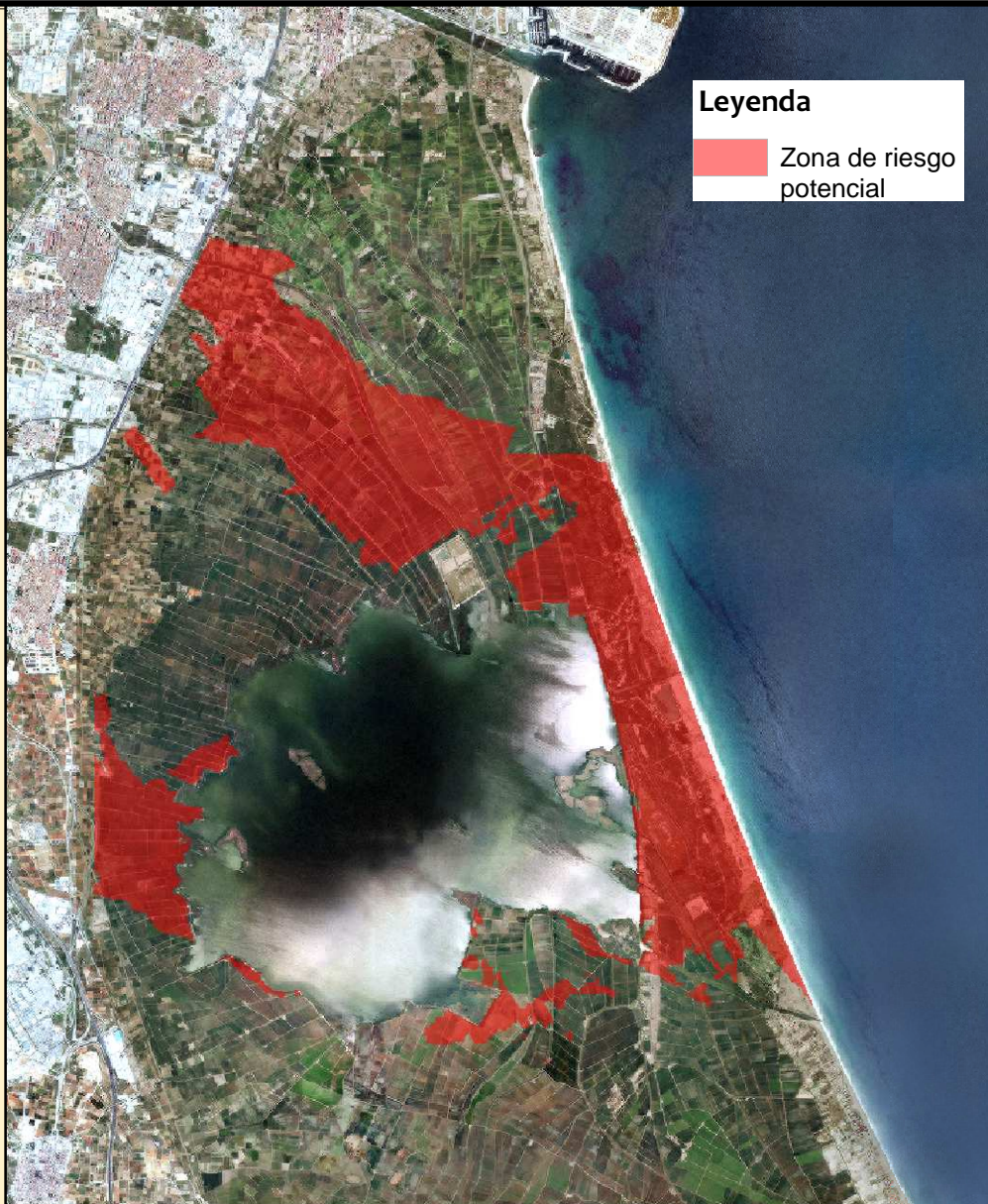
Leyenda
 Zona de riesgo potencial



Riesgo de salinización por Capa freática

Junio 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



Leyenda
 Zona de riesgo potencial



Riesgo de salinización por Capa freática

Julio 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



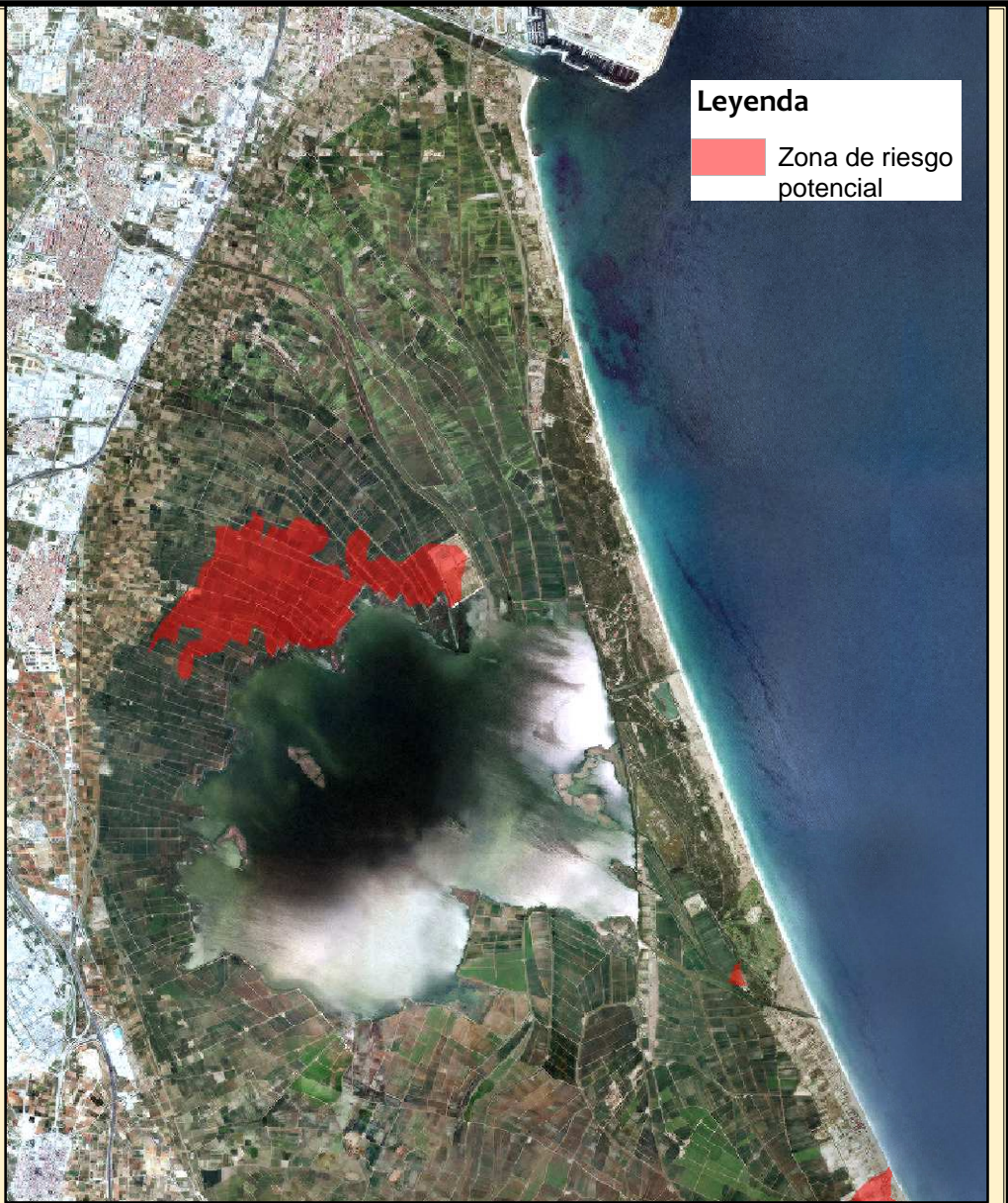
Leyenda
 Zona de riesgo potencial



Riesgo de salinización por Capa freática

Agosto 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



Riesgo de salinización por Capa freática

Septiembre 2010

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Leyenda
 Zona de riesgo potencial



Riesgo de salinización por Capa freática

Marzo 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



Leyenda
 Zona de riesgo potencial



Riesgo de salinización por Capa freática

Abril 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



Riesgo de salinización por Capa freática

Mayo 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



Riesgo de salinización por Capa freática

Junio 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



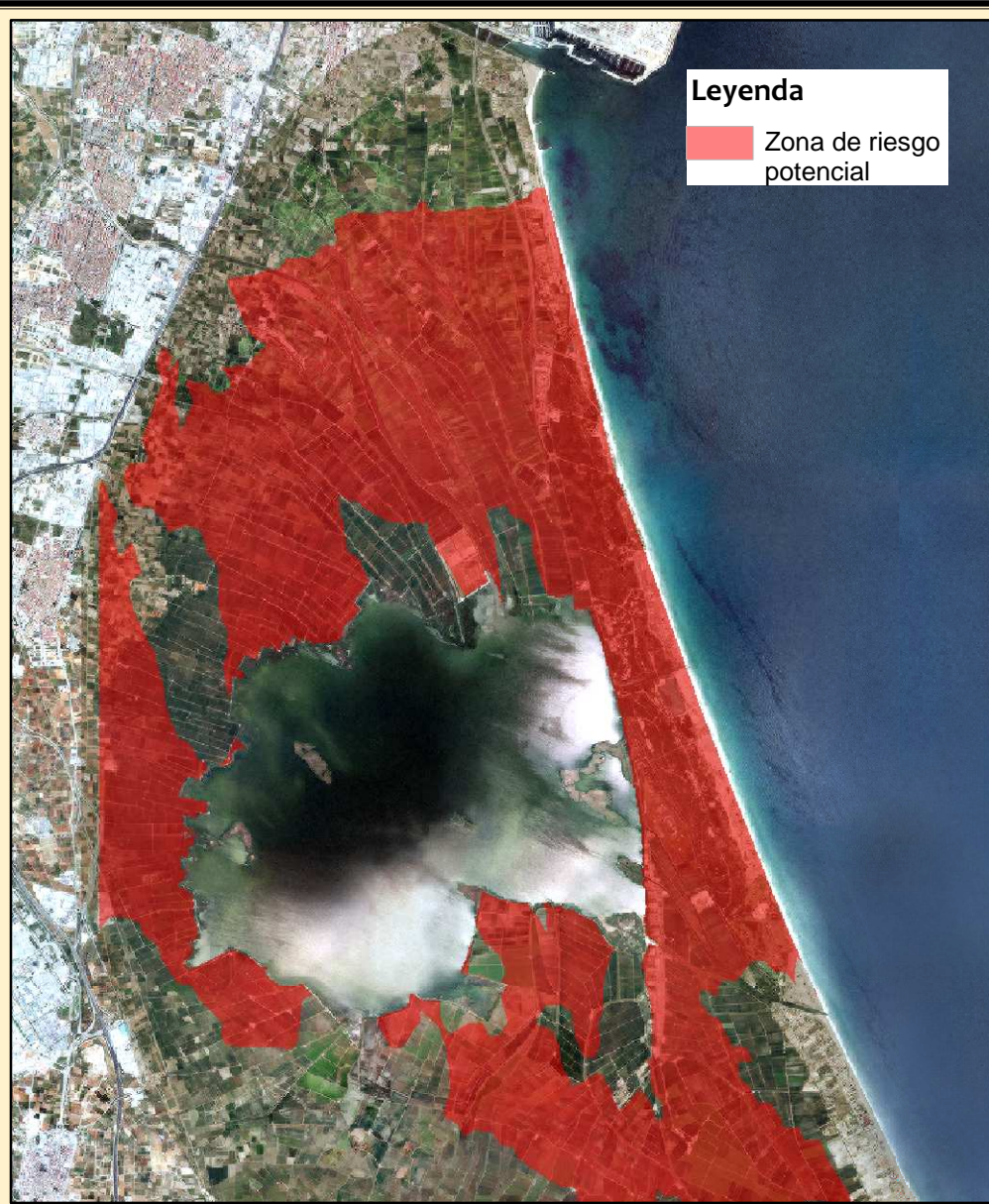
Leyenda
 Zona de riesgo potencial



Riesgo de salinización por Capa freática

Julio 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



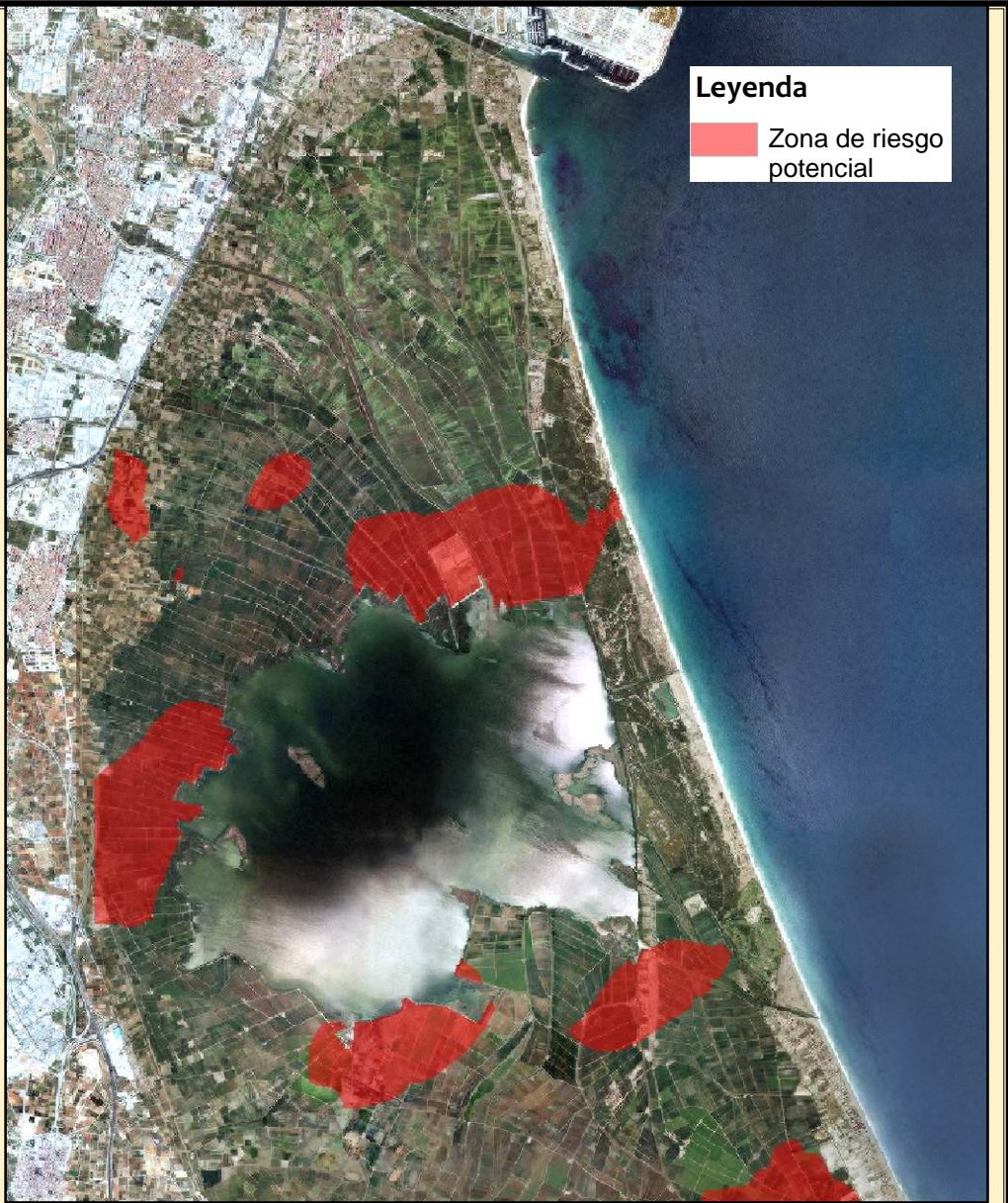
Leyenda
 Zona de riesgo potencial



Riesgo de salinización por Capa freática

Agosto 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



Riesgo de salinización por Capa freática

Septiembre 2011

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Riesgo de salinización por Capa freática

Marzo 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Riesgo de salinización por Capa freática

Abril 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Riesgo de salinización por Capa freática

Junio 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Riesgo de salinización por Capa freática

Julio 2012

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



**Riesgo de salinización
por Capa freática**

Agosto 2012

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



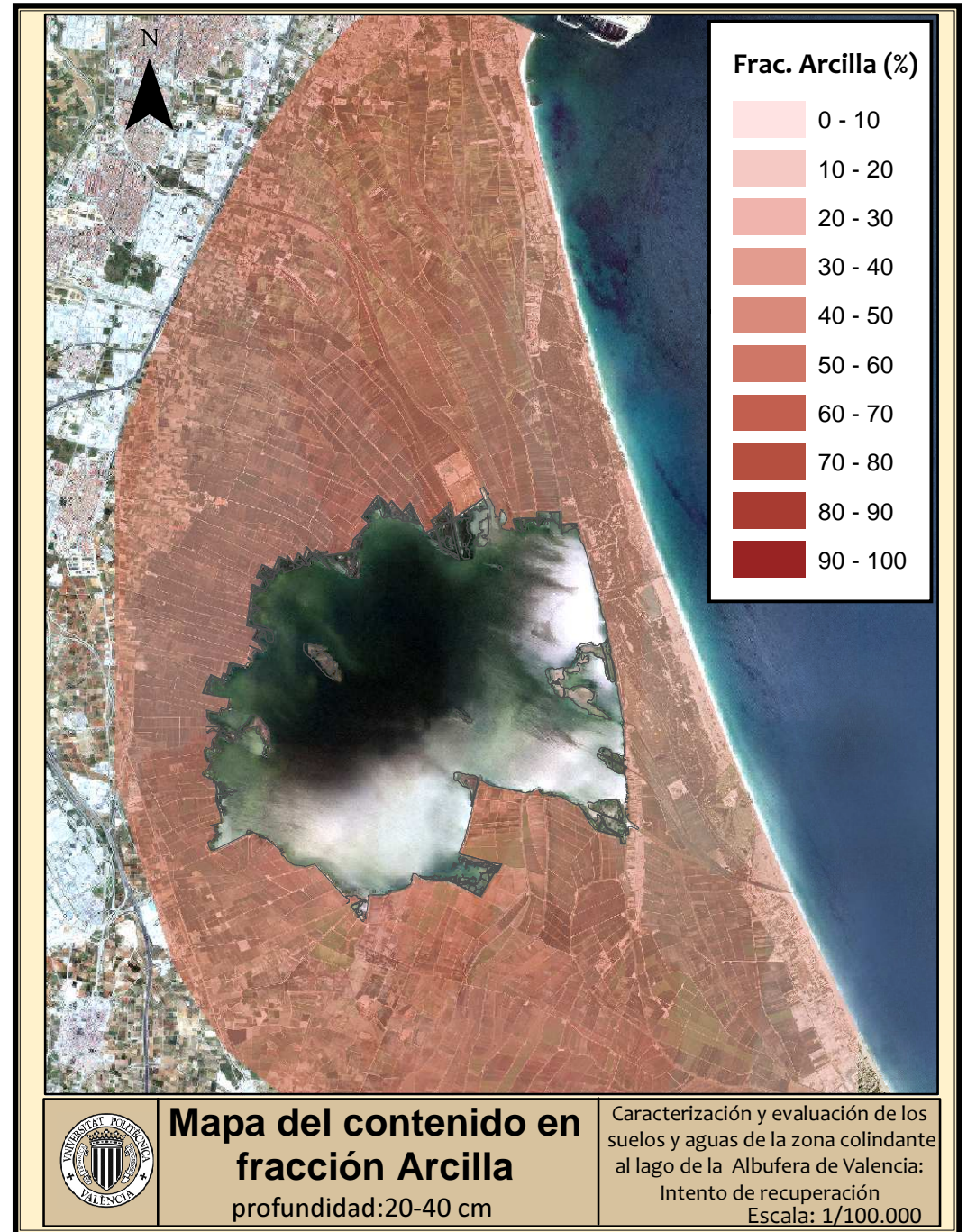
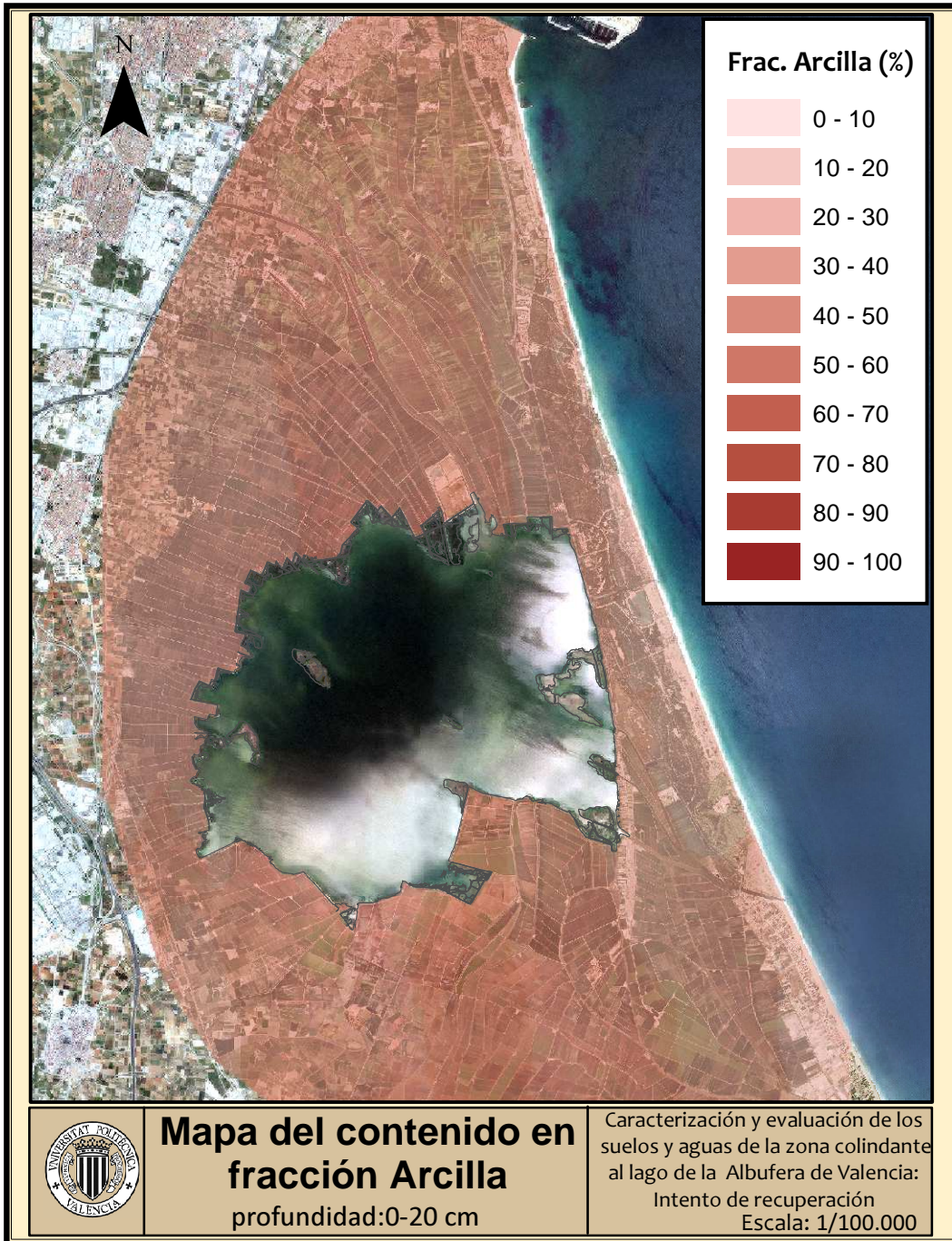
**Riesgo de salinización
por Capa freática**

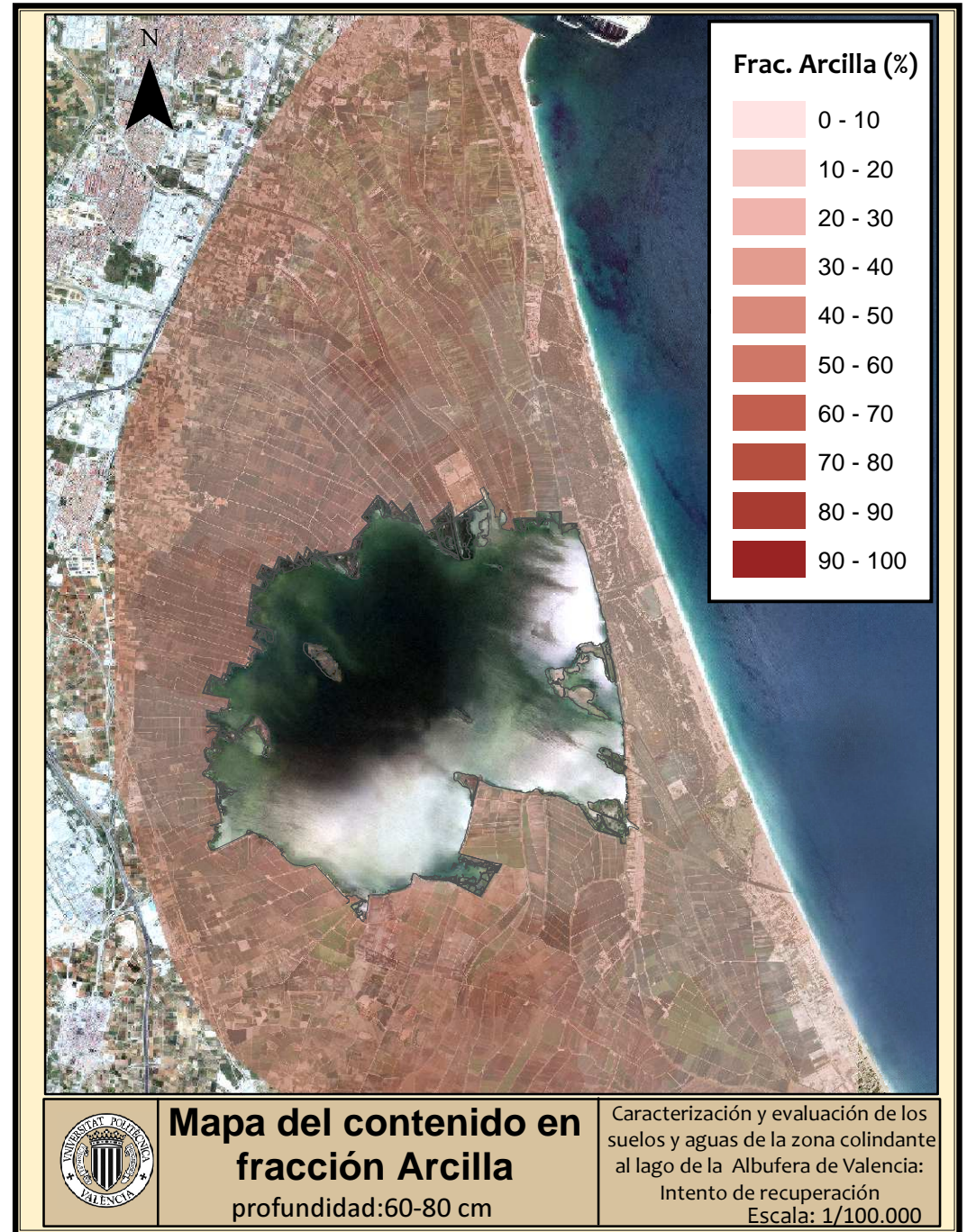
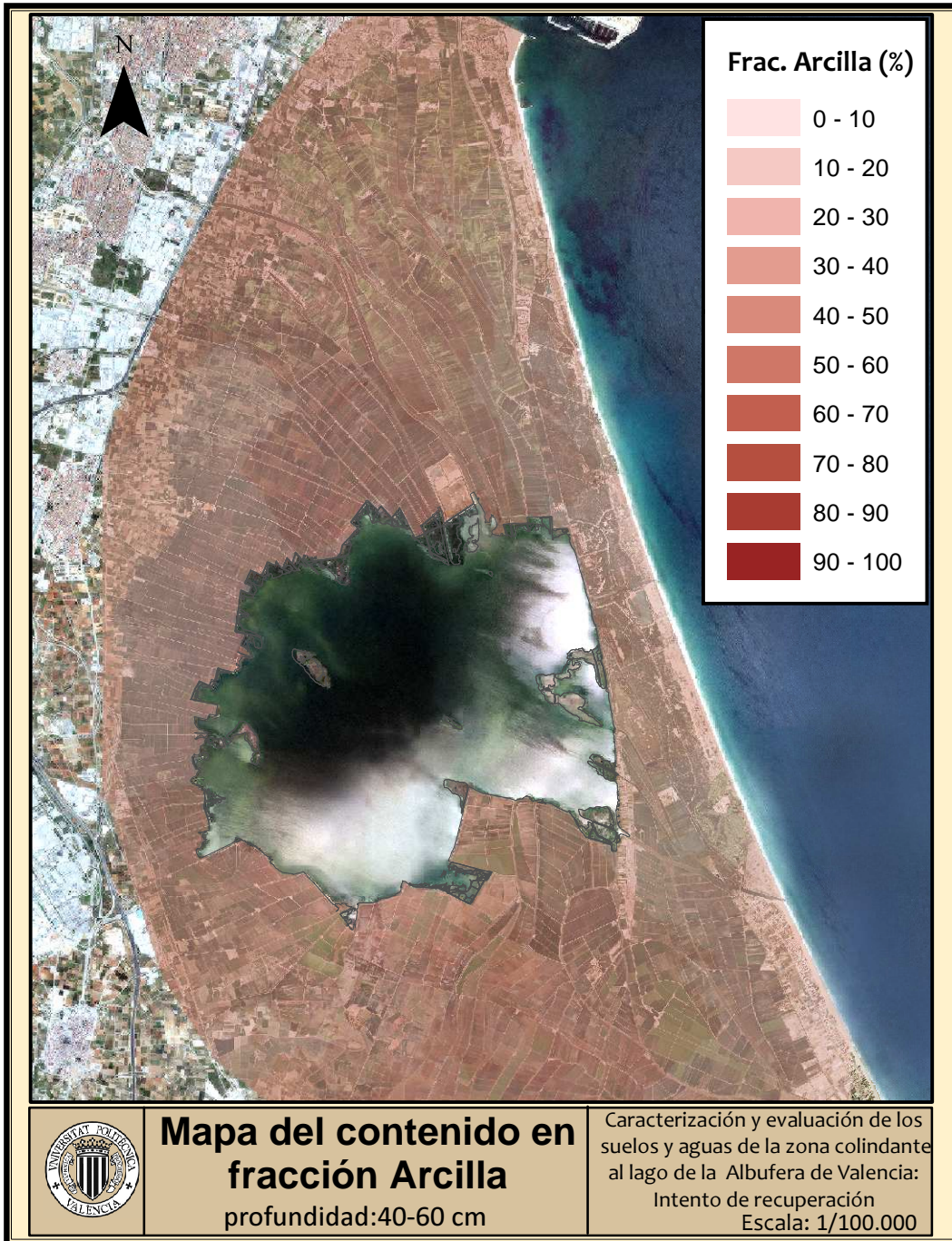
Septiembre 2012

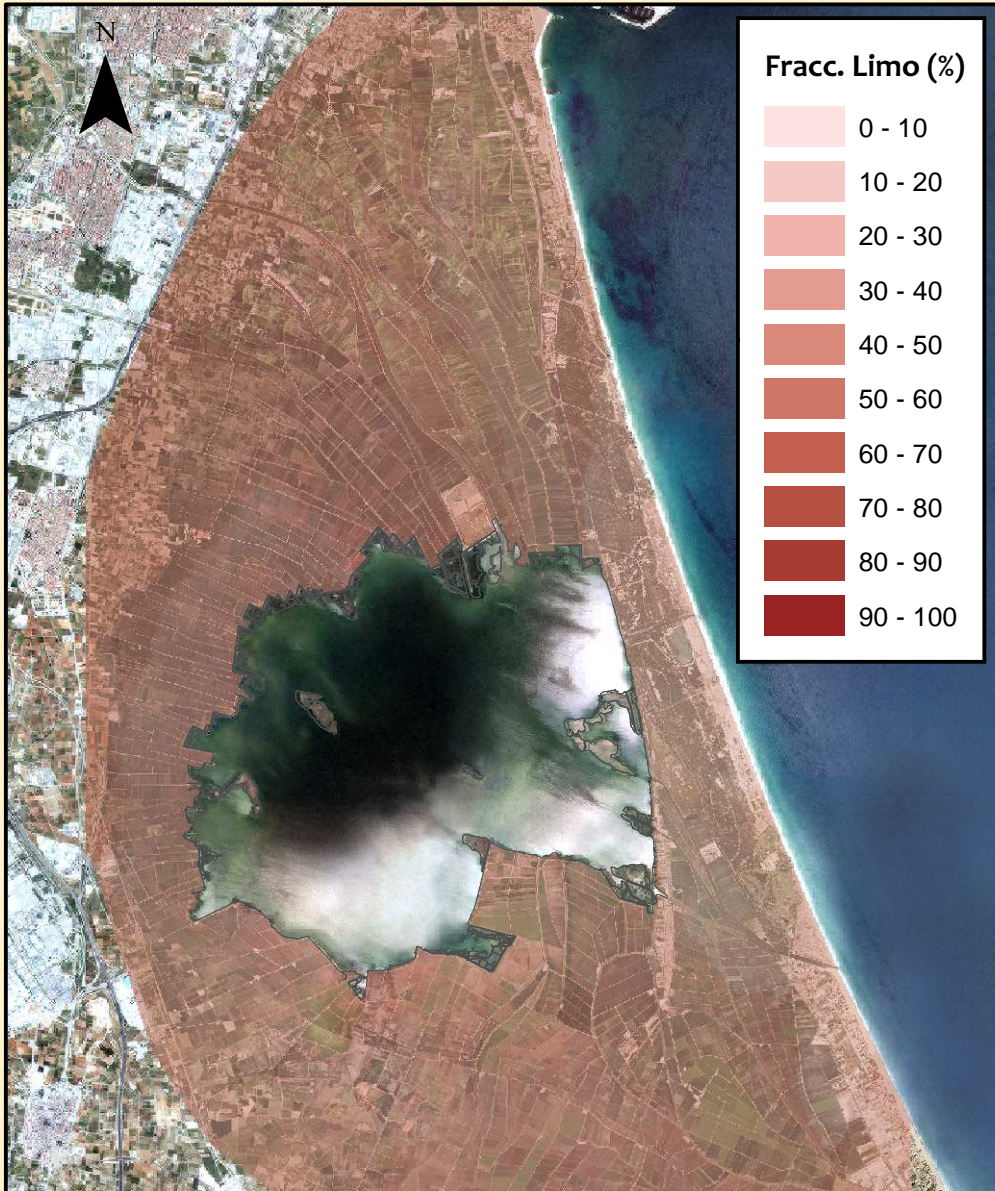
Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000

Anejo X

Evolución espacial de las variables edáficas

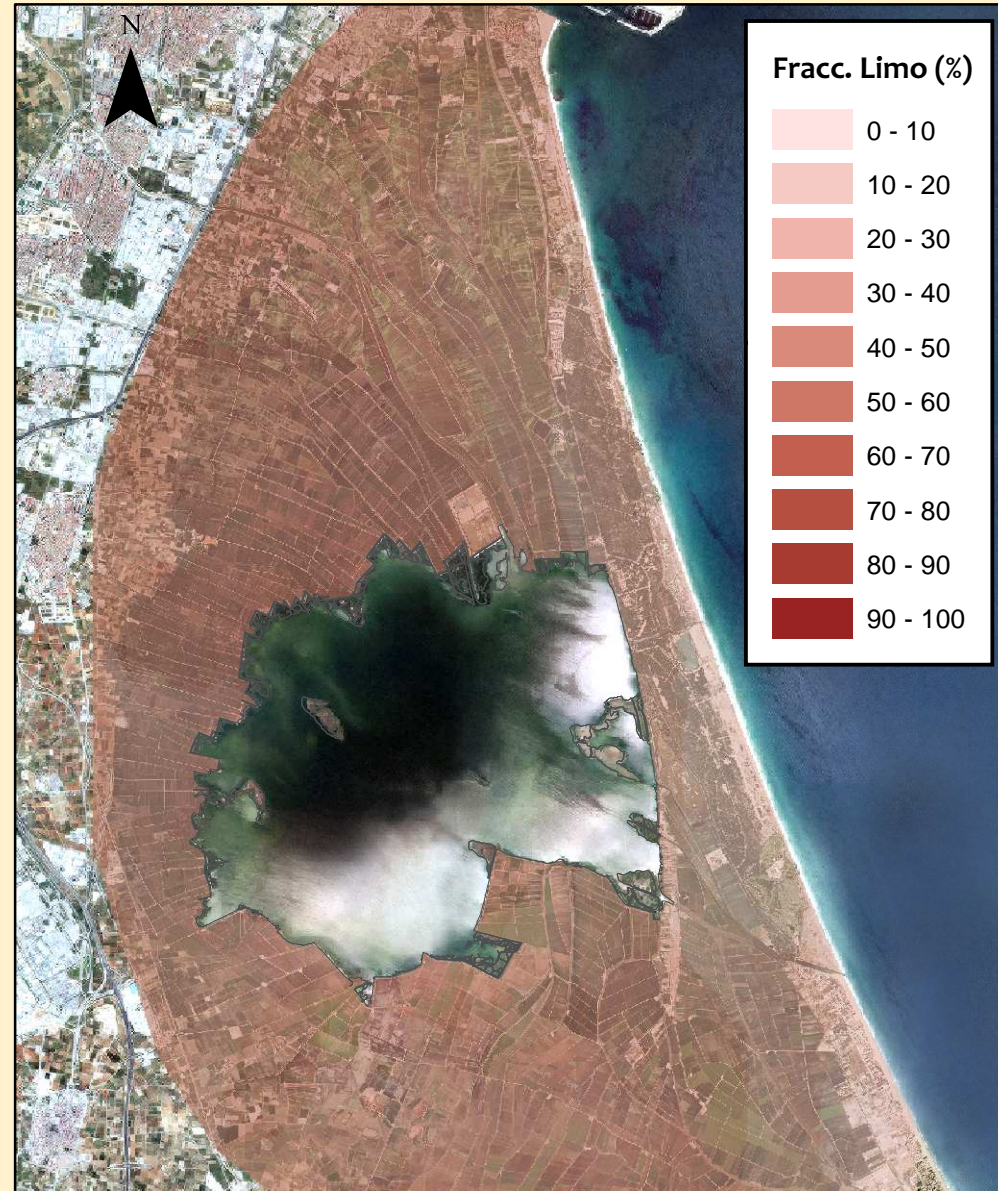






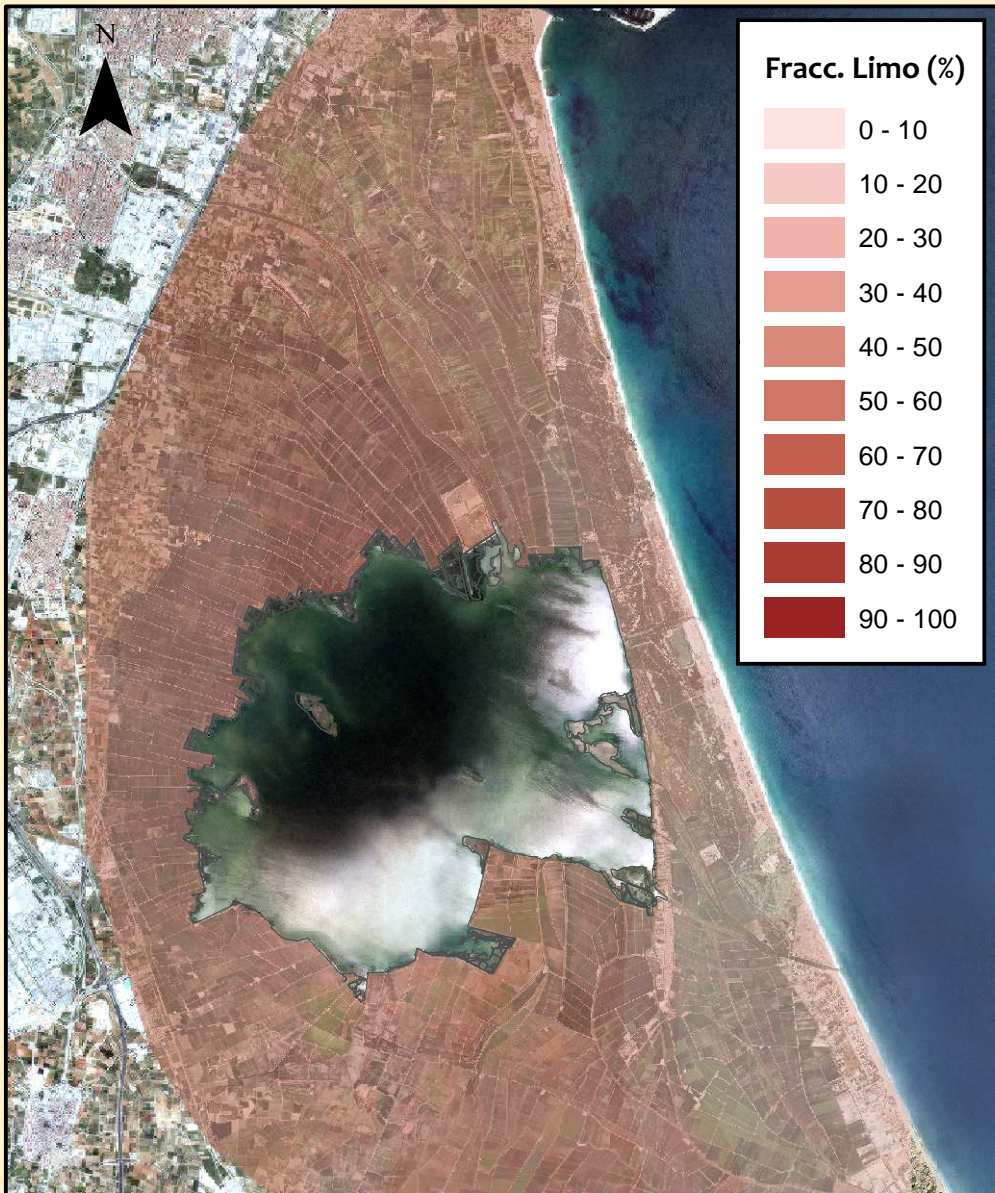
Mapa de Contenido en fracción limo
profundidad:0-20 cm

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante del lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



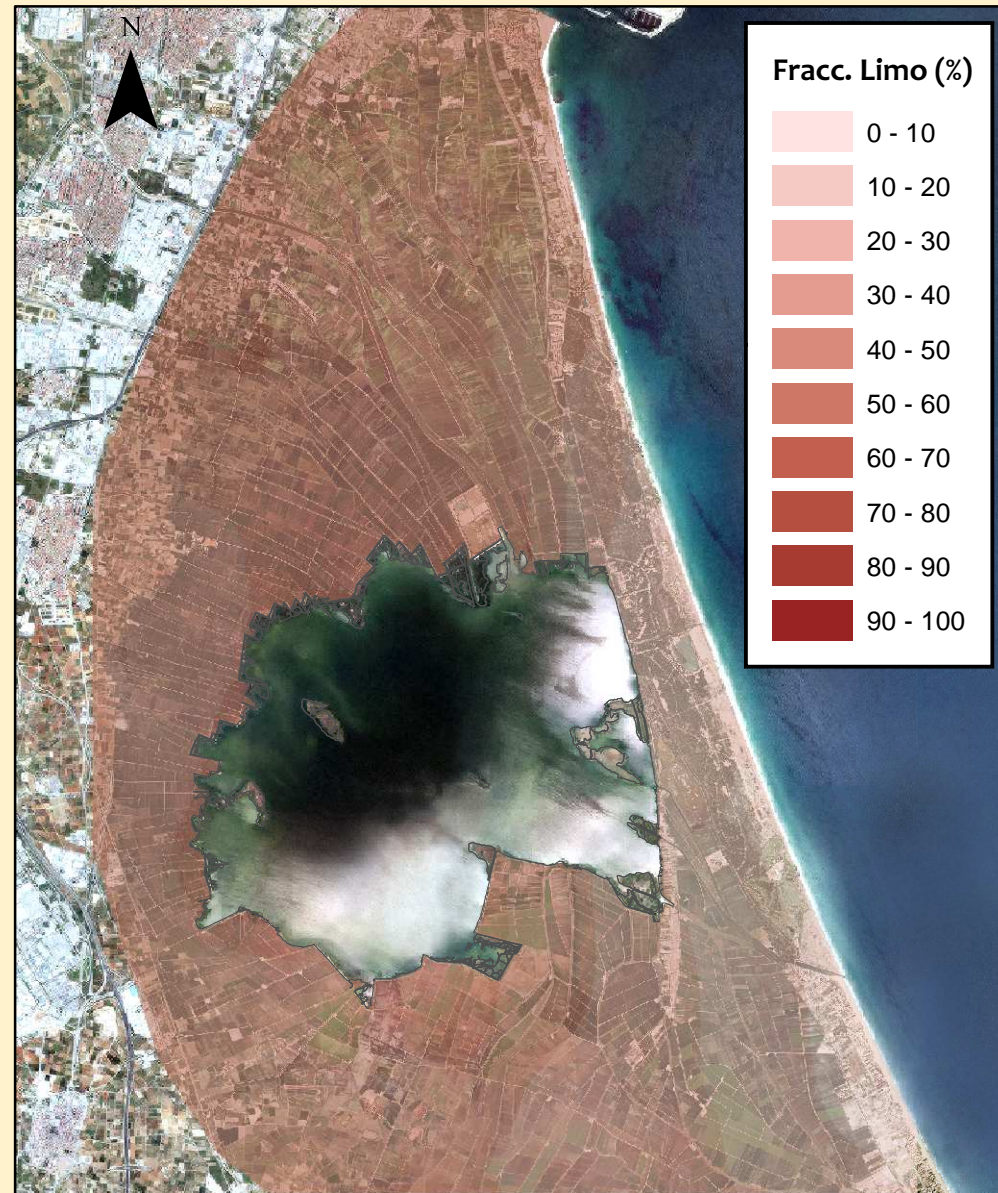
Mapa de Contenido en fracción limo
profundidad:20-40 cm

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante del lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



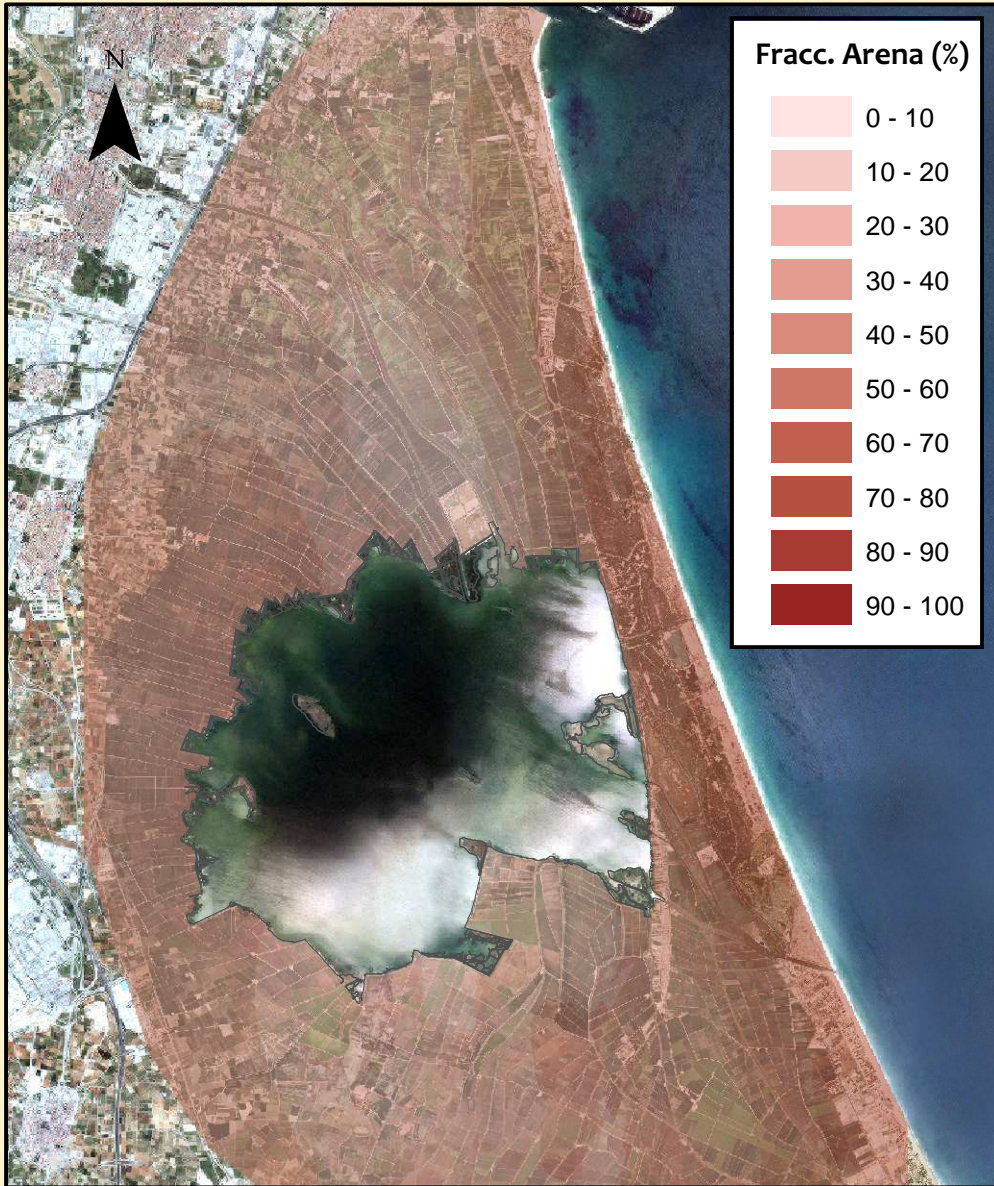
Mapa de Contenido en fracción limo
profundidad: 40-60 cm

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante del lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



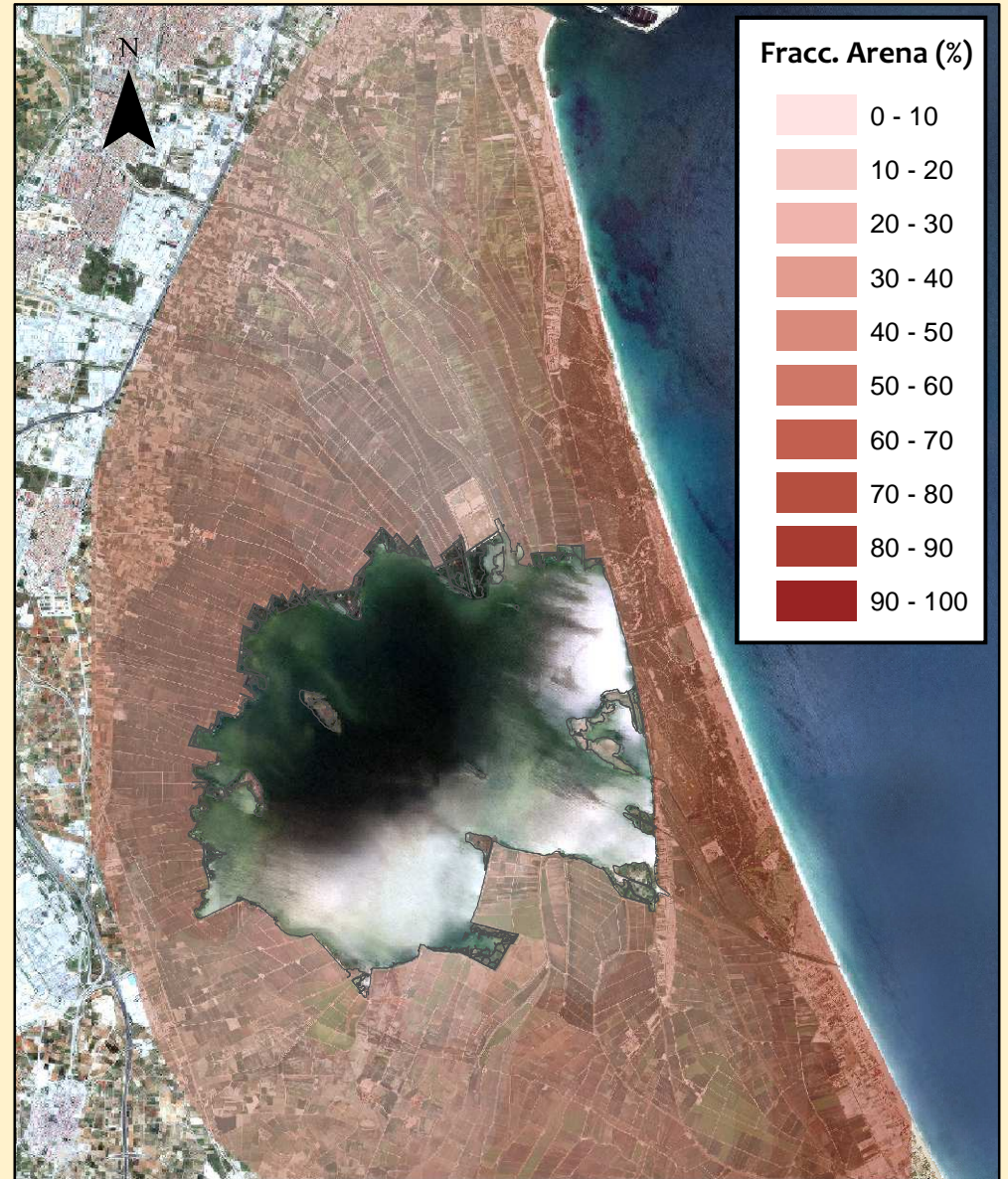
Mapa de Contenido en fracción limo
profundidad: 60-80 cm

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante del lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



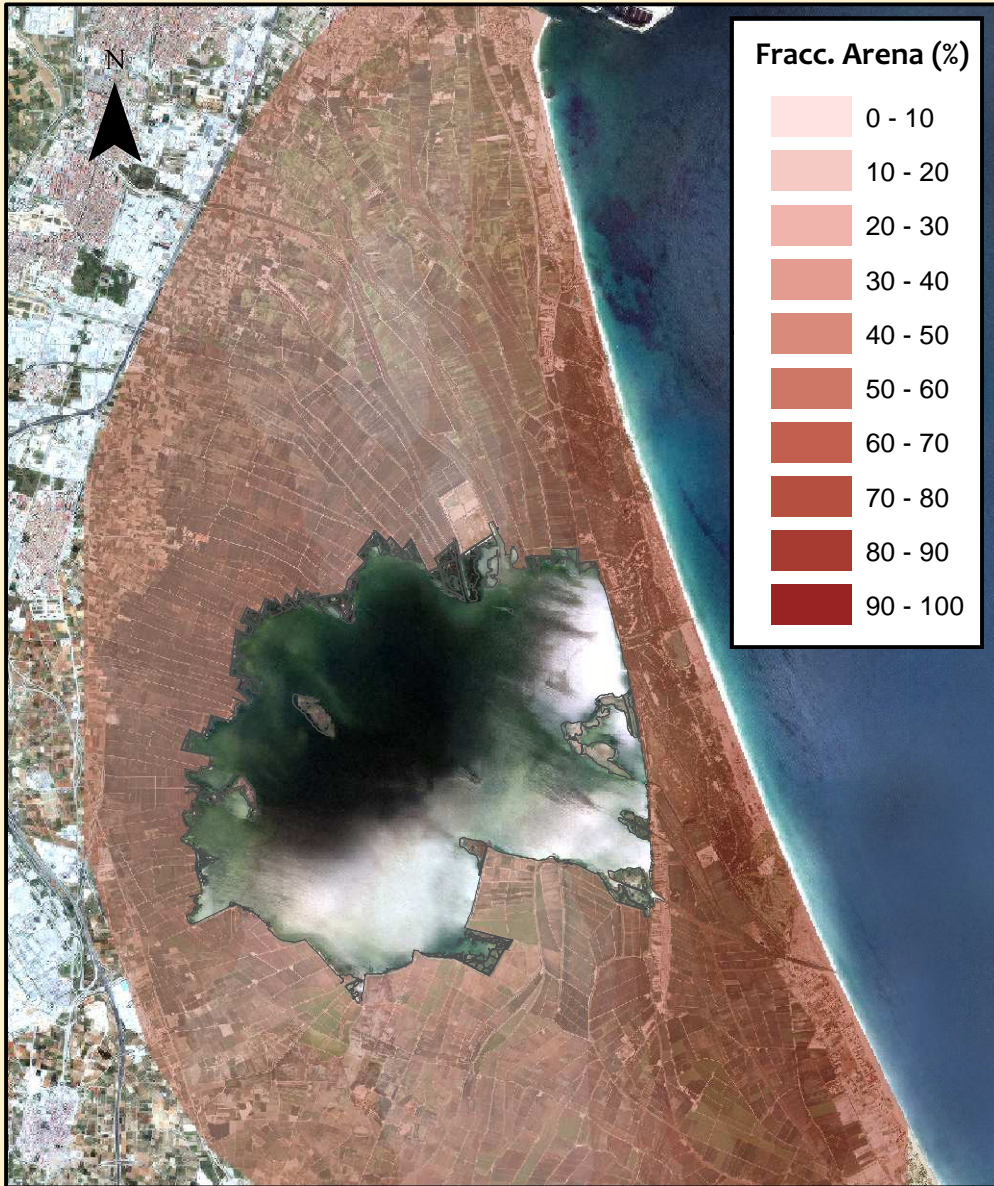
Mapa del contenido en fracción Arena
profundidad: 0-20 cm

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



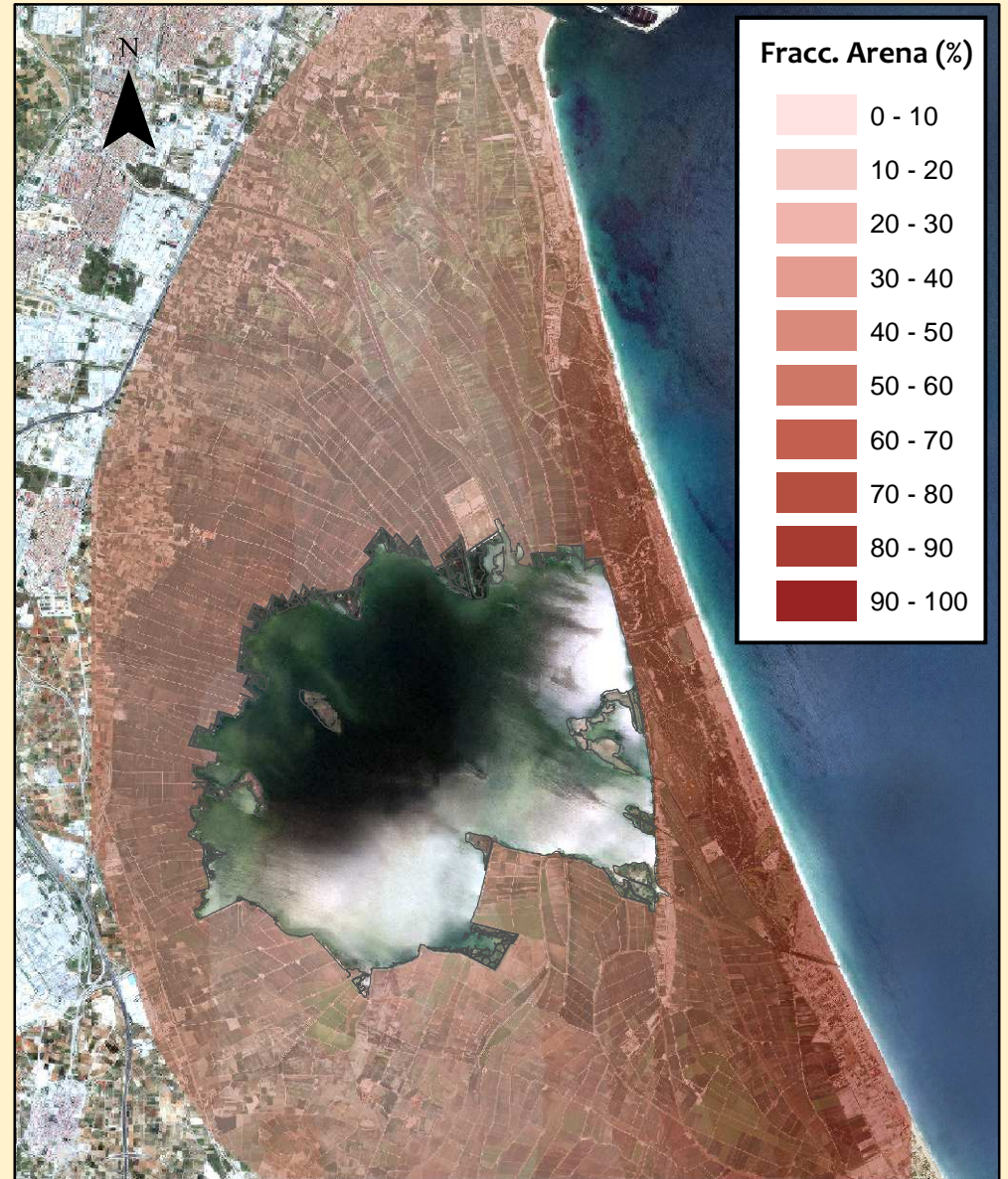
Mapa del contenido en fracción Arena
profundidad: 20-40 cm

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



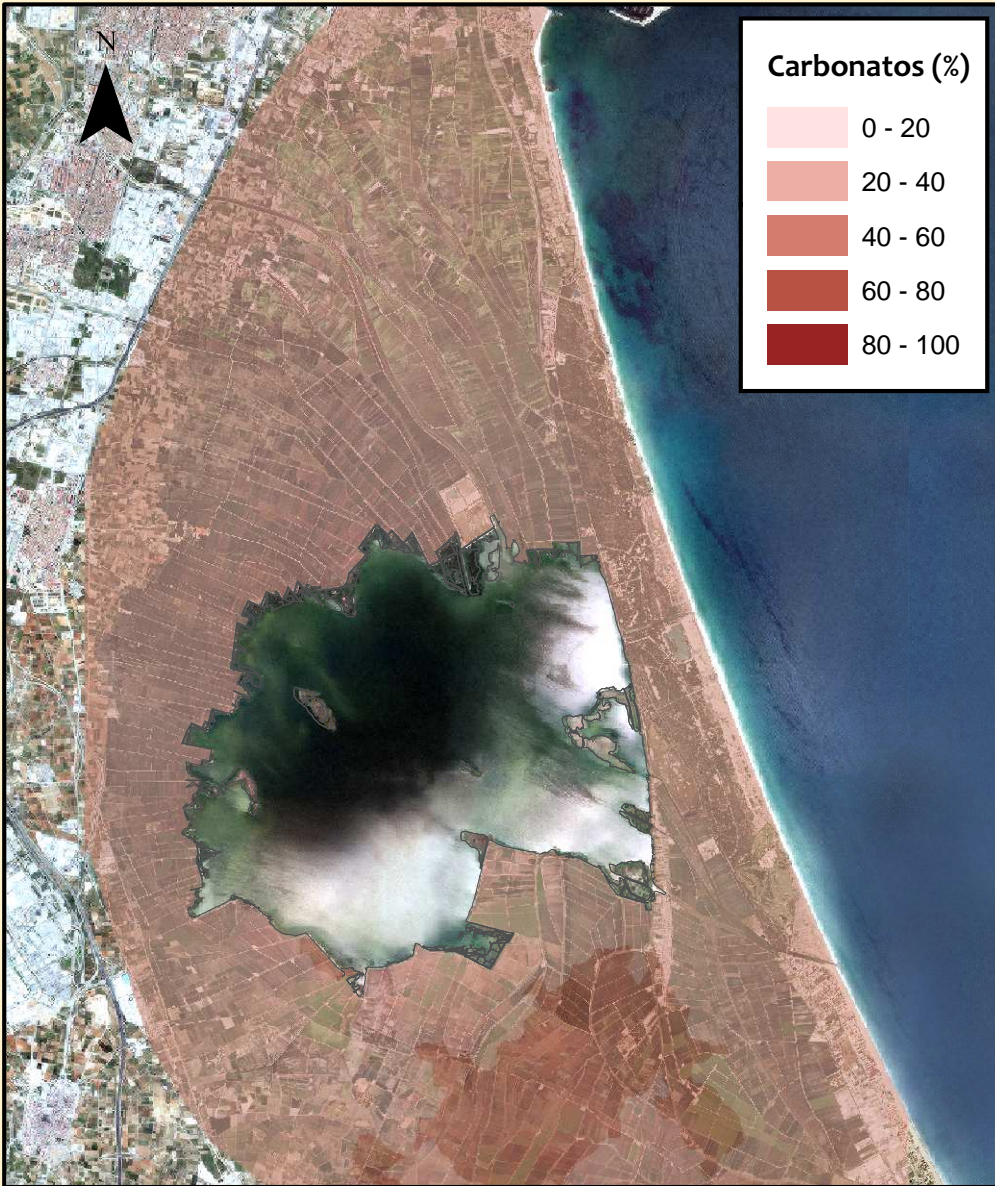
Mapa del contenido en fracción Arena
profundidad: 40-60 cm

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa del contenido en fracción Arena
profundidad: 60-80 cm

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



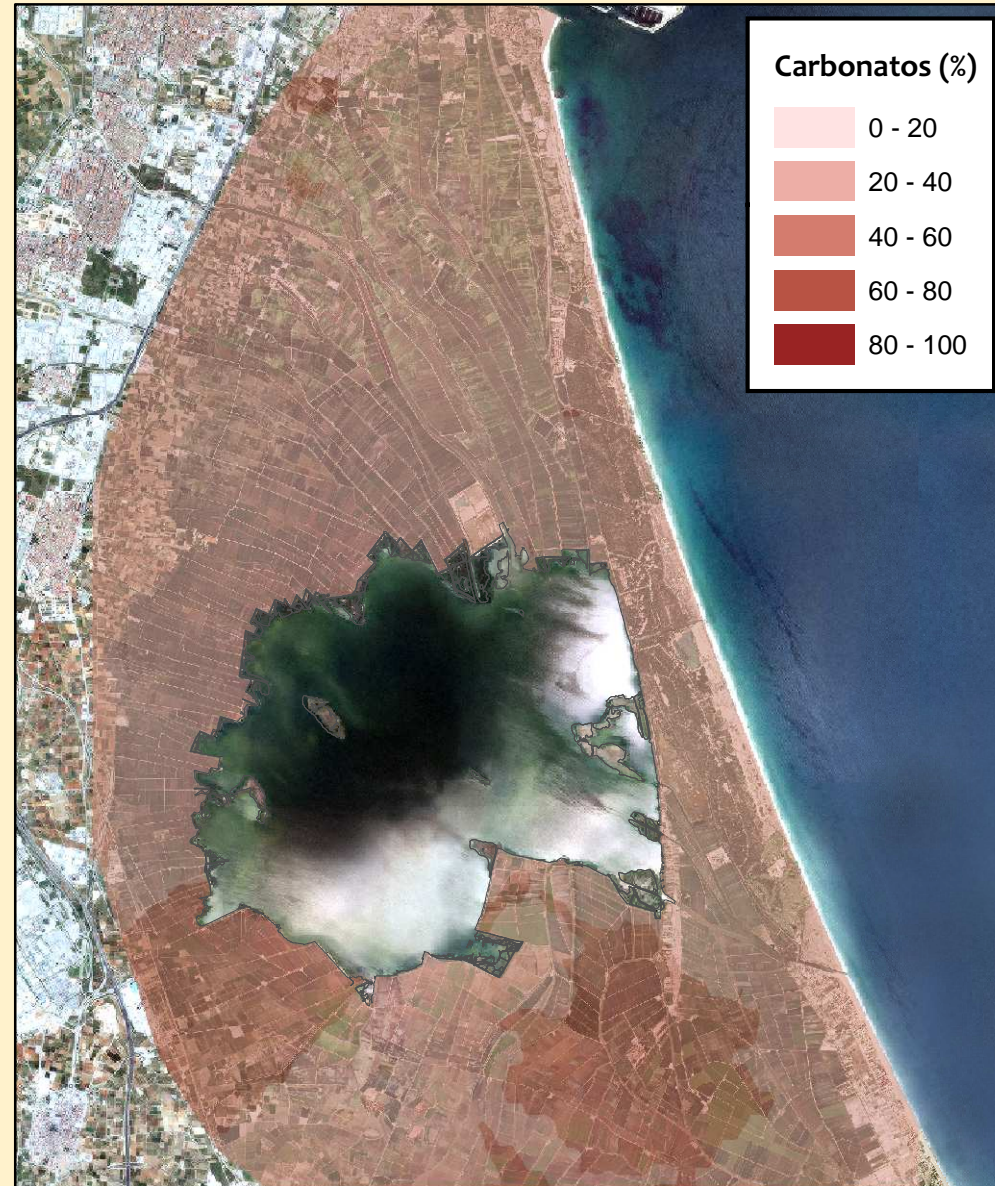
Carbonatos (%)

- 0 - 20
- 20 - 40
- 40 - 60
- 60 - 80
- 80 - 100



Mapa de contenido en Carbonatos
profundidad: 0-20 cm

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



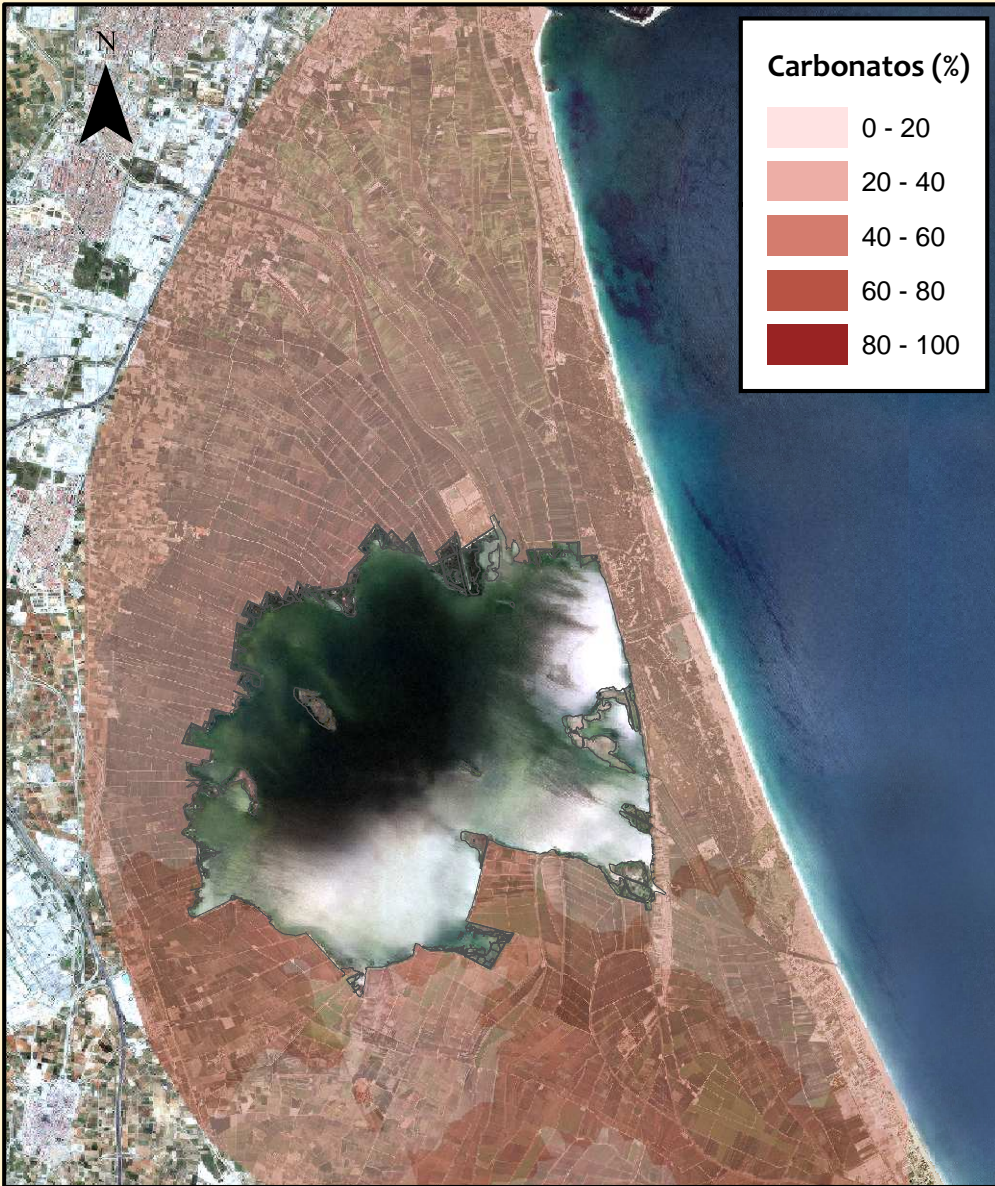
Carbonatos (%)

- 0 - 20
- 20 - 40
- 40 - 60
- 60 - 80
- 80 - 100



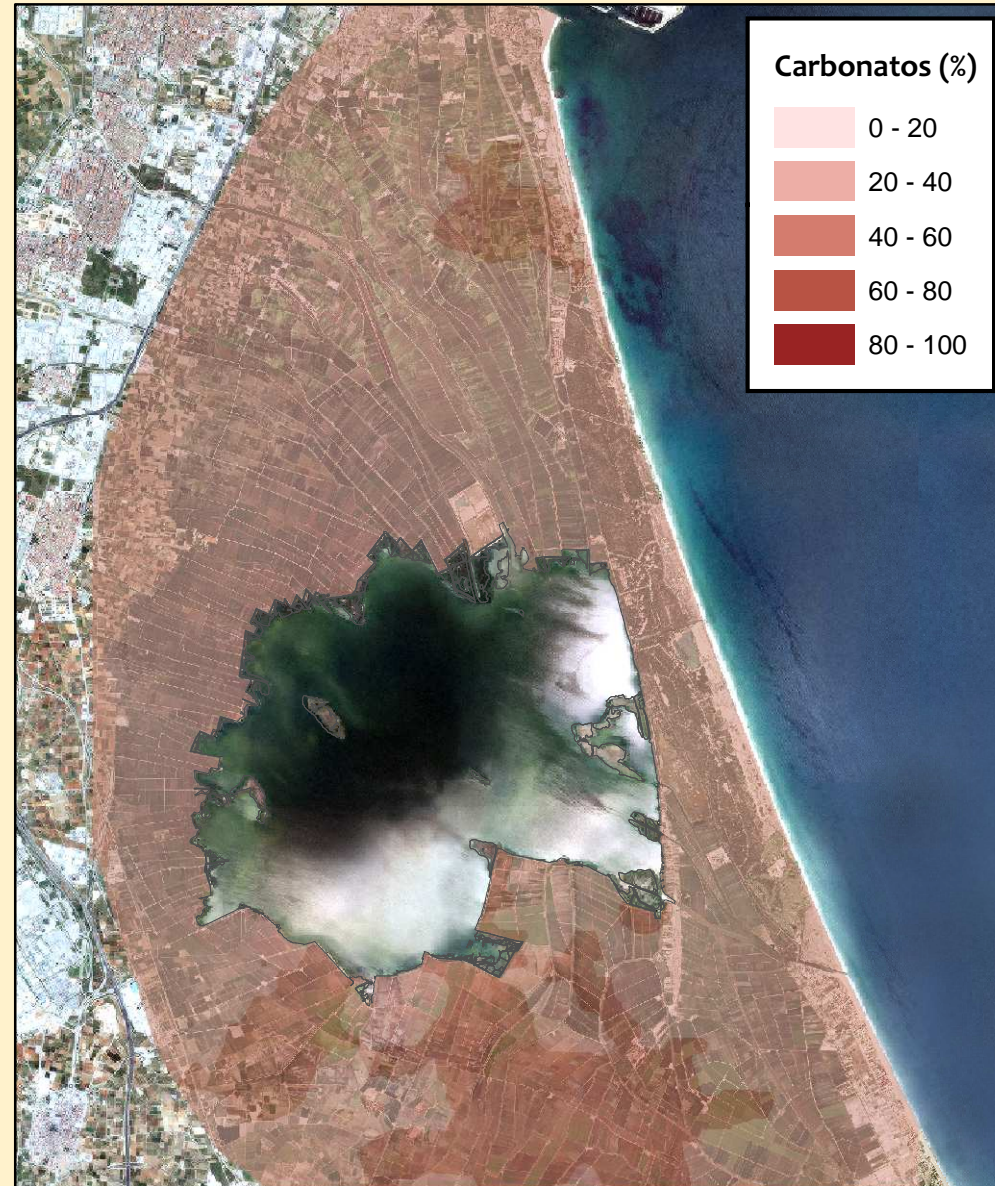
Mapa de contenido en Carbonatos
profundidad: 20-40 cm

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



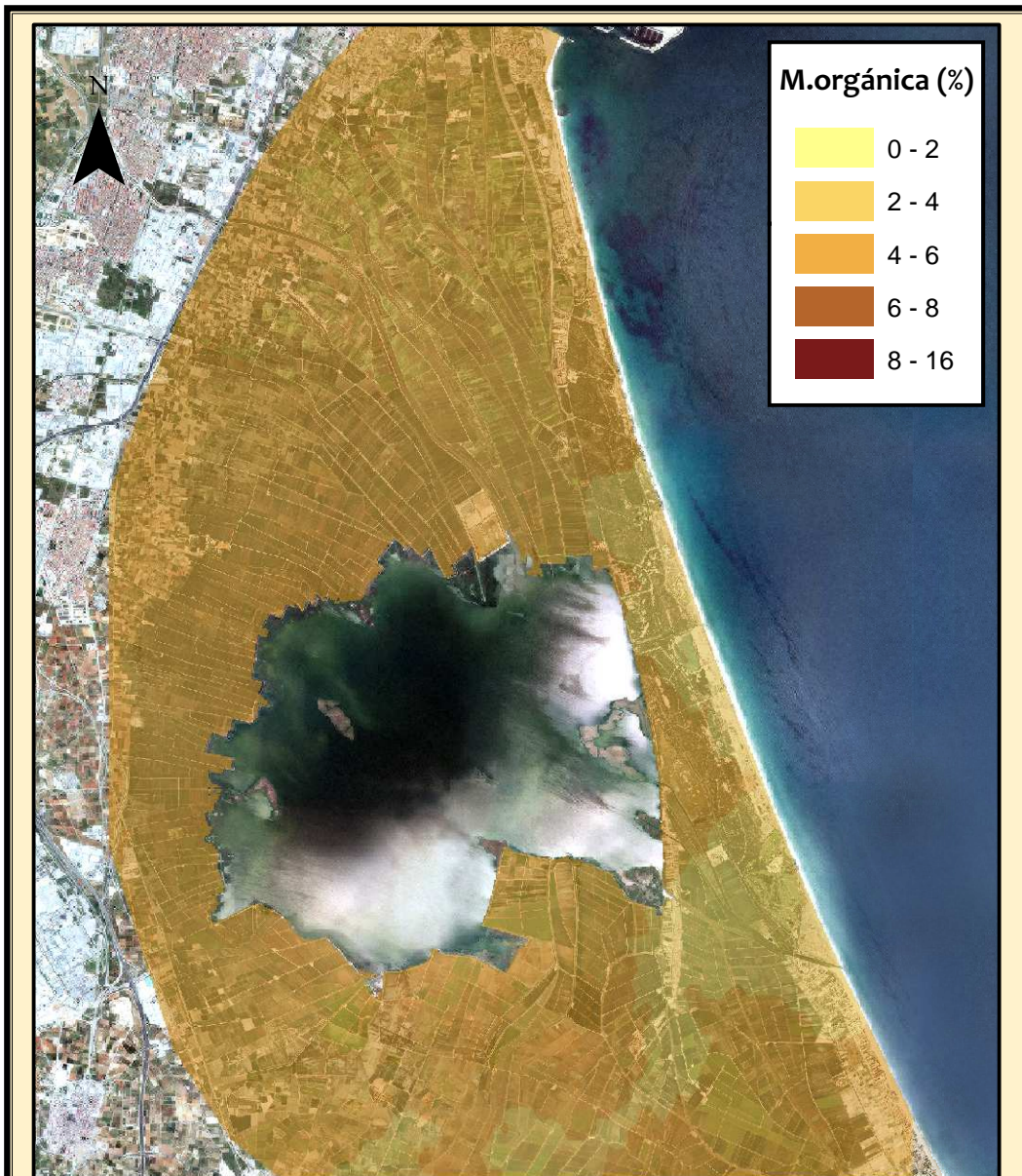
Mapa de contenido en Carbonatos
profundidad: 40-60 cm

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de contenido en Carbonatos
profundidad: 60-80 cm

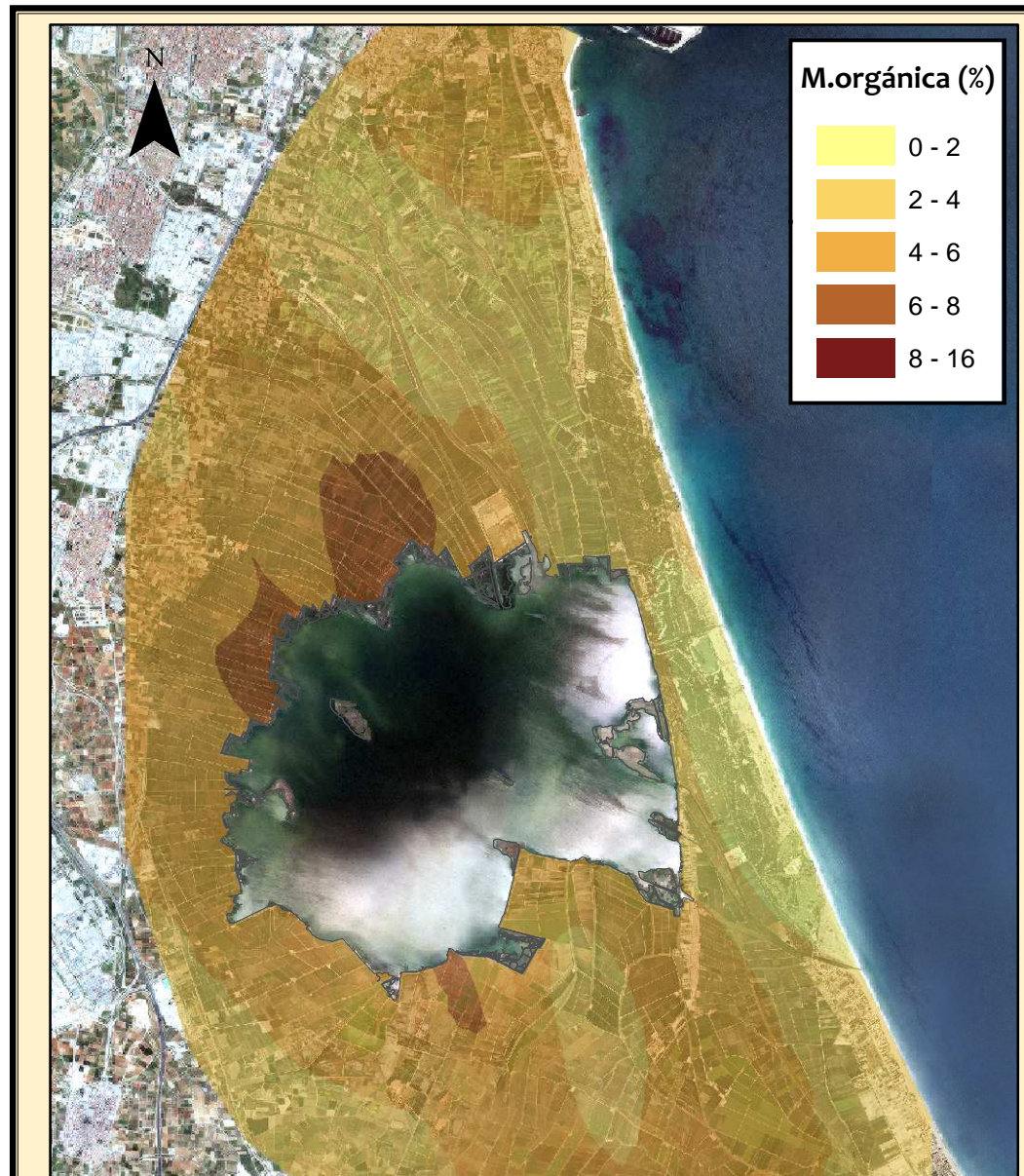
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



**Mapa de contenido en
Materia Orgánica**

profundidad: 0-20 cm

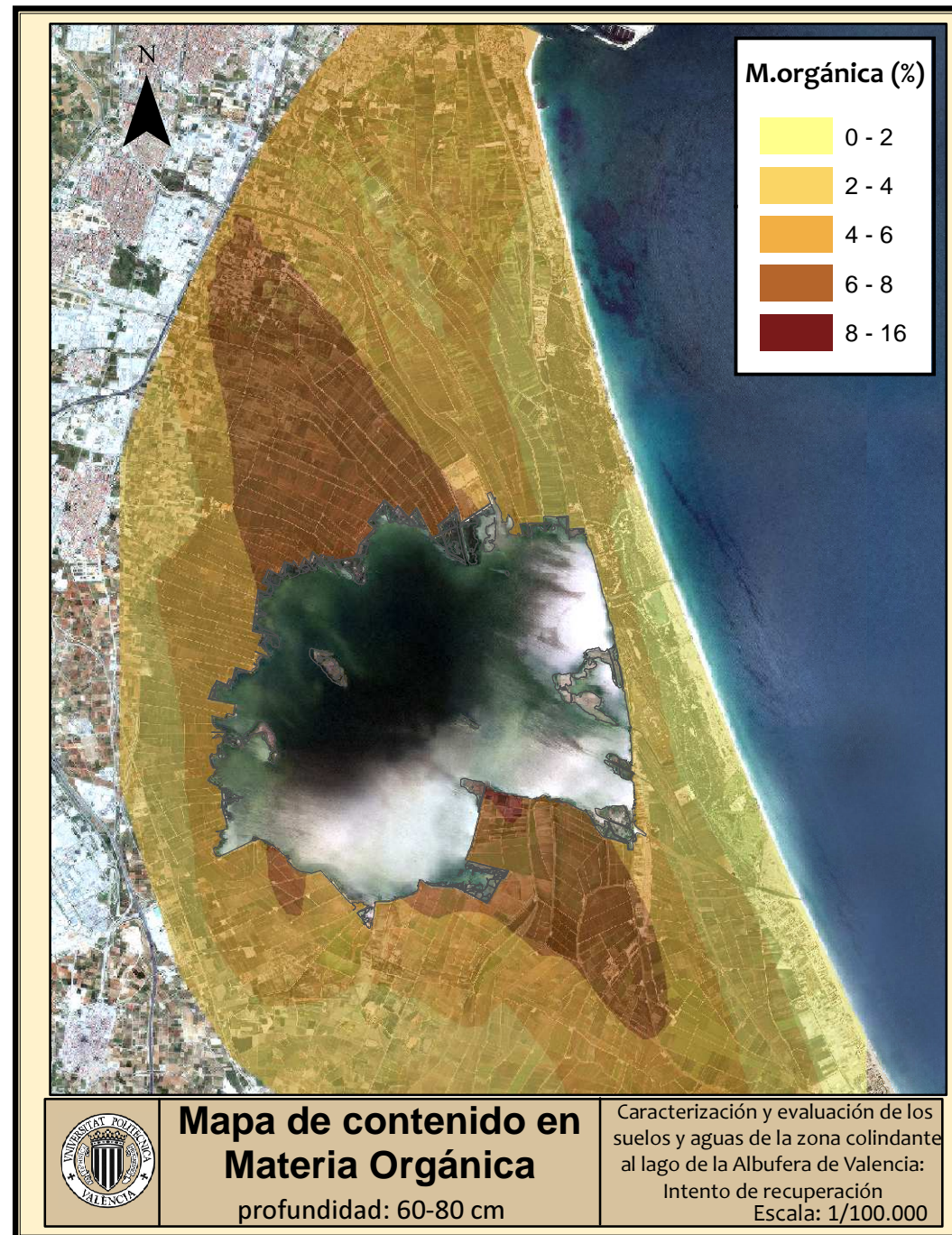
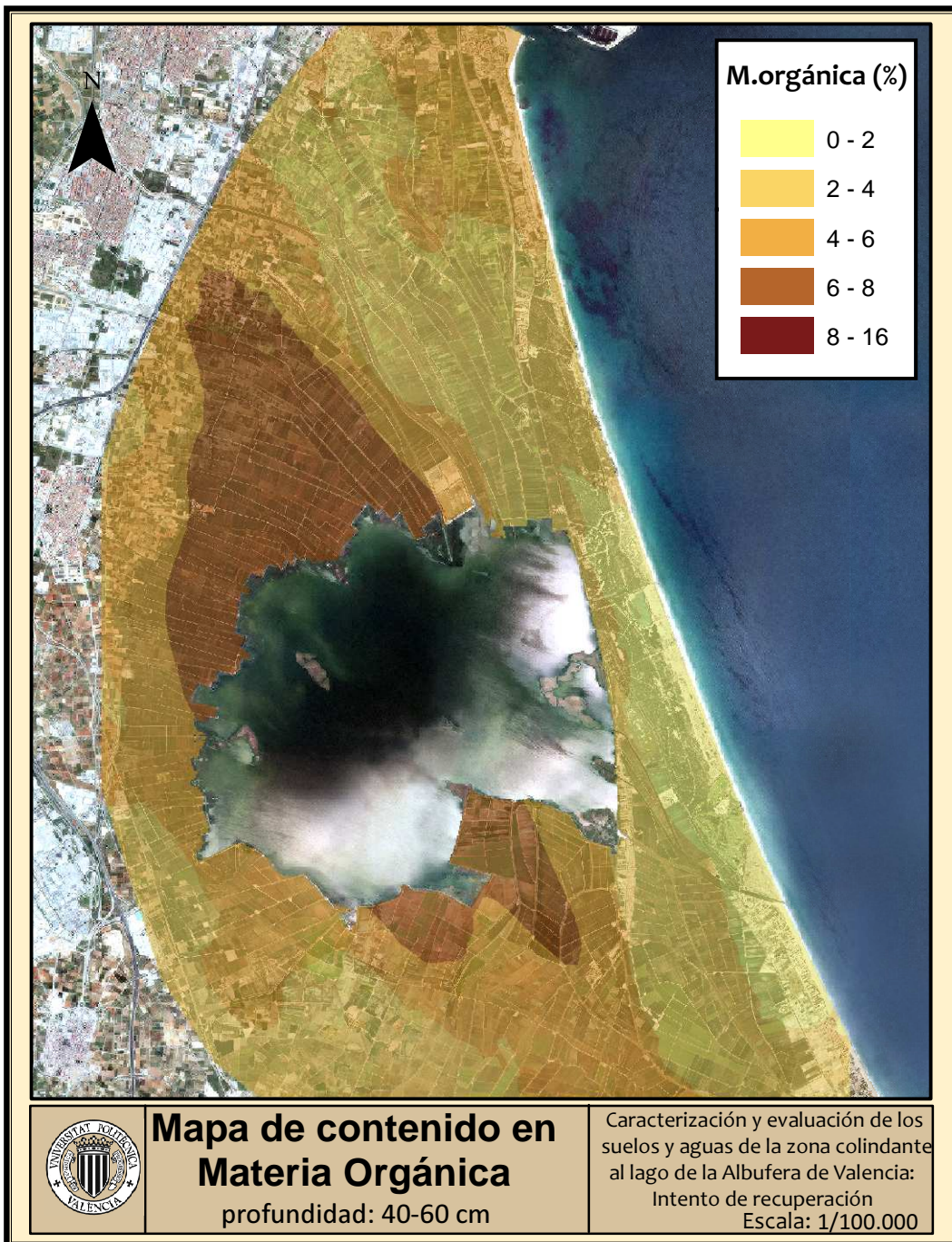
Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000

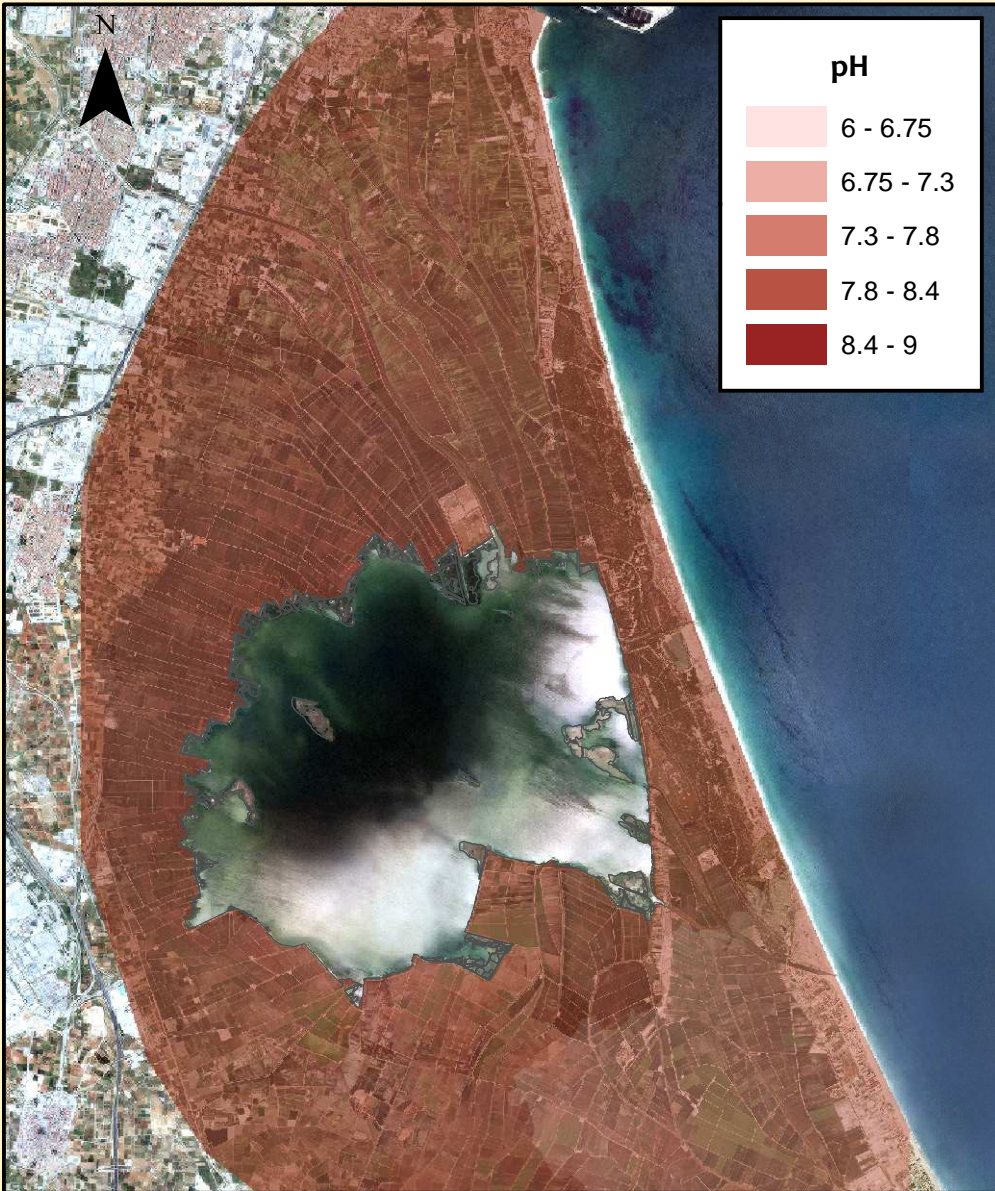


**Mapa de contenido en
Materia Orgánica**

profundidad: 20-40 cm

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación
Escala: 1/100.000

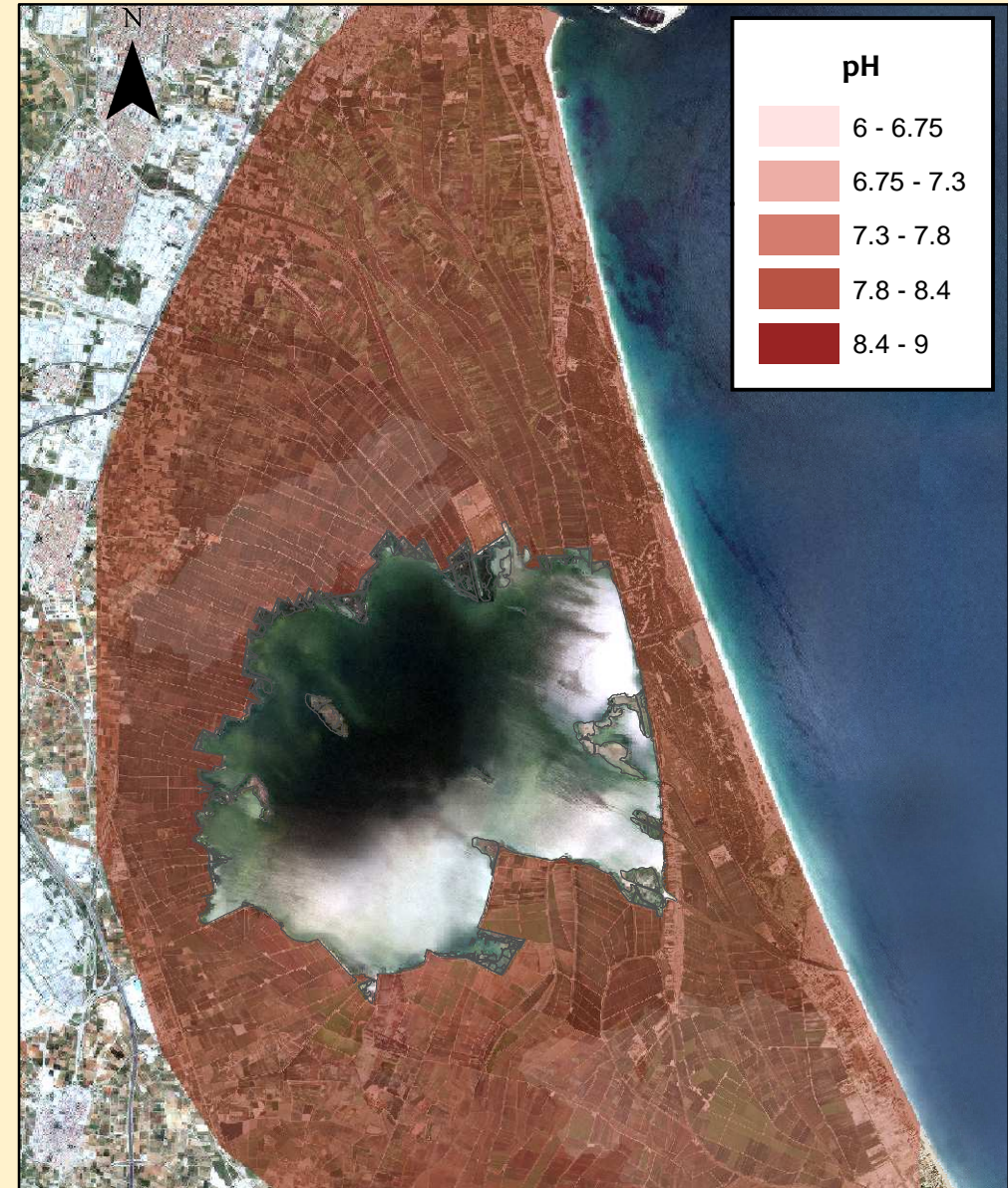




Mapa de pH

pH_{1:25} (H₂O)
 profundidad: 0-20 cm

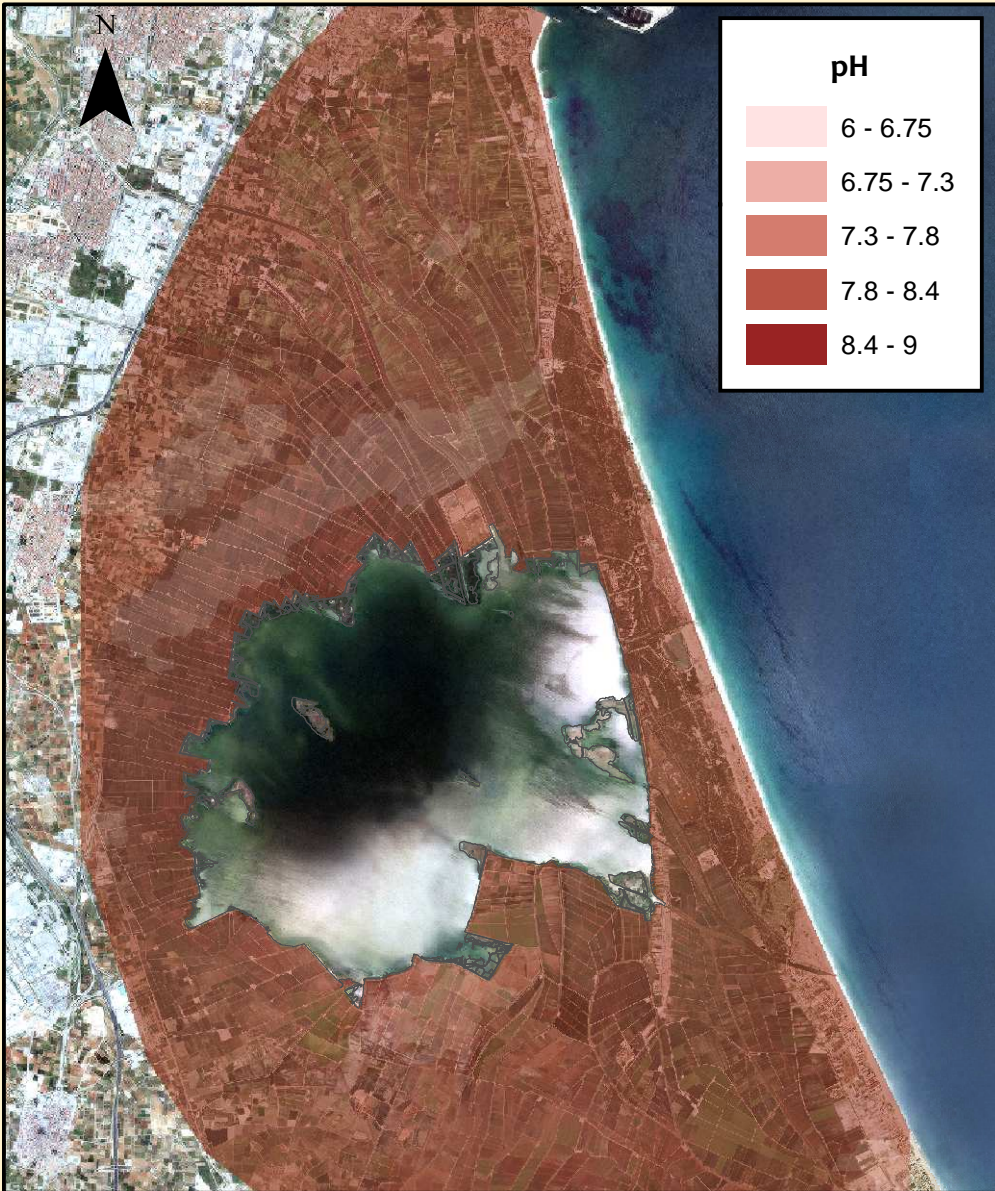
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



Mapa de pH

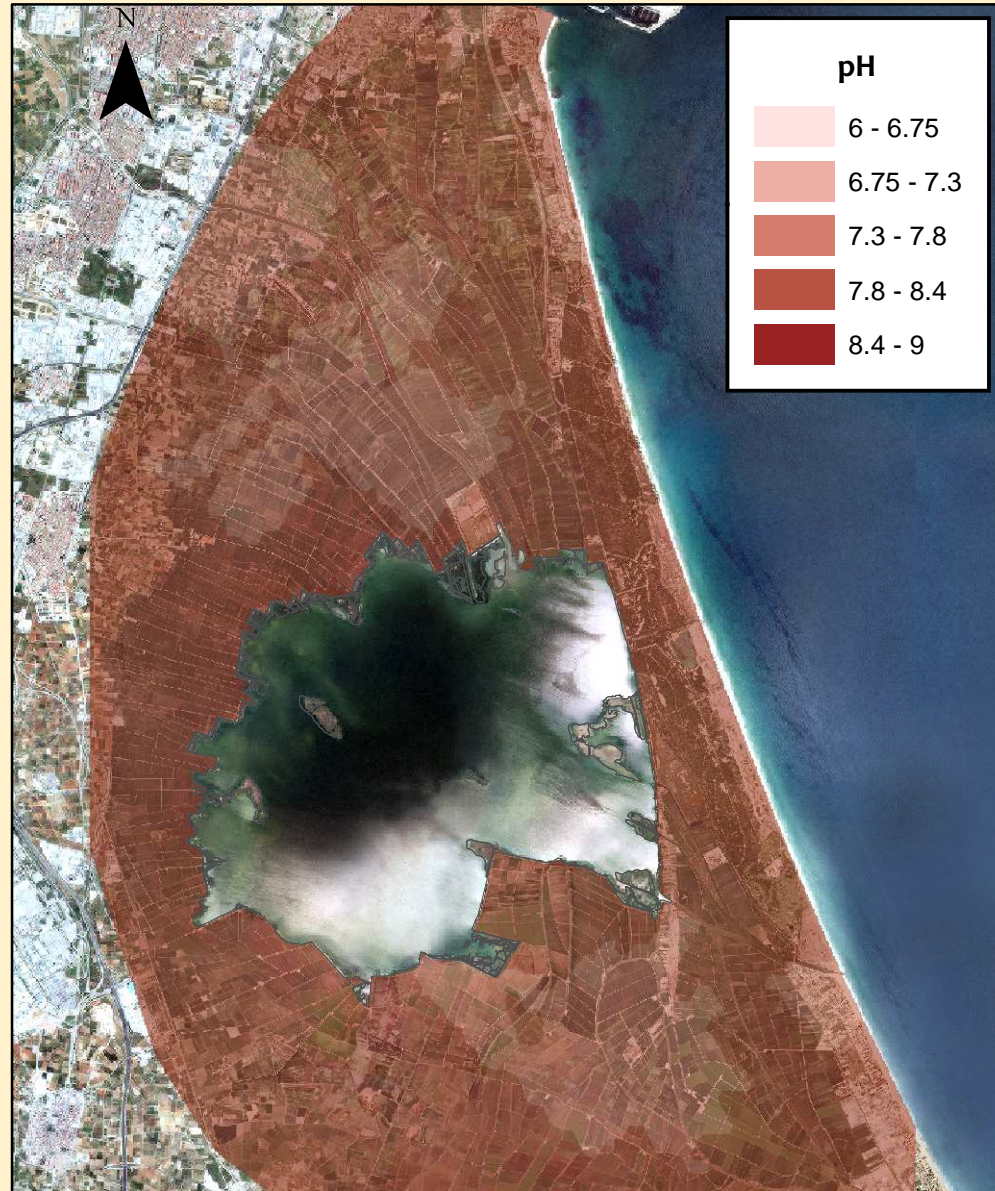
pH_{1:25} (H₂O)
 profundidad: 20-40 cm

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



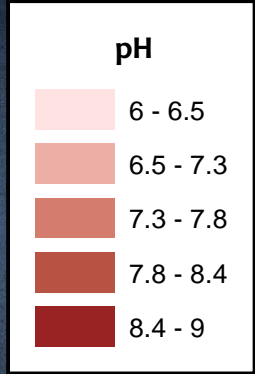
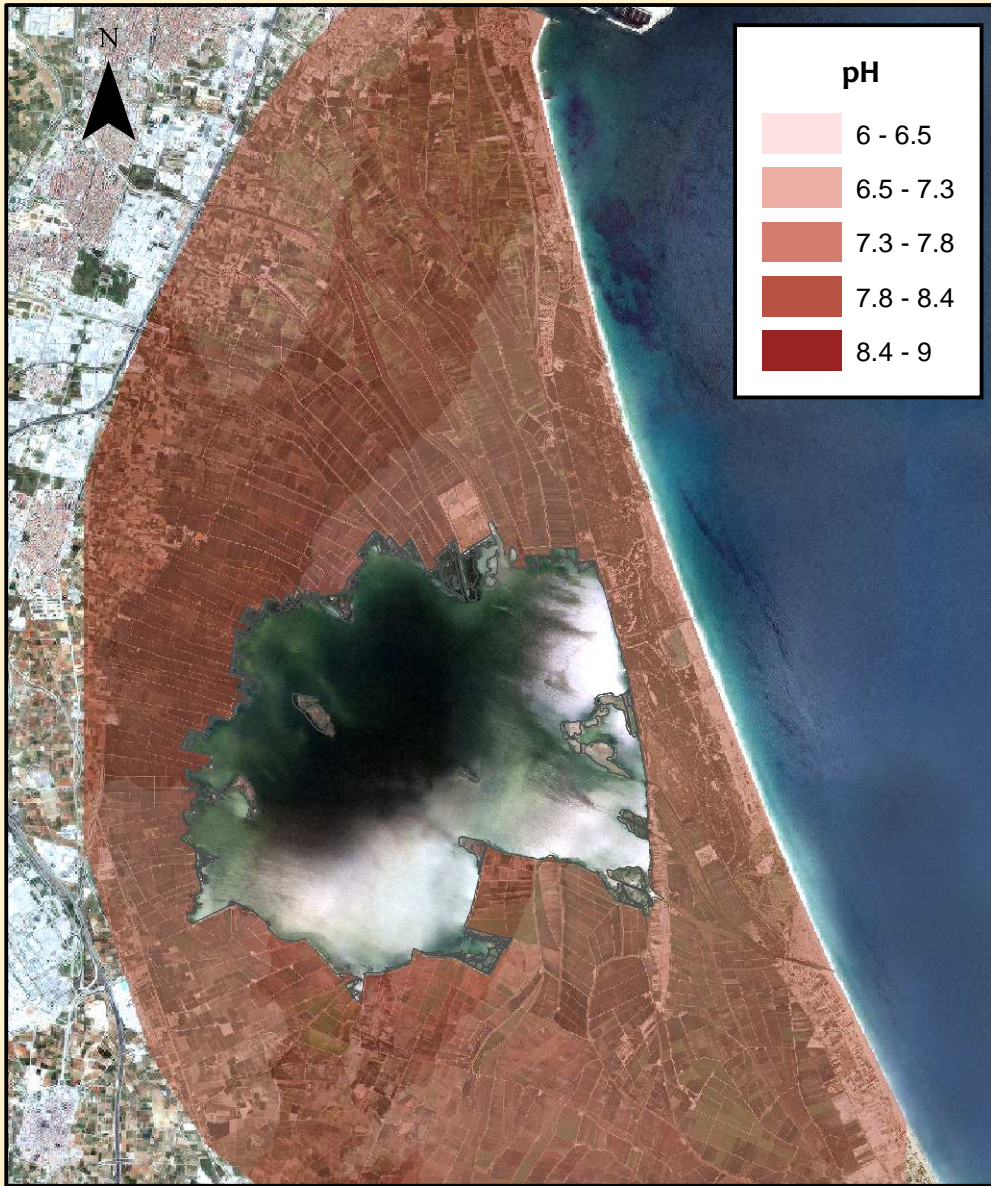
Mapa de pH
 pH_{1:25} (H₂O)
 profundidad: 40-60 cm

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



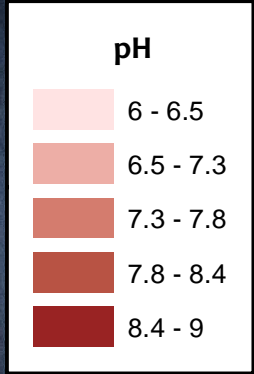
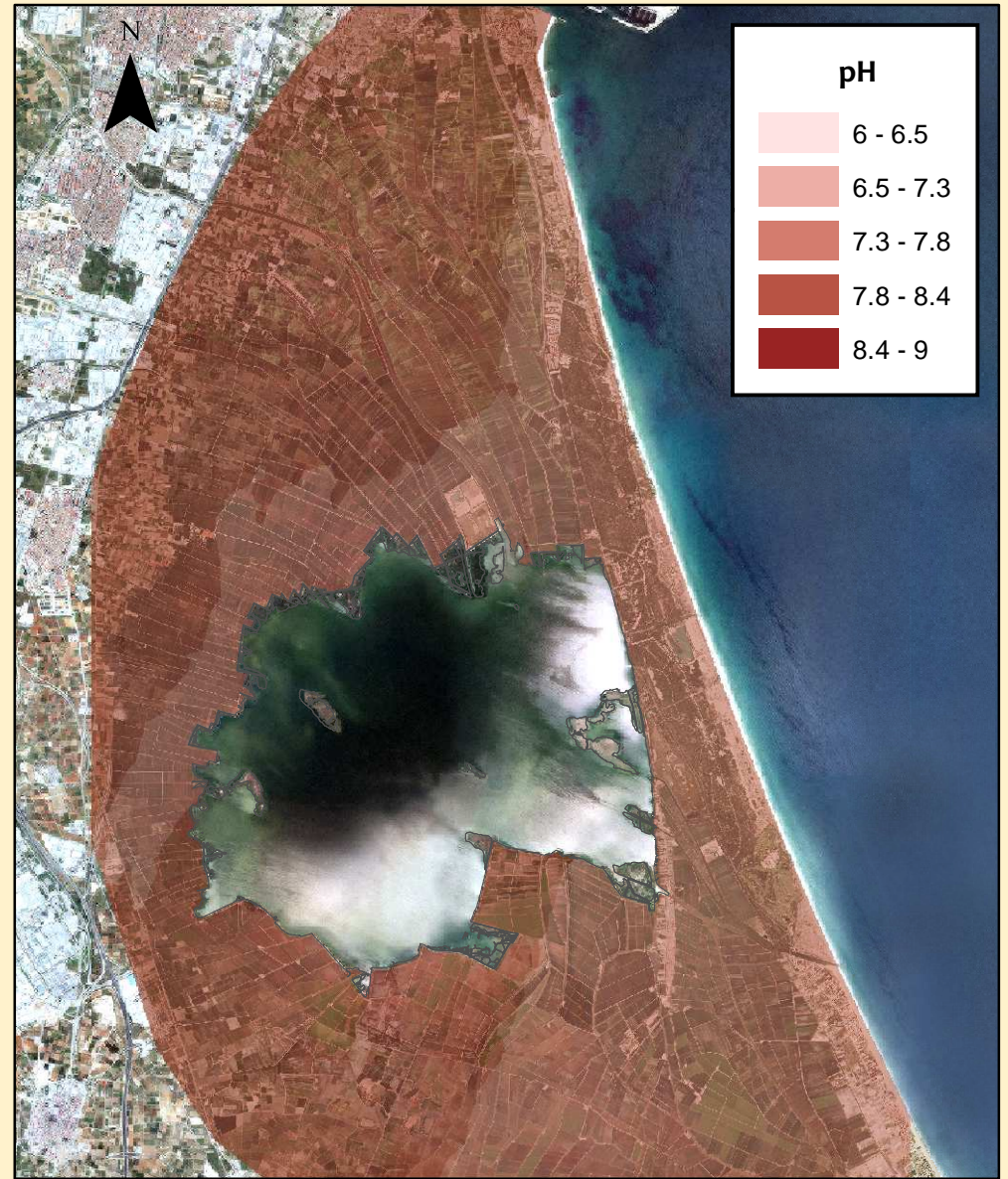
Mapa de pH
 pH_{1:25} (H₂O)
 profundidad: 60-80 cm

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



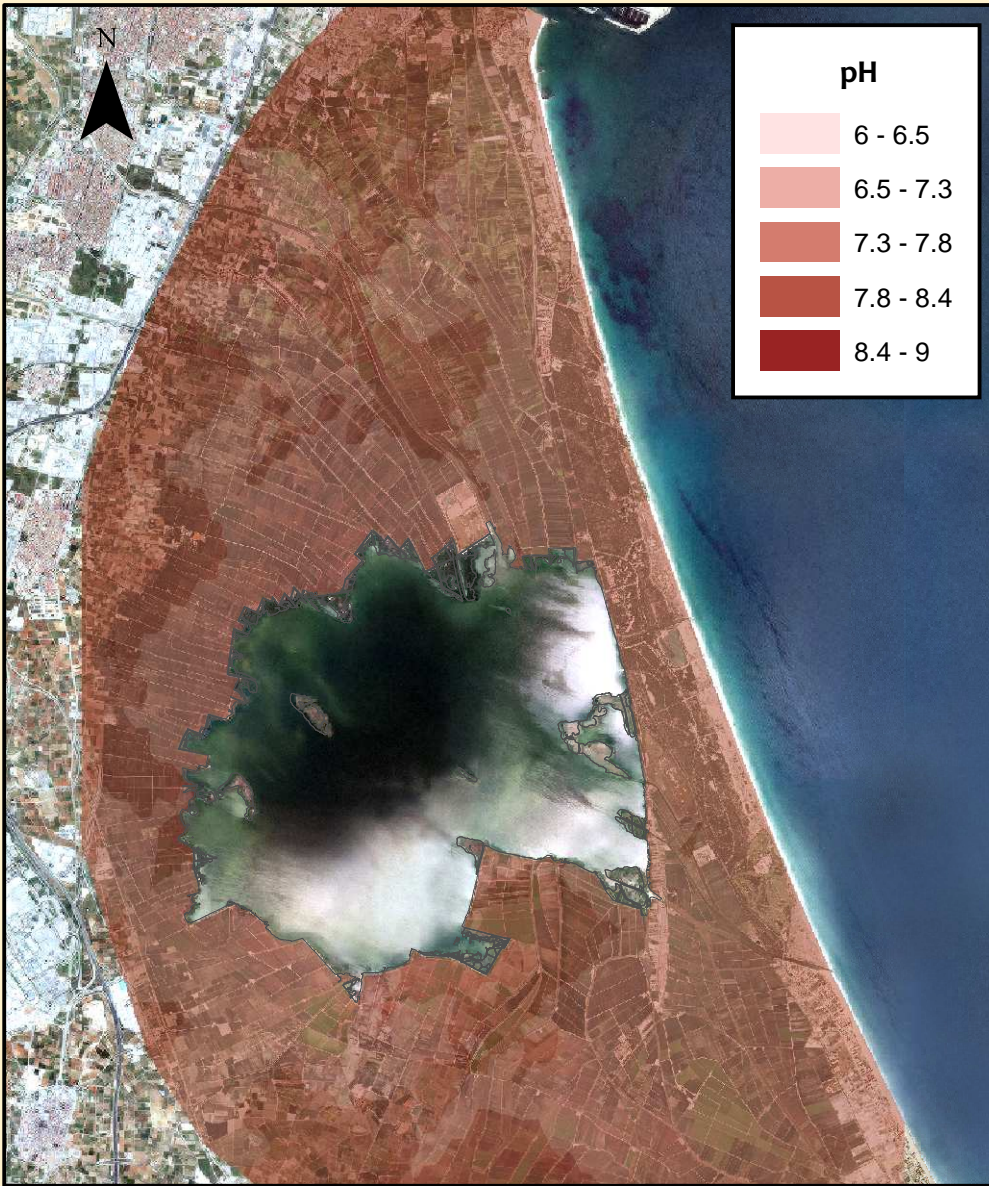
Mapa de pH
 pH extracto saturación (H₂O)
 profundidad: 0-20 cm

Caracterización y evaluación de los
 suelos y aguas de la zona colindante
 de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



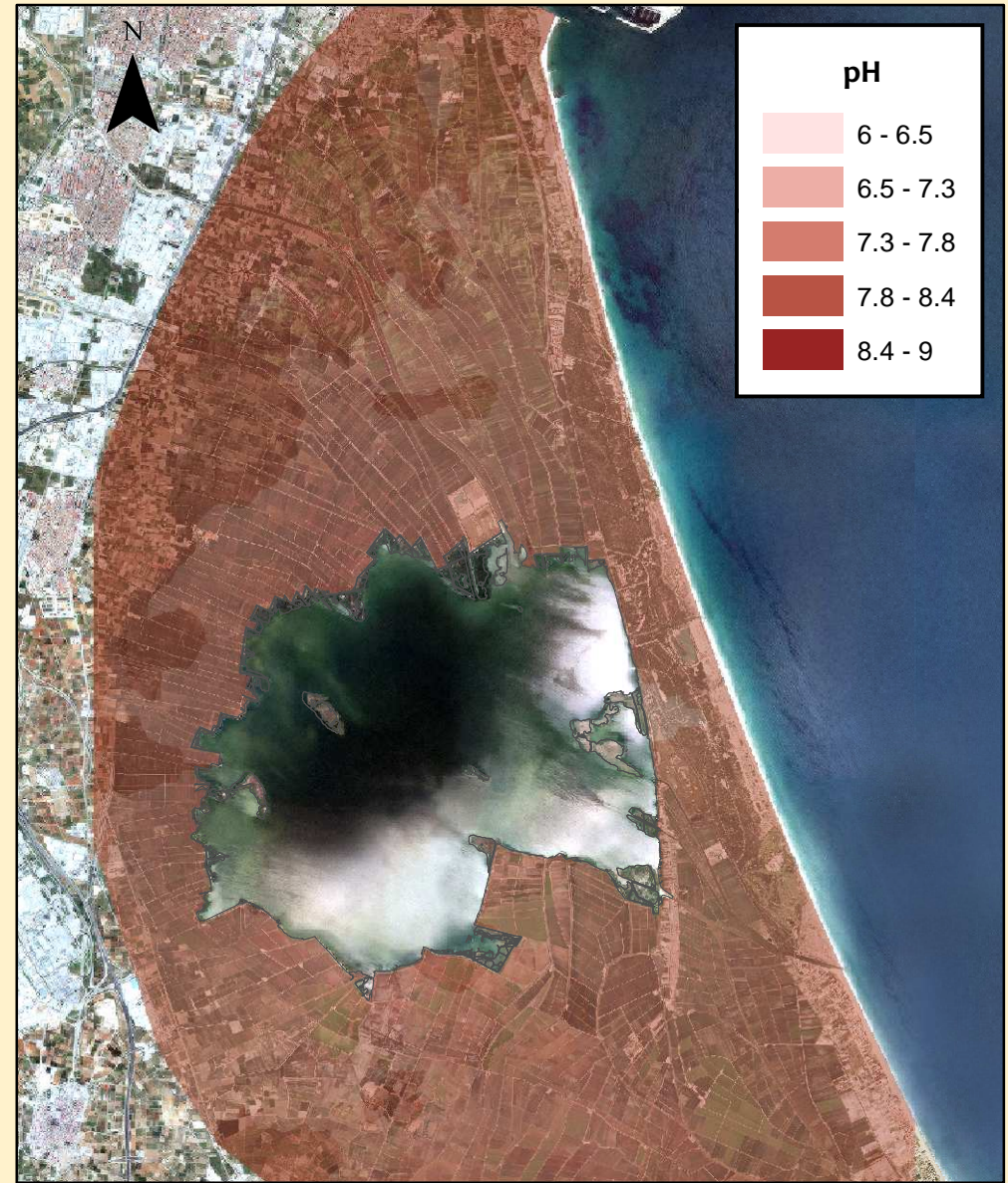
Mapa de pH
 pH extracto saturación (H₂O)
 profundidad: 20-40 cm

Caracterización y evaluación de los
 suelos y aguas de la zona colindante
 de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



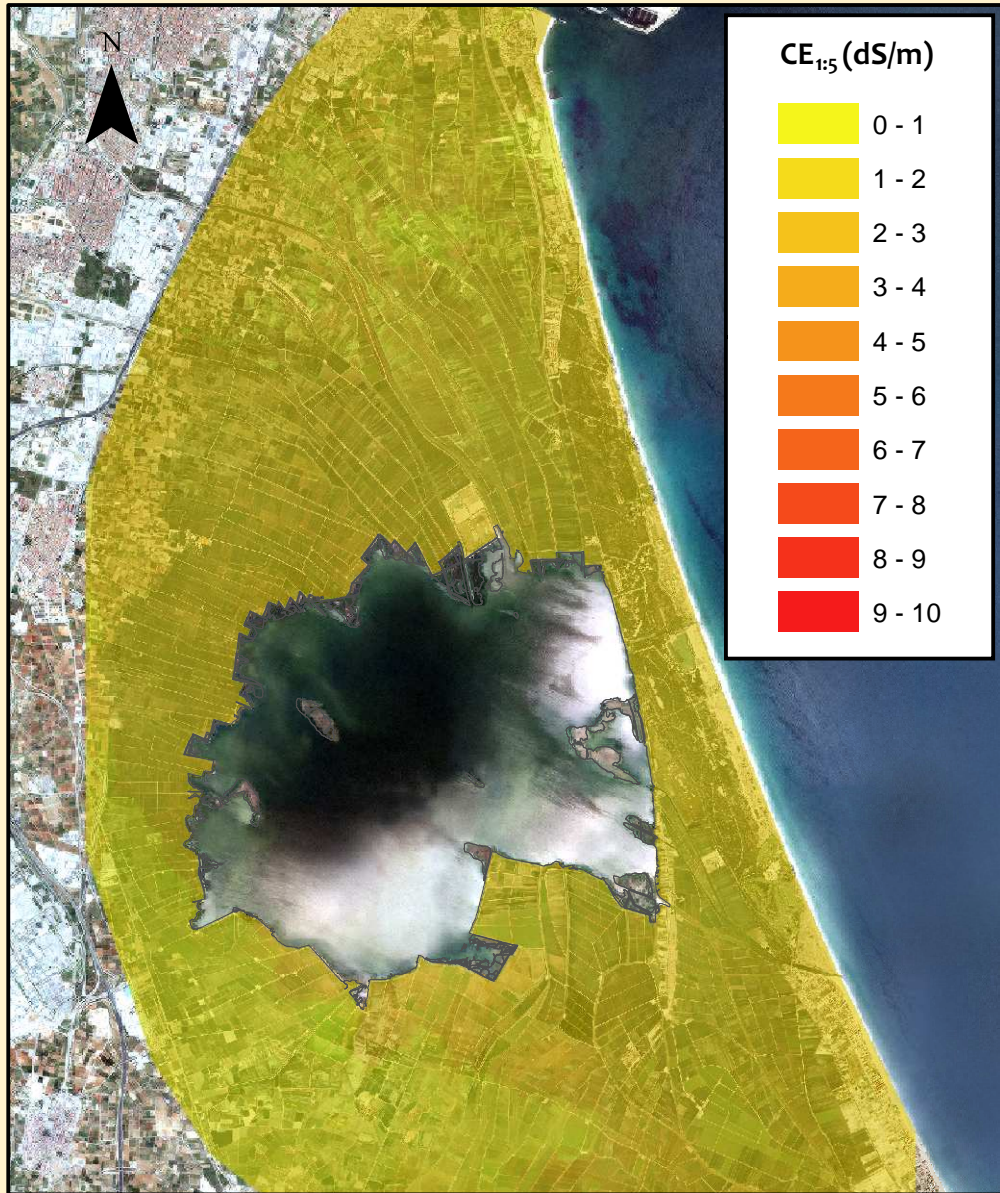
Mapa de pH
 pH extracto saturación (H₂O)
 profundidad: 40-60 cm

Caracterización y evaluación de los
 suelos y aguas de la zona colindante
 de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



Mapa de pH
 pH extracto saturación (H₂O)
 profundidad: 60-80 cm

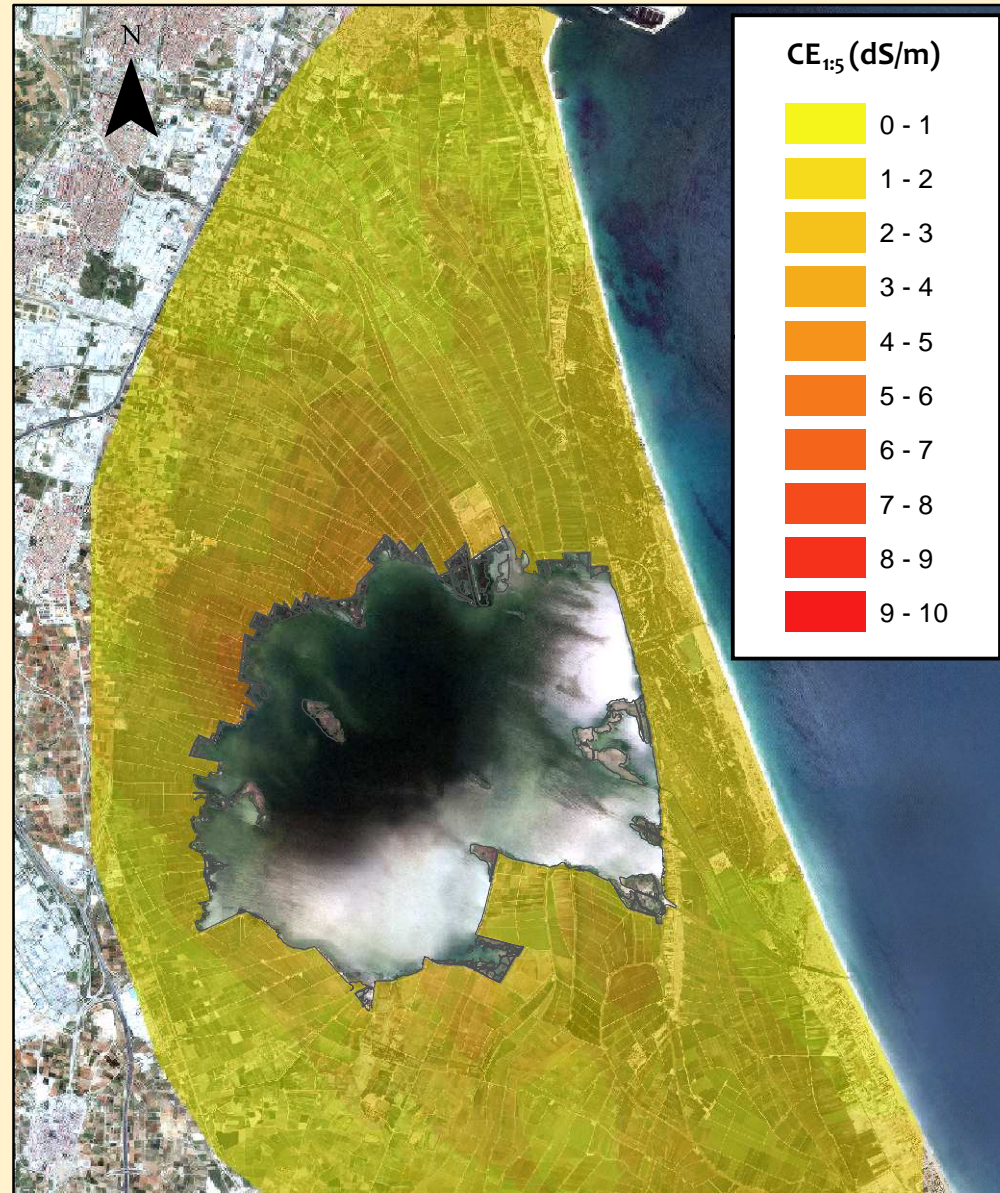
Caracterización y evaluación de los
 suelos y aguas de la zona colindante
 de la Albufera de Valencia:
 Intento de recuperación
 Escala: 1/100.000



Mapa Salinidad

CE_{1:5} (H₂O)
profundidad: 0-20 cm

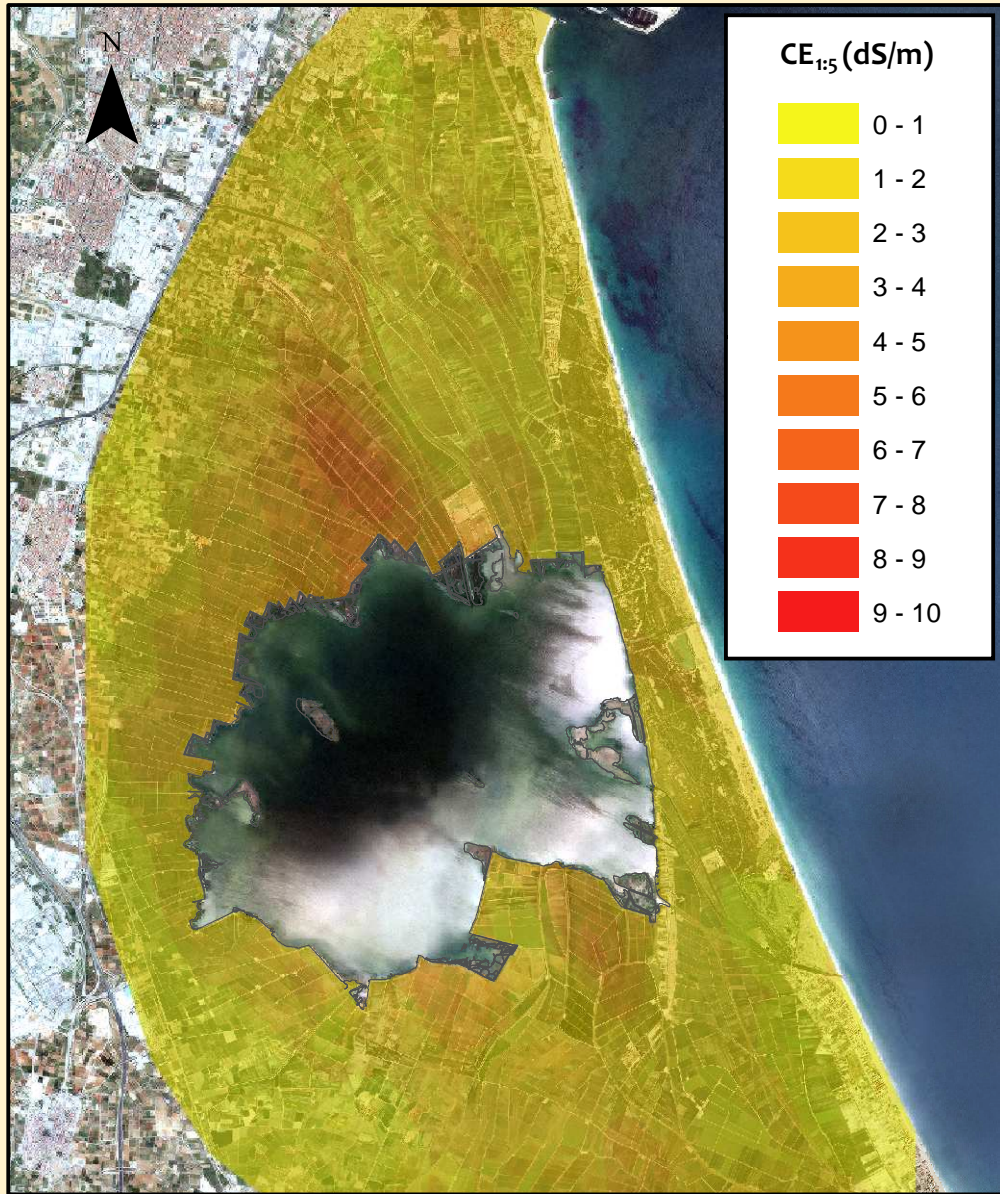
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante del lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa de Salinidad

CE_{1:5} (H₂O)
profundidad: 20-40 cm

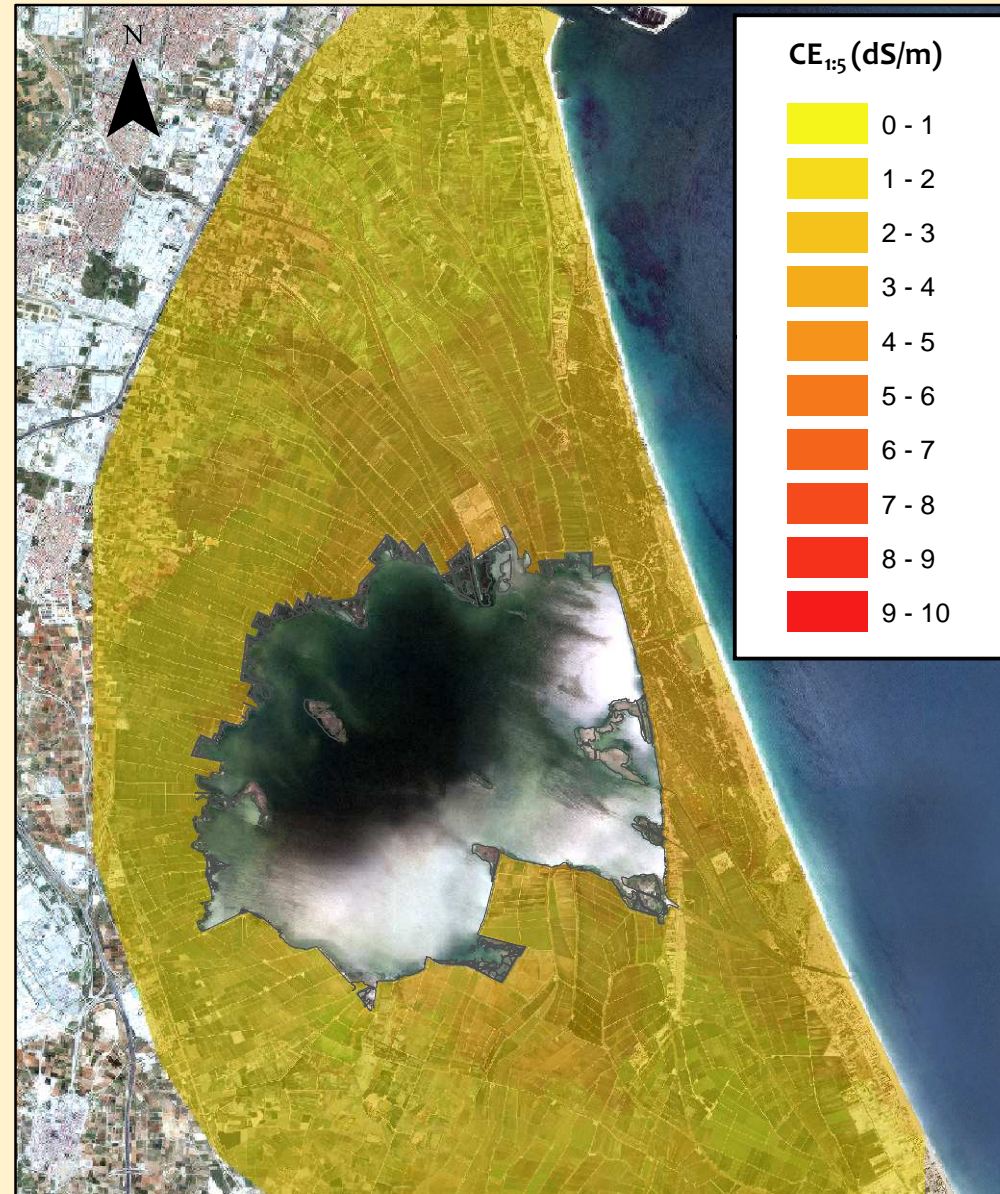
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante del lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000



Mapa Salinidad

CE_{1.5} (H₂O)
profundidad: 40-60 cm

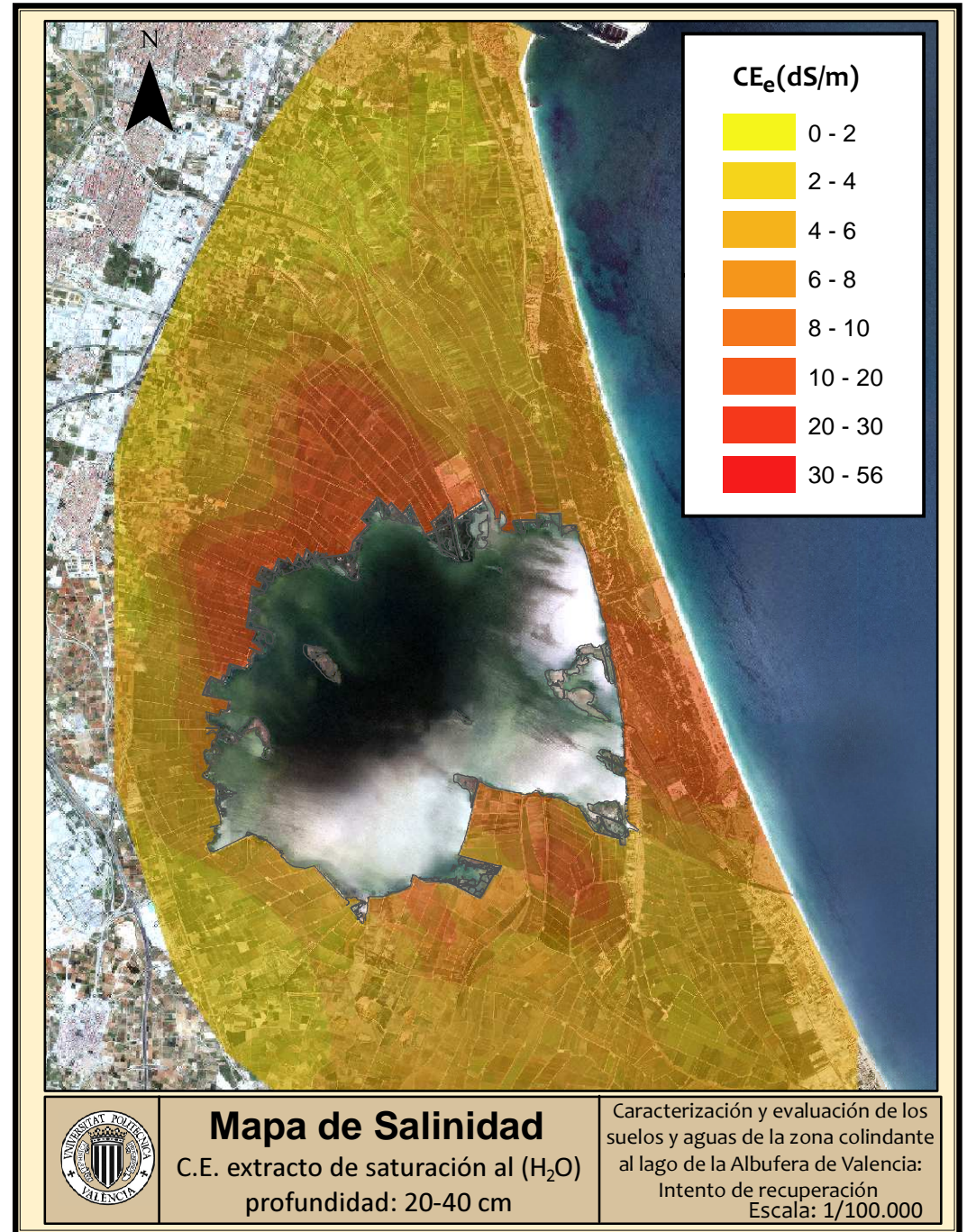
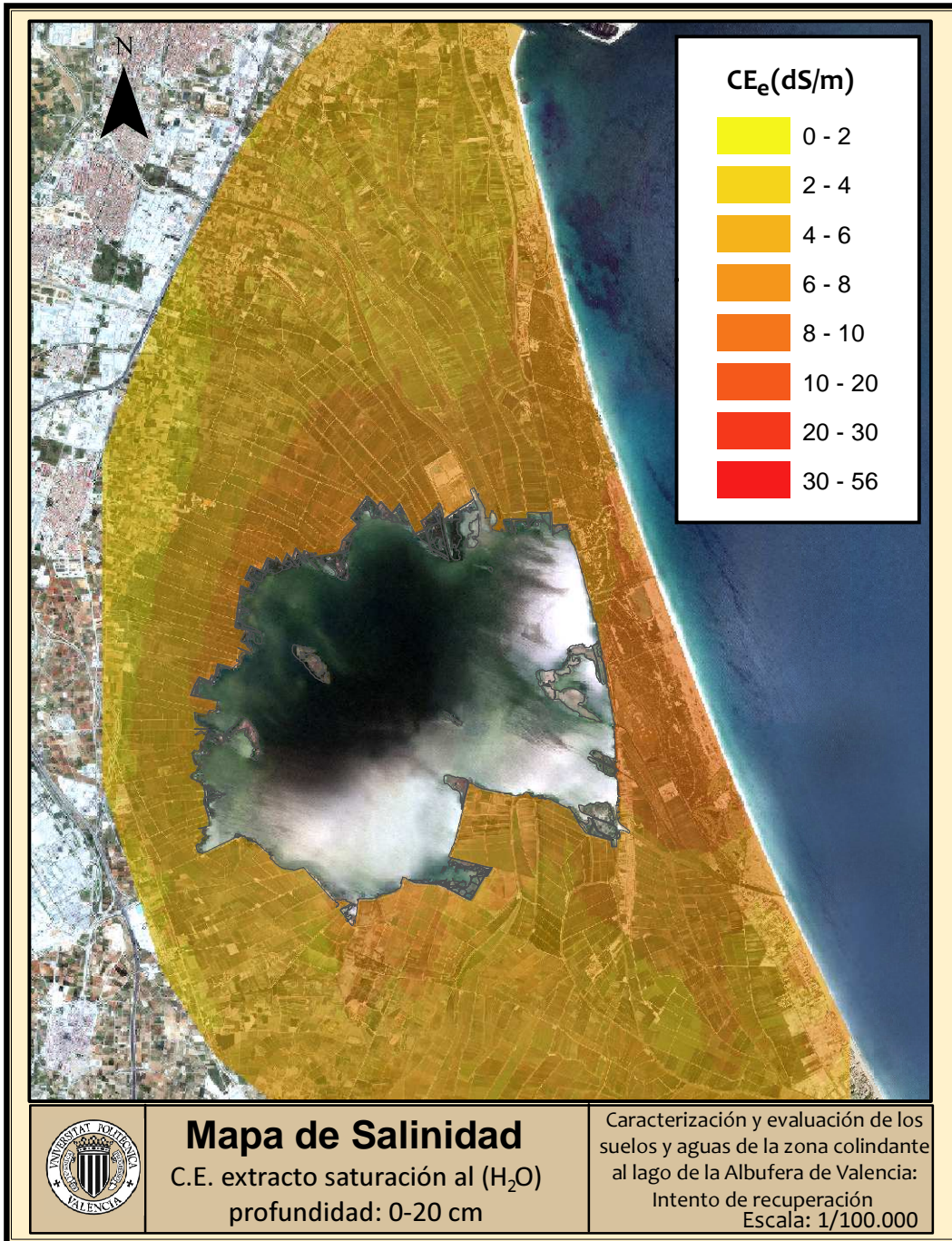
Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante del lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000

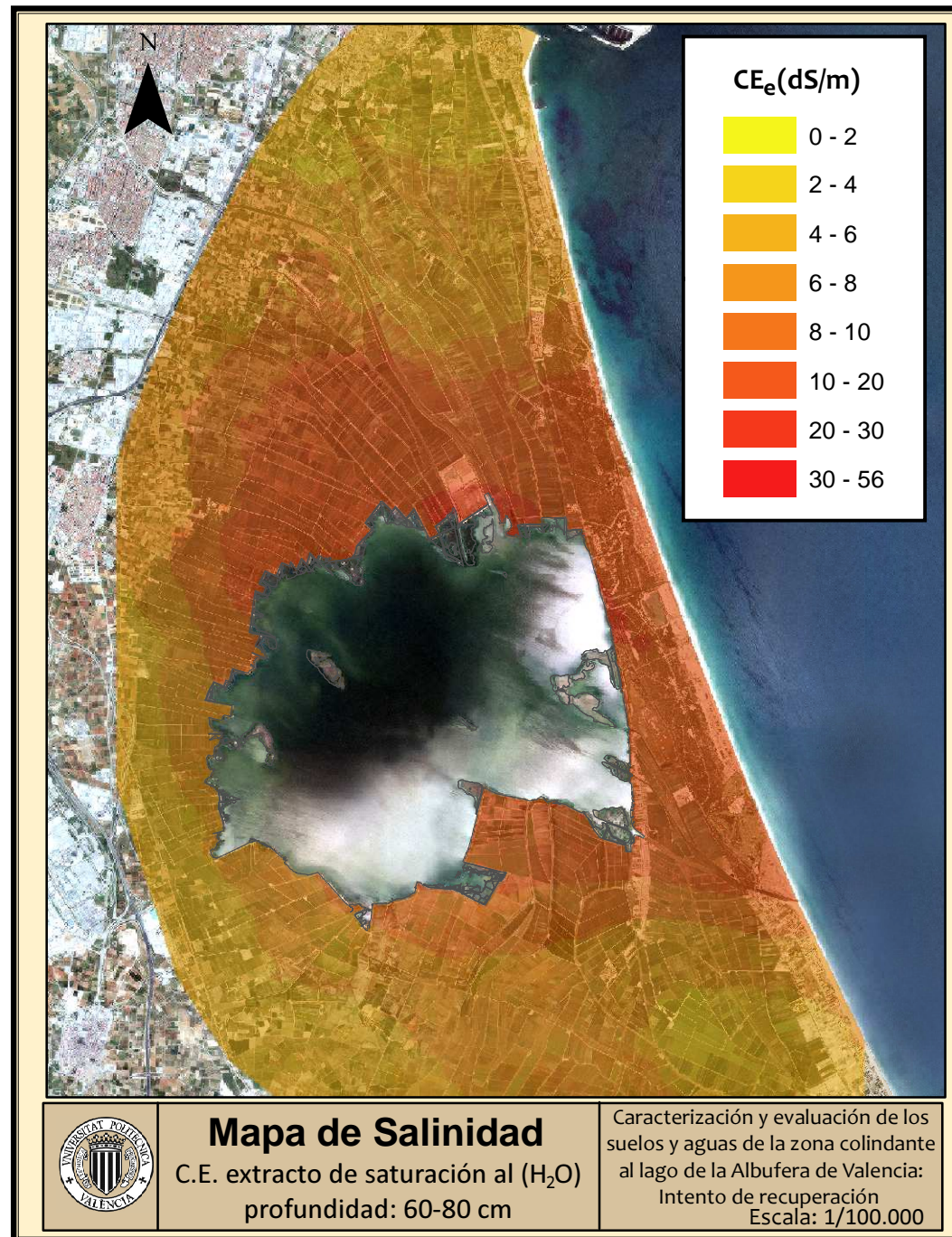
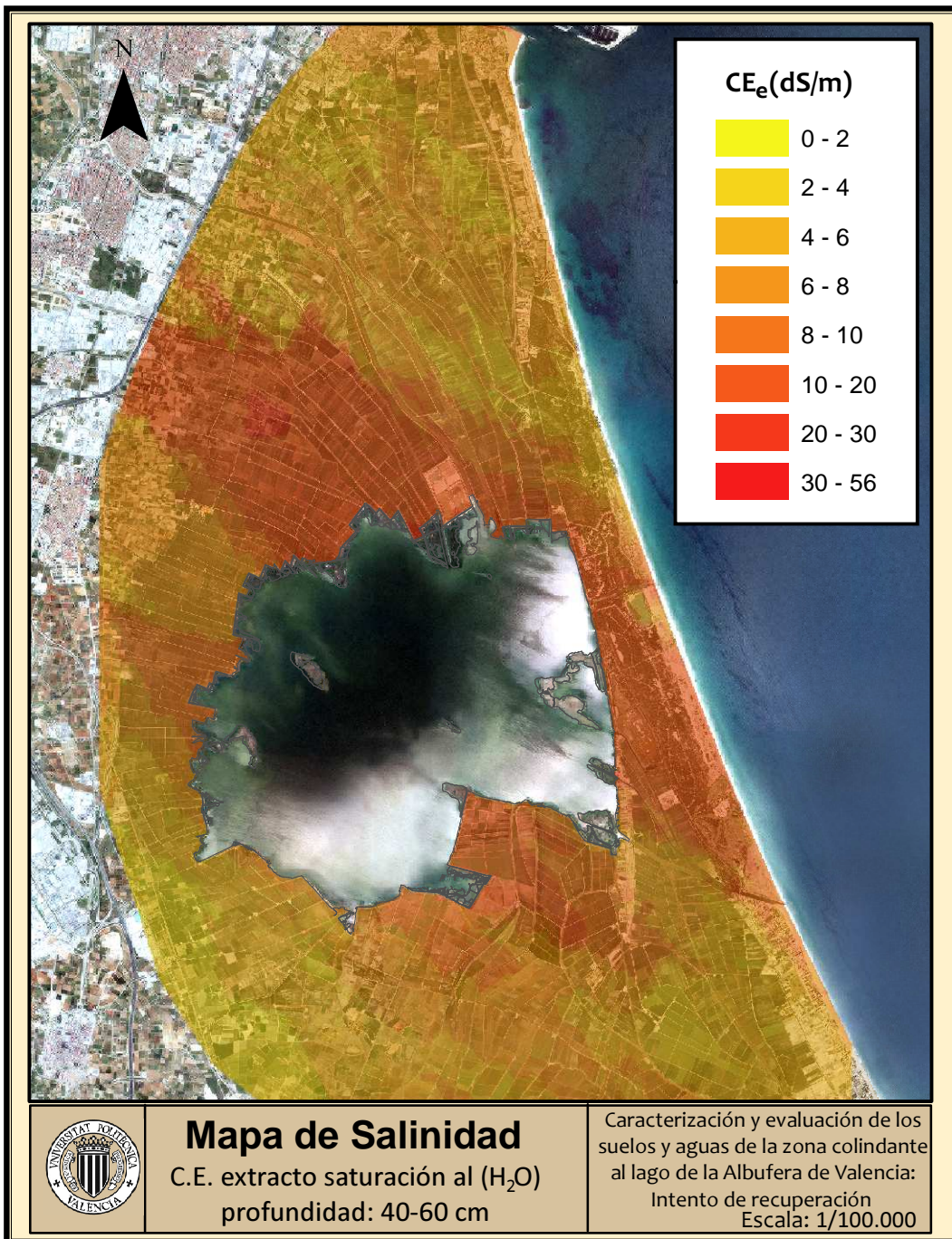


Mapa de Salinidad

CE_{1.5} (H₂O)
profundidad: 60-80 cm

Caracterización y evaluación de los suelos y aguas de la zona colindante del lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación
Escala: 1/100.000





Anejo XI

Datos analíticos de las calicatas

nº LAB	Horizonte	PROFUNDIDAD cm	ELEMENTOS GRUESOS (%)	COLOR		COLOR MOTEADO		HUMEDAD SATURACIÓN (%)	VALOR n	CE 1:5 dS/m	pH	CARBONATOS (%)	MATERIA ORGÁNICA (%)	Análisis textural			Clase Textural
				SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO							Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	
9000	C1/I	0-20	0,24	10YR 7/1	7,5YR 4/3	10YR 5/6		46,28	0,67	2,40	7,65	40,72	5,74	31	47	22	Franco arcillosa
9001	C1/II	20-42	1,23	10YR 7/1	10YR 4/3	10YR 5/6	10YR 4/6	46,81	0,66	1,08	7,86	39,83	3,90	42	45	13	Arcillo limosa
9002	C1/III	42-55	0,00	10YR 5/2	7,5YR 4/2	10YR 5/6	7,5YR 5/8	81,20	1,10	1,43	7,66	32,57	6,61	44	38	18	Arcillosa
9003	C1/IV	>55	1,04	10YR 5/2	10YR 3/1	10YR 5/8		87,71	1,21	3,17	7,49	27,14	6,47	44	41	15	Arcillo limosa
9004	C2/I	0-11	1,52	2,5Y 6/1	10YR 4/2	10YR 6/6	5YR 5/8	61,59	1,90	3,37	7,51	27,14	2,84	15	22,5	62,5	Franco arenosa
9005	C2/II	11-21	4,27	2,5Y 6/1	2,5Y 5/2			40,96	1,26	3,15	7,76	17,89	1,91	13	19,5	67,5	Franco arenosa
9006	C2/III	21-32	7,23	2,5Y 7/1	7,5YR 5/1			26,94	1,48	1,00	8,01	31,93	0,12	5	6,3	88,7	Arenosa
9007	C2/IV	32-42	16,77	2,5Y 6/1	2,5Y 6/1			30,68	1,54	1,22	7,93	33,22	0,81	5,2	8,9	85,9	Areno franca
9008	C2/V	42-60	26,54	2,5Y 6/1	2,5Y 3/1			-	-	1,94	7,85	14,62	0,27	5	7,7	87,3	Areno franca
9009	C2/VI	>60	25,22	2,5Y 6/1	2,5Y 3/2			-	-	2,24	7,99	21,99	0,36	5	2,5	92,5	Arenosa
9010	C3/I	0-12	3,32	10YR 7/2	2,5Y 4/2		10YR 5/6	35,73	0,72	1,39	7,94	43,11	1,26	25	19	56	Franco arcillo arenosa
9011	C3/II	12-15	12,99	2,5Y 6/1	2,5Y 4/1			0,00	0,00	0,77	8,12	32,57	0,10	7,6	4,9	87,5	Areno franca
9012	C3/III	15-23	14,40	2,5Y 6/1	2,5Y 4/1			0,00	0,00	0,75	8,09	66,71	0,23	7,5	1,25	91,25	Arenosa
9013	C3/IV	23-26	7,00	2,5Y 6/1	2,5Y 4/1			28,89	1,24	0,76	8,04	21,17	0,10	8,2	2,8	89	Arenosa
9014	C3/V	26-38	0,48	2,5Y 6/1	5Y 4/1			41,19	0,74	1,79	7,69	41,73	1,73	32	26	42	Franco arcillosa
9015	C3/VI	38-55	0,17	2,5Y 7/1	2,5Y 4/1			53,37	0,76	1,82	7,51	40,72	4,05	43	45	12	Arcillo limosa
9016	C3/VII	55-73	0,00	2,5Y 6/1	5Y 5/1			43,03	0,53	3,59	7,23	33,64	4,39	48	43	9	Arcillo limosa
9017	C3/VIII	>73	0,00	2,5Y 4/1	10YR 2/1			405,58	6,41	6,02	6,96	20,36	11,82	25,5	20	54,5	Franco arcillo arenosa
9018	C4/I	0-6	0,66	2,5Y 5/3	2,5Y 4/3			63,28	0,94	3,60	7,21	34,90	6,16	35	46	19	Franco arcillo limosa
9019	C4/II	6-21	0,24	10YR 6/2	2,5Y 4/2		7,5YR 5/8 y 5YR 5/8	43,30	0,58	2,55	7,38	35,24	4,74	39	52	9	Franco arcillo limosa
9020	C4/III	21-33	0,15	10YR 6/4	10YR 4/3	7,5YR 5/8	7,5YR 5/8 y Gley 1 8/10Y	30,04	0,40	1,76	8,22	35,04	1,25	42	48	10	Arcillo limosa
9021	C4/IV	33-45	0,98	10YR 7/2	10YR 4/2	10YR 5/6	7,5YR 5/8 y Gley 1 8/10Y	25,55	0,32	1,97	8,26	31,83	1,20	38	39	23	Franco arcillosa
9022	C4/V	45-51	0,48	10YR 6/2	10YR 5/3	10YR 5/6	5YR 4/6	26,04	0,47	2,10	8,30	26,91	0,69	18,5	15,5	66	Franco arenosa
9023	C4/VI	51-61	0,93	2,5Y 6/1	5Y 4/1			24,42	0,37	2,63	8,08	32,77	0,70	21	16,5	62,5	Franco arcillo arenosa
9024	C4/VII	>61	0,02	5Y 8/1	5Y 6/2			111,67	1,79	10,09	7,82	39,90	7,28	33	47	20	Franco arcillosa
9025	C5/I	0-16	2,03	10YR 6/3	10YR 4/2		2,5YR 4/8	36,05	0,52	2,32	7,58	32,57	3,44	33	39	28	Franco arcillosa
9026	C5/II	16-24	0,59	10YR 6/2	10YR 4/2		7,5YR 4/6	39,91	0,54	1,72	7,62	31,99	2,15	49	39	12	Arcillosa
9027	C5/III	24-43	0,70	10YR6/2	7,5YR 4/2			34,14	0,41	0,46	7,82	33,24	1,52	59	39	2	Arcillosa
9028	C5/IV	43-57	0,45	10YR 6/2	2,5Y 5/2			32,92	0,41	1,62	7,78	37,25	2,98	45	52	3	Arcillo limosa
9029	C5/V	>57	68,10	2,5Y 7/1	2,5Y 6/2			-	-	1,51	8,30	34,73	0,71	2,8	4,7	92,5	Arenosa
9030	C6/I	0-5	0,25	2,5Y 6/2	2,5Y 4/2		7,5YR 5/8	77,90	1,23	1,99	7,51	34,38	5,62	36	36	28	Franco arcillosa
9031	C6/II	5-20	0,52	2,5Y 6/2	7,5YR 4/2		2,5YR 4/8	35,66	0,49	2,00	7,37	32,75	4,82	30	33	37	Franco arcillosa
9032	C6/III	20-27	1,23	2,5Y 6/2	5Y 4/1			28,58	0,44	1,53	7,50	28,74	2,62	21	23	56	Franco arcillo arenosa
9033	C6/IV	27-32	18,48	2,5Y 8/1	10YR 7/1			24,93	0,73	0,36	8,21	31,09	0,33	8	5,5	86,5	Areno franca
9034	C6/V	32-55	1,50	2,5Y 8/1	7,5YR 7/1			22,27	0,41	0,72	8,38	27,14	0,12	10	1,6	88,4	Areno franca
9035	C6/VI	>55	0,97	2,5Y 6/1	2,5Y 3/1			32,89	1,11	3,20	8,15	25,91	1,40	9	2,5	88,5	Areno franca

nº LAB	Horizonte	PROFUNDIDAD	ELEMENTOS GRUESOS	COLOR		COLOR MOTEADO		HUMEDAD SATURACIÓN	VALOR n	CE 1:5	pH	CARBONATOS	MATERIA ORGÁNICA	Análisis textural			Clase Textural
				cm	(%)	SECO	HUMEDO							SECO	HUMEDO	(%)	
9036	C7/I	0-5	0,85	2,5Y 6/2	7,5YR 4/2			45,84	0,62	0,80	7,15	38,00	4,99	40	44	16	Franco arcillo limosa
9037	C7/II	5-18	0,38	10YR 6/2	7,5YR 4/2		10YR 4/6	39,53	0,51	0,53	7,66	38,87	4,56	40	40	20	Franco arcillosa
9038	C7/III	18-26	0,40	10YR 6/3	7,5YR 4/4	10YR 6/6	10YR 4/6	26,36	0,32	0,66	8,04	39,29	1,94	39	40	21	Franco arcillosa
9039	C7/IV	26-32	10,40	10YR 6/3	7,5YR 5/2		5YR 5/6	43,78	0,91	0,56	7,95	54,53	3,13	21,5	18,5	60	Franco arcillo arenosa
9040	C7/V	>32	74,05	10YR 7/2	7,5YR 7/2			-	-	0,91	8,22	66,35	0,60	11,25	1,25	87,5	Areno franca
9041	C8/I	0-5	2,78	10YR 6/3	10YR 4/3			54,73	0,73	2,69	7,32	34,90	6,79	37	43	20	Franco arcillosa
9042	C8/II	5-14	1,55	10YR 7/2	10YR 4/2		10YR 4/6	42,95	0,51	1,94	7,99	34,20	5,75	45	41	14	Arcillo limosa
9043	C8/III	14-36	3,83	10YR 6/2	10YR 4/2	10YR 5/8	10YR 5/6	51,44	0,75	1,36	7,58	42,01	4,16	40	39	21	Franco arcillosa
9044	C8/IV	36-64	2,34	2,5Y 7/1	5Y 6/2			87,20	1,35	3,02	7,75	45,72	7,52	32	47	21	Franco arcillosa
9045	C8/V	>64	0,48	5Y 8/1	5Y 7/1			163,39	2,94	4,45	8,09	37,18	10,37	19	37	44	Franca
9046	C9/I	0-5	0,88	10YR 6/2	7,5YR 4/2	10YR 6/4	7,5YR 5/2	49,59	0,65	2,01	7,64	37,32	6,49	38	43	19	Franco arcillo limosa
9047	C9/II	5-18	1,56	10YR 6/2	7,5YR 4/2	5YR 5/8	10YR 4/6	40,55	0,52	1,86	7,72	39,93	6,33	34	52	14	Franco arcillo limosa
9048	C9/III	18-34	0,46	10YR 6/3	7,5YR 4/3	7,5YR 5/8	7,5YR 5/8	40,97	0,54	1,29	8,13	29,27	3,33	46	42	12	Arcillo limosa
9049	C9/IV	34-47	0,00	2,5Y 7/1	5Y 4/1			66,03	1,02	2,34	7,94	38,57	4,02	41	48	11	Arcillo limosa
9050	C9/V	>47	0,00	2,5Y 7/1	5Y 6/1			144,64	2,70	5,27	8,02	44,26	7,99	24	32	44	Franca
9051	C10/I	0-15	1,70	10YR 6/3	10YR 4/2	10YR 5/6		60,22	0,89	2,54	7,68	30,19	5,85	36	43	21	Franco arcillosa
9052	C10/II	15-23	0,88	10YR 6/3	10YR 4/2	10YR 4/6		55,20	0,77	1,77	7,77	43,91	5,56	39	38	23	Franco arcillosa
9053	C10/III	23-30	1,57	5Y 5/1	5Y 4/1	7,5YR 4/3		44,64	0,60	2,11	7,37	29,00	5,17	38	38	24	Franco arcillosa
9054	C10/IV	30-53	0,12	5Y 8/1	7,5YR 5/1			154,08	2,26	3,13	8,02	50,30	10,67	30	38	32	Franco arcillosa
9055	C10/V	>53	1,29	5Y 7/1	10YR 6/1			52,30	0,78	2,45	8,06	28,91	3,55	41	41	18	Arcillo limosa
9056	C11/I	0-8	0,11	2,5Y 7/3	10YR 5/3			58,29	0,81	1,52	7,77	40,72	6,77	36	50	14	Franco arcillo limosa
9057	C11/II	8-23	0,48	10YR 7/3	10YR 4/2	10YR 5/6	7,5YR 5/8	28,39	0,32	1,02	8,01	45,45	3,46	42	42	16	Arcillo limosa
9058	C11/III	23-41	0,71	2,5Y 7/3	10YR 5/3	10YR 6/8	7,5YR 5/6	30,46	0,40	0,74	8,33	45,81	2,06	41	51	8	Arcillo limosa
9059	C11/IV	>41	0,00	2,5Y 6/4	10YR 5/3	2,5Y 6/8	2,5Y 6/8	27,11	0,35	0,50	8,37	39,18	1,80	35	45	20	Franco arcillo limosa
9060	C12/I	0-15	1,78	2,5Y 6/2	10YR 4/2	7,5YR 5/8	10YR 5/6	63,14	1,09	2,03	7,68	35,13	7,71	20	45	35	Franca
9061	C12/II	15-27	1,73	2,5Y 6/2	10YR 4/2		7,5YR 5/8	42,98	0,65	3,35	7,58	39,48	6,68	22	49	29	Franca
9062	C12/III	27-35	0,22	5Y 6/1	5Y 4/1			34,43	0,50	1,87	7,66	36,72	4,35	26	47	27	Franca
9063	C12/IV	35-45	0,44	5Y 6/1	2,5Y 5/1	5Y 2/1		51,18	0,85	1,28	7,77	36,06	4,64	30	38	32	Franco arcillosa
9064	C12/V	45-60	0,00	2,5Y 4/1	10YR 2/1			366,99	5,56	3,03	7,43	13,26	15,52	16,5	27,5	56	Franco arenosa
9065	C12/VI	>60	0,84	10YR 6/2	2,5Y 5/2	10YR 3/1		68,34	1,18	3,01	7,69	35,25	8,94	17	29	54	Franco arenosa
9066	C13/I	0-13	0,46	10YR 6/2	10YR 4/2			43,37	0,59	0,73	7,97	33,31	4,46	39	34	27	Franco arcillosa
9067	C13/II	13-28	0,43	10YR 6/2	7,5YR 4/3		10YR 5/8	25,50	0,28	0,65	8,16	34,20	2,86	39	34	27	Arcillosa
9068	C13/III	28-43	0,19	10YR 6/2	2,5Y 4/2	7,5YR5/8	10YR 4/6	25,95	0,29	0,85	8,17	36,00	2,83	41	33	26	Arcillosa
9069	C13/IV	>43	0,00	2,5Y 7/1	7,5YR 5/1			40,47	0,55	0,86	8,16	56,23	2,16	49	29	22	Arcillosa

nº LAB	Horizonte	PROFUNDIDAD cm	ELEMENTOS GRUESOS (%)	COLOR		COLOR MOTEADO		HUMEDAD SATURACIÓN (%)	VALOR n	CE 1:5 dS/m	pH	CARBONATOS (%)	MATERIA ORGÁNICA (%)	Análisis textural			Clase Textural
				SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO							Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	
9070	C14/I	0-5	0,41	2,5Y 6/2	7,5YR 5/2			44,79	0,83	1,95	8,24	47,83	3,39	26	40	34	Franca
9071	C14/II	5-19	1,36	2,5Y 7/1	7,5YR 5/2			34,24	0,47	1,34	8,77	47,08	4,01	32	43	25	Franco arcillosa
9072	C14/III	19-30	1,49	2,5Y 6/2	2,5Y 4/2	10YR 6/8		38,13	0,53	1,45	8,48	42,57	3,75	37	38	25	Franco arcillosa
9073	C14/IV	30-40	2,78	2,5Y 6/2	2,5Y 4/2	10YR 6/8		36,21	0,52	1,63	7,98	35,16	3,69	32	29	39	Franco arcillosa
9074	C14/V	>40	0,00	2,5Y 7/1	5Y 5/1			20,51	0,20	0,71	8,24	29,00	1,04	34	20	46	Franco arcillo arenosa
9075	C15/I	0-7	1,36	10YR 6/3	10YR 5/3		7,5YR 5/8	50,63	0,68	1,35	7,37	35,00	4,62	44	53	3	Arcillo limosa
9076	C15/II	7-14	0,46	10YR 5/3	10YR 4/2	10YR 7/6	10YR 5/8	50,64	0,62	1,98	7,36	31,06	5,66	48	39	13	Arcillosa
9077	C15/III	14-26	0,10	2,5Y 6/2	10YR 4/1			58,07	0,70	3,13	7,13	27,39	7,27	46	37	17	Arcillosa
9078	C15/IV	26-47	0,00	5Y 7/1	5Y 3/1		5Y 5/1	79,43	1,15	3,24	7,37	47,18	7,39	36	46	18	Franco arcillo limosa
9079	C15/V	47-57	0,00	2,5Y 8/1	2,5Y 7/1		5Y 6/1	88,51	1,70	2,00	7,65	49,67	6,37	24	60	16	Franco limosa
9080	C15/VI	>57	0,00	2,5Y 7/2	5Y 7/4		5Y 6/3	100,39	2,17	2,10	7,77	66,56	5,99	21	58	21	Franco limosa
9081	C16/I	0-9	1,90	10YR 5/2	10YR 4/2		2,5Y 3/1	67,02	0,91	2,26	7,45	32,36	9,90	28	50	22	Franco arcillosa
9082	C16/II	9-18	0,16	7,5YR 6/2	7,5 YR 5/4	7,5YR 6/4	7,5YR 6/6 y 2,5Y 4/2 y 7,5YR 4/6	47,22	0,61	2,75	7,47	29,08	5,54	42	41	17	Arcillo limosa
9083	C16/III	18-28	0,03	10YR7/3	7,5YR 5/4		5YR 5/6	35,53	0,40	1,88	7,58	60,52	4,03	53	42	5	Arcillo limosa
9084	C16/IV	28-43	0,00	10YR 6/2	5YR 4/1		7,5YR 5/4	37,12	0,44	1,20	7,63	60,46	3,55	52	38	10	Arcillosa
9085	C16/V	43-56	0,00	10YR 6/1	7,5YR 4/1			40,80	0,49	0,79	7,81	40,72	3,92	52	35	13	Arcillosa
9086	C16/VI	>56	3,82	2,5Y 6/1	7,5YR 4/1			49,89	5,53	0,48	8,09	40,72	1,00	2,5	0,8	96,7	Arenosa
9087	C17/I	0-11	0,11	2,5Y 6/2	7,5YR 4/2		7,5YR 5/8	45,19	0,54	2,74	7,29	28,50	7,13	40	49	11	Franco arcillo limosa
9088	C17/II	11-18	0,06	10YR 6/2	7,5YR 4/2		7,5YR 5/8	45,00	0,53	1,85	7,39	29,45	5,81	48	44	8	Arcillo limosa
9089	C17/III	18-34	0,00	10YR 6/2	10YR 4/2		7,5YR 4/6	36,81	0,44	0,63	7,90	85,84	4,12	48	41	11	Arcillo limosa
9090	C17/IV	34-47	0,00	10YR 6/2	5YR 4/1		7,5YR 4/3	38,21	0,42	1,52	7,57	37,23	4,48	57	35	8	Arcillosa
9091	C17/V	47-60	0,00	10YR 6/2	10YR 5/1			27,36	0,30	0,57	7,45	39,77	3,61	42	48	10	Arcillo limosa
9092	C17/VI	>60	0,00	2,5Y 6/2	5Y 5/1	10YR 7/4		26,90	0,32	1,24	7,70	35,29	3,28	33	49	18	Franco arcillo limosa
9093	C18/I	0-8	1,22	10YR 5/4	7,5YR 3/3			52,60	0,98	0,49	8,04	20,94	3,69	28	38	34	Franco arcillosa
9094	C18/II	8-24	1,29	10YR 6/2	5YR 4/3			28,39	0,35	0,75	7,93	24,60	3,03	36	37	27	Franco arcillosa
9095	C18/III	24-34	1,78	10YR 6/3	7,5YR 4/3			29,44	0,42	0,72	7,89	24,43	1,98	31	37	32	Franco arcillo arenosa
9096	C18/IV	34-59	0,41	10YR 5/3	10YR 4/3		10YR 4/6	26,07	0,35	0,51	8,01	15,51	1,16	32	25	43	Franco arcillosa
9097	C18/V	>59	0,55	10YR 6/2	7,5YR 4/3	10YR 5/4	10YR 4/6	28,00	0,43	0,38	8,18	7,52	0,02	34	19	47	Franco arcillosa
9098	C19/I	0-10	0,31	10YR 5/4	7,5YR 3/4			26,28	0,32	0,26	8,03	17,25	1,88	36	35	29	Franco arcillosa
9099	C19/II	10-23	0,50	10YR 5/3	7,5YR 4/4			18,64	0,13	0,26	8,03	19,36	2,25	33	44	23	Franco arcillosa
9100	C19/III	23-67	0,17	7,5YR 5/4	7,5YR 4/4			17,26	0,11	0,25	8,17	13,28	1,01	34	33	33	Franco arcillosa
9101	C19/IV	>67	0,86	7,5YR 5/4	5YR 4/6			33,23	0,48	0,30	8,11	8,26	1,41	40	33	27	Franco arcillosa

nº LAB	Horizonte	PROFUNDIDAD	EXTRACTO SATURACIÓN												
			CE _e	pH	RAS	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cationes	Aniones
			cm	dS/m		meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l		
9000	C1/I	0-20	7,44	7,53	4,61	22,66	1,48	31,60	16,80	39,37	30,99	0,00	1,08	72,55	71,43
9001	C1/II	20-42	4,93	7,73	3,82	15,47	0,85	23,28	9,52	35,62	11,27	0,00	0,69	49,12	47,57
9002	C1/III	42-55	6,03	7,51	3,97	18,38	0,74	32,40	10,36	39,22	23,94	0,00	0,88	61,88	64,05
9003	C1/IV	>55	5,87	7,56	3,89	18,38	1,27	32,96	11,76	36,25	26,76	0,00	0,78	64,37	63,79
9004	C2/I	0-11	15,59	7,26	10,12	71,61	1,32	70,80	29,40	91,20	84,51	0,00	1,47	173,12	177,18
9005	C2/II	11-21	10,65	7,30	10,51	46,05	0,85	31,36	7,02	37,92	46,48	0,00	0,79	85,28	85,19
9006	C2/III	21-32	7,80	7,47	5,29	27,41	0,67	38,88	14,84	41,54	39,44	0,00	0,49	81,80	81,47
9007	C2/IV	32-42	10,20	7,37	7,09	39,79	0,75	41,52	21,56	55,05	49,30	0,00	0,39	103,63	104,74
9008	C2/V	42-60	16,22	7,45	14,33	98,04	1,65	65,60	28,00	83,88	108,45	0,00	0,39	193,28	192,72
9009	C2/VI	>60	24,50	7,44	27,78	195,62	3,47	56,80	42,40	89,31	209,86	0,00	0,39	298,29	299,56
9010	C3/I	0-12	8,50	7,40	4,13	20,46	0,64	18,60	30,40	44,08	25,35	0,00	1,18	70,10	70,61
9011	C3/II	12-15	6,07	7,46	1,08	6,26	0,49	43,28	24,00	62,44	12,68	0,00	0,78	74,04	75,90
9012	C3/III	15-23	5,51	7,55	3,14	10,43	0,82	14,13	7,96	22,95	10,14	0,00	0,88	33,34	33,97
9013	C3/IV	23-26	5,68	7,49	3,39	13,20	0,99	12,80	17,54	27,92	13,52	0,00	1,68	44,52	43,13
9014	C3/V	26-38	7,45	7,71	2,76	12,82	1,55	37,15	6,16	32,15	23,94	0,00	1,08	57,69	57,17
9015	C3/VI	38-55	5,90	7,13	3,07	12,82	1,69	20,48	14,31	32,65	15,49	0,00	0,88	49,31	49,03
9016	C3/VII	55-73	7,92	6,78	4,87	21,55	1,94	20,16	18,93	43,57	18,31	0,00	1,27	62,58	63,15
9017	C3/VIII	>73	11,85	7,19	7,92	42,86	2,54	29,08	29,44	74,95	26,76	0,00	1,76	103,92	103,47
9018	C4/I	0-6	14,77	7,16	14,12	79,95	1,69	52,00	12,08	46,89	98,59	0,00	1,08	145,73	146,56
9019	C4/II	6-21	12,33	7,07	10,64	61,83	1,36	43,44	24,06	40,18	87,32	0,00	1,08	130,69	128,58
9020	C4/III	21-33	12,17	7,25	24,77	93,34	1,04	10,80	17,60	5,98	115,49	0,00	0,59	122,78	122,06
9021	C4/IV	33-45	15,14	7,43	30,09	120,60	1,74	15,12	17,00	5,92	147,89	0,00	0,49	154,46	154,30
9022	C4/V	45-51	21,70	7,28	28,06	154,35	2,71	27,20	33,32	24,79	191,55	0,00	0,59	217,57	216,93
9023	C4/VI	51-61	27,20	7,11	23,38	191,35	3,53	102,00	32,00	95,11	233,80	0,00	0,49	328,88	329,40
9024	C4/VII	>61	55,70	7,04	45,23	468,74	6,00	71,00	143,80	79,76	608,45	0,00	0,59	689,54	688,80
9025	C5/I	0-16	10,61	7,38	14,25	47,69	1,20	12,75	9,64	6,43	63,38	0,00	1,18	71,28	70,99
9026	C5/II	16-24	8,25	8,07	11,50	38,30	1,06	11,32	10,88	22,45	39,58	0,00	0,59	61,56	62,62
9027	C5/III	24-43	8,00	8,00	8,73	41,31	0,95	26,88	17,92	53,48	33,80	0,00	0,98	87,07	88,27
9028	C5/IV	43-57	8,25	7,49	11,61	39,79	1,13	15,71	7,79	20,44	42,49	0,00	0,59	64,42	63,52
9029	C5/V	>57	4,69	7,36	6,97	22,98	0,92	14,51	7,20	8,96	35,49	0,00	0,59	45,61	45,04
9030	C6/I	0-5	10,88	6,97	5,94	42,86	1,38	88,00	16,00	68,39	78,45	0,00	1,18	148,24	148,02
9031	C6/II	5-20	7,40	7,12	3,32	20,46	1,94	62,00	14,00	59,64	38,03	0,00	0,78	98,40	98,45
9032	C6/III	20-27	7,98	7,01	3,83	22,66	1,62	64,80	5,20	62,32	29,58	0,00	1,18	94,29	93,08
9033	C6/IV	27-32	3,66	7,46	3,29	11,03	1,48	20,10	2,40	21,19	12,68	0,00	0,59	35,01	34,46
9034	C6/V	32-55	2,58	7,67	4,48	11,64	1,13	9,54	4,00	11,32	14,37	0,00	0,59	26,31	26,27
9035	C6/VI	>55	4,33	7,36	3,03	13,60	1,39	28,80	11,60	35,12	21,97	0,00	0,39	55,39	57,49

nº LAB	Horizonte	PROFUNDIDAD	EXTRACTO SATURACIÓN												
			CE _e	pH	RAS	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cationes	Aniones
		cm	dS/m			meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l		
9036	C7/I	0-5	9,47	6,77	4,40	27,41	0,74	67,00	10,80	52,25	52,11	0,00	1,37	105,95	105,73
9037	C7/II	5-18	4,15	7,26	3,57	13,60	0,19	23,08	6,00	25,30	16,90	0,00	0,78	42,87	42,99
9038	C7/III	18-26	2,77	7,60	3,33	9,28	0,20	9,51	6,00	9,97	13,52	0,00	0,78	24,99	24,27
9039	C7/IV	26-32	3,64	7,36	3,07	11,64	0,35	24,40	4,40	24,61	15,21	0,00	0,98	40,80	40,80
9040	C7/V	>32	10,55	7,22	7,13	44,44	1,38	47,35	30,40	62,55	60,56	0,00	0,98	123,57	124,09
9041	C8/I	0-5	8,98	7,01	4,59	28,67	0,56	71,00	7,20	71,30	36,62	0,00	1,37	107,44	109,30
9042	C8/II	5-14	8,16	7,33	8,48	38,30	0,60	36,00	4,76	42,26	35,21	0,00	1,18	79,66	78,65
9043	C8/III	14-36	7,47	7,21	11,34	46,05	0,95	23,00	10,00	38,58	40,85	0,00	1,18	80,00	80,60
9044	C8/IV	36-64	14,40	7,31	16,41	102,85	2,54	33,60	45,00	98,26	85,92	0,00	0,98	183,99	185,16
9045	C8/V	>64	18,44	7,36	20,85	148,43	3,11	55,60	45,80	101,55	152,12	0,00	0,78	252,94	254,45
9046	C9/I	0-5	9,05	6,83	7,47	38,30	0,92	46,08	6,44	46,78	40,85	0,00	1,18	91,74	88,80
9047	C9/II	5-18	9,81	6,94	6,46	36,84	1,13	48,20	16,80	57,91	42,25	0,00	0,78	102,97	100,95
9048	C9/III	18-34	9,27	7,07	10,08	47,69	1,02	24,00	20,80	38,73	53,52	0,00	1,18	93,51	93,43
9049	C9/IV	34-47	14,80	6,94	14,10	77,82	2,40	38,00	22,96	59,14	81,83	0,00	0,78	141,18	141,76
9050	C9/V	>47	27,10	6,98	21,37	159,90	3,53	43,68	68,33	120,01	154,28	0,00	0,98	275,44	275,27
9051	C10/I	0-15	10,15	7,65	5,96	38,30	0,49	45,28	37,20	76,80	45,07	0,00	0,98	121,27	122,85
9052	C10/II	15-23	10,22	7,03	9,68	46,05	0,88	33,50	11,76	36,00	53,52	0,00	1,18	92,19	90,69
9053	C10/III	23-30	11,55	7,47	12,61	54,52	1,59	20,90	16,46	36,36	56,34	0,00	1,18	93,48	93,87
9054	C10/IV	30-53	21,70	7,15	17,32	125,94	2,87	45,60	60,20	94,65	145,07	0,00	0,98	234,61	240,71
9055	C10/V	>53	16,23	7,21	19,13	93,34	2,59	26,04	21,58	49,55	92,96	0,00	0,98	143,55	143,48
9056	C11/I	0-8	8,98	7,07	4,86	29,96	0,92	54,04	21,96	33,27	71,83	0,00	1,37	106,88	106,47
9057	C11/II	8-23	5,82	7,12	4,66	19,41	1,46	23,52	11,17	24,03	29,06	0,00	0,98	55,56	54,06
9058	C11/III	23-41	3,48	7,76	9,80	24,98	0,89	7,68	5,32	5,25	33,80	0,00	0,98	38,87	40,04
9059	C11/IV	>41	3,13	7,47	9,33	15,71	0,73	3,20	2,47	2,95	18,59	0,00	0,59	22,10	22,13
9060	C12/I	0-15	8,81	7,49	4,08	21,55	1,45	36,56	19,25	48,07	28,17	0,00	1,57	78,81	77,81
9061	C12/II	15-27	8,27	7,61	5,02	24,98	1,52	27,24	22,37	40,71	33,80	0,00	1,37	76,11	75,89
9062	C12/III	27-35	7,85	7,63	5,47	19,41	1,66	12,11	13,03	27,57	16,90	0,00	0,98	46,20	45,45
9063	C12/IV	35-45	6,78	7,60	5,47	18,38	1,66	12,99	9,56	27,63	15,49	0,00	0,78	42,58	43,90
9064	C12/V	45-60	6,55	7,57	7,00	26,18	1,73	11,55	16,42	32,88	22,54	0,00	0,59	55,88	56,00
9065	C12/VI	>60	9,20	7,60	7,45	32,62	2,68	21,89	16,46	36,33	35,35	0,00	0,98	73,66	72,66
9066	C13/I	0-13	3,99	7,76	1,80	7,20	0,31	18,00	14,00	30,50	9,30	0,00	0,98	39,51	40,78
9067	C13/II	13-28	3,43	7,83	2,33	7,69	0,20	12,60	9,24	17,99	10,14	0,00	1,18	29,73	29,31
9068	C13/III	28-43	4,32	7,73	1,97	8,21	0,16	22,00	12,56	31,73	9,30	0,00	0,98	42,93	42,01
9069	C13/IV	>43	4,11	7,83	2,90	8,74	0,68	11,12	7,04	15,56	10,99	0,00	0,78	27,58	27,33

nº LAB	Horizonte	PROFUNDIDAD	EXTRACTO SATURACIÓN												
			CE _e	pH	RAS	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cationes	Aniones
			cm	dS/m		meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l		
9070	C14/I	0-5	12,94	7,69	14,08	61,83	1,59	18,00	20,58	36,85	61,01	0,00	1,57	101,99	99,43
9071	C14/II	5-19	8,38	8,22	17,73	52,77	0,92	7,92	9,80	16,13	53,66	0,00	1,57	71,41	71,36
9072	C14/III	19-30	8,65	8,04	12,25	39,28	2,36	14,69	5,88	18,89	41,69	0,00	1,37	62,22	61,96
9073	C14/IV	30-40	6,34	7,83	8,74	37,72	3,04	18,86	18,42	39,73	38,58	0,00	0,78	78,05	79,09
9074	C14/V	>40	9,37	7,59	7,98	33,23	2,12	19,92	14,80	32,30	37,30	0,00	0,78	70,07	70,38
9075	C15/I	0-7	8,96	7,46	6,13	30,39	0,53	29,84	19,32	43,39	35,49	0,00	1,96	80,07	80,84
9076	C15/II	7-14	7,21	7,80	6,67	29,01	0,60	25,20	12,60	38,70	26,45	0,00	0,98	67,41	66,13
9077	C15/III	14-26	10,72	7,63	9,46	39,28	1,73	14,69	19,78	42,60	32,62	0,00	0,98	75,49	76,20
9078	C15/IV	26-47	12,82	7,64	10,70	58,48	2,12	22,46	37,32	71,29	48,68	0,00	0,78	120,38	120,75
9079	C15/V	47-57	9,70	7,69	19,75	62,37	2,33	9,52	10,43	16,85	65,97	0,00	0,78	84,64	83,61
9080	C15/VI	>57	9,60	7,71	14,54	50,51	2,61	12,38	11,76	21,85	54,51	0,00	0,20	77,27	76,55
9081	C16/I	0-9	6,21	7,49	4,37	19,11	1,36	27,00	11,20	39,09	18,31	0,00	0,98	58,68	58,38
9082	C16/II	9-18	5,84	7,61	2,87	12,98	0,47	34,80	6,16	40,46	12,68	0,00	0,78	54,41	53,92
9083	C16/III	18-28	5,15	7,74	2,84	12,07	0,28	26,40	9,80	31,39	15,49	0,00	0,59	48,55	47,47
9084	C16/IV	28-43	5,83	7,67	2,37	10,33	0,33	32,68	5,20	38,20	9,86	0,00	0,78	48,54	48,85
9085	C16/V	43-56	3,51	7,80	2,15	6,71	0,27	8,80	10,72	17,62	7,61	0,00	0,59	26,50	25,82
9086	C16/VI	>56	3,89	7,79	3,89	13,56	0,41	17,84	6,40	14,76	23,66	0,00	0,39	38,21	38,82
9087	C17/I	0-11	8,48	7,61	6,40	23,82	1,31	8,04	19,62	22,34	29,58	0,00	1,37	52,78	53,29
9088	C17/II	11-18	7,97	7,63	4,77	21,40	1,09	19,47	20,80	34,88	28,17	0,00	0,78	62,77	63,83
9089	C17/III	18-34	2,46	7,83	2,08	5,23	0,04	9,80	2,80	11,55	5,92	0,00	0,59	17,87	18,05
9090	C17/IV	34-47	6,25	7,71	3,72	16,95	1,13	12,60	28,80	39,81	19,72	0,00	0,78	59,48	60,31
9091	C17/V	47-60	7,12	7,67	4,07	18,02	1,34	20,72	18,46	42,64	14,08	0,00	1,37	58,54	58,09
9092	C17/VI	>60	5,68	7,80	4,59	18,02	1,04	23,85	7,00	31,64	16,90	0,00	0,59	49,90	49,13
9093	C18/I	0-8	2,31	7,92	1,64	3,52	0,66	6,44	2,74	6,03	6,76	0,00	0,39	13,36	13,19
9094	C18/II	8-24	3,36	7,79	2,14	5,71	0,66	9,51	4,75	11,63	7,61	0,00	0,98	20,63	20,21
9095	C18/III	24-34	4,69	7,65	2,25	8,72	0,09	21,24	8,70	22,18	15,49	0,00	1,18	38,76	38,85
9096	C18/IV	34-59	3,00	7,73	2,78	5,57	0,01	4,77	3,24	6,16	6,20	0,00	1,37	13,59	13,73
9097	C18/V	>59	1,80	7,95	1,66	3,81	0,00	6,96	3,50	6,15	7,32	0,00	0,59	14,27	14,06
9098	C19/I	0-10	1,06	8,12	1,33	1,90	0,02	1,44	2,64	1,93	3,10	0,00	0,98	6,01	6,01
9099	C19/II	10-23	1,24	8,00	1,73	1,90	0,31	1,38	1,04	1,88	1,69	0,00	1,18	4,63	4,75
9100	C19/III	23-67	1,03	8,04	1,59	1,90	0,02	1,90	0,98	1,92	2,25	0,00	0,78	4,81	4,95
9101	C19/IV	>67	1,59	7,91	1,85	4,13	0,05	6,00	4,00	1,89	11,27	0,00	1,18	14,18	14,33

Anejo XII

Descripción de perfiles

CALICATA 1

Localidad: Alfafar (Barrio del Tremolar)

Situación: Al final del camino del Vall.

Coordenadas UTM: 30S 727957,672 4364599,848

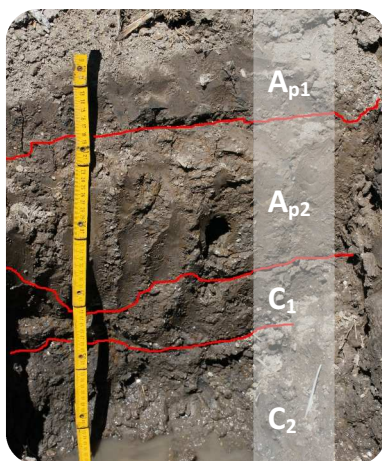
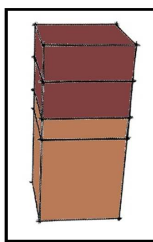
Altitud: 0,43 metros

Posición geográfica: Llano de inundación.

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Typic Fluvaquent



Descripción de Perfil

Perfil de unos 1,20 metros de profundidad de color marrón o marrón grisáceo. Situado en un llano de inundación sobre el Parque Natural de la Albufera de Valencia, presenta vegetación hidromorfa en una zona natural alledaña, mientras que el campo ahora no presenta cultivo de arroz pues está en fase de preparación del terreno para la cosecha (fotos en el anejo XIV). La pendiente general es menor del 2% y se desarrolla sobre limos pardos y grises del Cuaternario. La presencia de capa freática a 53 cm desde la superficie además de la presencia de plantas existentes en humedales y de los indicadores F8 y F12, definen la existencia de un suelo hídrico.

Los Elementos gruesos no superan el 1,23 % por lo que nos indica que es una zona de sedimentación lejana de la zona de erosión. El drenaje es bueno debido a una porosidad y a una estructura esponjosa subpoliédrica. Su adhesividad aumenta en profundidad por el aumento de la fracción arcilla. La materia orgánica es bastante homogénea registrándose en los primeros horizontes valores más elevados debido a la descomposición de los restos vegetales de la campaña de cultivo anterior.

La migración de las arcillas por los canales de la raíces es una constante en todo el perfil, observándose claramente procesos de oxidación del hierro a través de ellos, así como la existencia de moteado. La presencia de anélidos junto al sistema radicular de las plantas de arroz en los dos primeros horizontes es destacada, siendo las raíces finas con orientación vertical las que más abundan en el primer horizonte. Por otro lado la existencia de conchas y caracolillos es abundante en todo el perfil.

Horizonte	Descripción
Ap ₁	Horizonte de 20 cm de espesor con un color marrón (7,5YR 4/3) en húmedo y gris claro (10YR 7/1) en seco. Presenta procesos de oxidación del hierro en los poros y canales de las raíces muertas. Su textura es franco arcillosa y su estructura subpoliédrica con un grado de cohesión entre sus agregados débil. El porcentaje de elementos gruesos en el horizonte es menor de 0,24%. Su CE _e es de 7,44 dS/m predominando el sulfato cálcico y cloruro sódico como compuestos principales en la solución del suelo. Es un horizonte mineral que muestra una acumulación de materia orgánica humificada íntimamente asociada a la fracción mineral con un valor de 5,74 %. El contenido en carbonatos es del 40% debido a la existencia de caracolillos y conchas de muy pequeño tamaño. El pH es levemente alcalino 7,65 (USDA, 1998b) y su valor n es de 0,67.
Ap ₂	Horizonte de 22 cm de espesor con un color marrón (10YR 4/3) en húmedo y gris claro (10YR 7/1) en seco. Presenta procesos de oxidación del hierro en orificios de las raíces muertas, así como escasos núcleos o masas de moteado cuyo contraste es muy claro y nítido entre éstas y la matriz del suelo. El moteado presentaba una coloración marronácea amarillenta oscura (10YR 4/6). Su textura es arcillo limosa y su estructura subpoliédrica con un grado de cohesión entre sus agregados débil. Los fragmentos de tamaño mayor de 2 mm no exceden el 1,23% del total del horizonte. Su CE _e es de 4,93 dS/m predominando el sulfato cálcico y cloruro sódico como compuestos principales en la solución del suelo. Es un horizonte mineral que muestra disminución en la materia orgánica humificada respecto al horizonte superior con un valor de 3,9%. La encontramos agrupada en núcleos concéntricos y masas de materia orgánica en descomposición. El contenido en carbonatos es de 39,83% (parecido al del horizonte Ap). La existencia en un 40% de la matriz del suelo de caracolillos y conchas de muy pequeño tamaño es un fiel reflejo de su formación. El pH es levemente alcalino 7,86 y su valor n es de 0,66.

- C₁ Horizonte de 13 cm de espesor con un color marrón (7,5 YR 4/2) en húmedo y marrón grisáceo (10YR 5/2) en seco. Presenta procesos de oxidación y reducción del hierro en los poros y canales de las raíces muertas, así como moteado en la matriz del suelo. El moteado presentaba una coloración marronácea amarillenta oscura (10YR 4/6). Su textura es arcillosa y su estructura subpoliédrica con un grado de cohesión entre sus agregados débil. No hay presencia de elementos gruesos (mayores de 2 mm) en todo el horizonte. Es una muestra bastante porosa y su CE_e es de 6,03 dS/m predominando el sulfato cálcico y magnésico y el cloruro sódico como compuestos principales en la solución del suelo. Es un horizonte mineral que muestra aumento en la materia orgánica humificada respecto al horizonte superior con un valor de 6.61%. El contenido en carbonatos es de 32,57% y la abundancia de caracolillos y conchas de muy pequeño tamaño favorece la acumulación de carbonato biogénico. El pH es levemente alcalino 7,66 y su valor n es de 1,10.
- C₂ Horizonte de más de 45 cm de espesor con un color gris muy oscuro (10 YR 3/1) en húmedo y marrón grisáceo (10YR 5/2) en seco. Presenta procesos de oxidación en los poros en mucha menor proporción y no encontramos evidenciadas de moteado. Su textura es arcillo limosa y su estructura subpoliédrica con un grado de cohesión entre sus agregados débil. Los elementos gruesos son inferiores al 1,04% de todo el horizonte. Es una muestra bastante porosa y su CE_e es de 5,87 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico y magnésico como compuestos principales en la solución del suelo. Es un horizonte mineral con un contenido de materia orgánica del 6,47%. El valor de 27,14 % es el menor en todo el perfil respecto a carbonatos pues también es menor la concentración en la matriz del suelo de caracolillos y conchas de muy pequeño tamaño. El pH es levemente alcalino 7,49 y su valor n es de 1,21.

CALICATA 2

Localidad: Valencia

Situación: Junto al Devesa Garden (detrás de casa de aperos)

Coordenadas UTM: 30S 73179,838 4356297,255

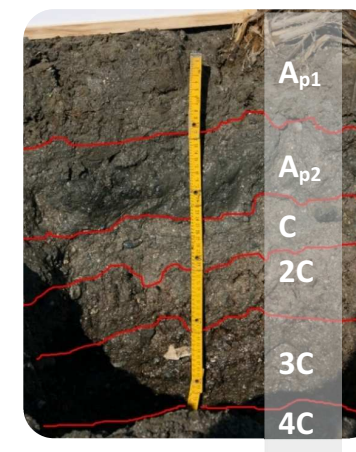
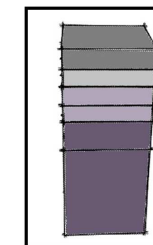
Altitud: -0,05 metros

Posición geográfica: Restinga arenosa de la Albufera de Valencia

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Typic Hydraquent



Descripción de Perfil

Perfil de unos 1,30 metros de profundidad de color gris en húmedo y en seco. Situado en la restinga arenosa de la Albufera de Valencia en un borde lindante con la zona llana de inundación del lago. Presenta vegetación hidromorfa en las motas y acequias del entorno, así como matorral y pino carrasco en el inicio del bosque mediterráneo de la restinga a escasos metros de la calicata. Situada en un campo de arroz en plena época de preparación del terreno para el cultivo con nivelación mediante laser (fotos en el Anejo XIV). La pendiente general es menor del 2% y se desarrolla en una zona de mezcla entre limos pardos y grises del Cuaternario y arenas del mismo período de origen marino. La presencia de capa freática a 39 cm desde la superficie además de reconocer los indicadores S5 y A4 (aunque el olor se produzca a más de 30 cm) corrobora que este suelo es hídrico.

Los Elementos gruesos sufren un aumento en profundidad debido a la gran proporción de conchas y pequeños cantos rodados de origen marino (gravas pequeñas) existente en los horizontes IV y VI. La conductividad hidráulica del suelo es elevada sobre todo en los tres últimos horizontes donde predomina la fracción arena, dando lugar a horizontes superficiales con estructura subpoliédrica débil debido a la cantidad de arcilla. En los últimos horizontes no se presenta estructura debido a la totalidad de muestra arenosa. En los horizontes superficiales la adhesividad es bastante importante y la materia orgánica disminuye en profundidad, apreciándose en este caso la influencia del cultivo del arroz sobre dicha variación. El incremento de la fracción de arena en profundidad (62,5-92%) da lugar a un cambio textural abrupto entre los horizontes II y III, señalando que hay únicamente un 13-15% de arcilla en los dos horizontes superficiales. Existen concentraciones redox en el horizonte IV y la materia orgánica está íntimamente ligada a la fracción mineral en todos los horizontes. La presencia de anélidos en el primer horizonte junto a las raíces verticales y finas justifica que este horizonte sea el más activo biológicamente. También encontramos restos de *Typha sp.*, y algas en el horizonte subyacente.

Horizonte	Descripción
Ap ₁	Horizonte de 11 cm de espesor con un color marrón grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo y gris (2,5Y 6/1) en seco. Presenta procesos de óxido-reducción reflejados en el moteado no muy abundante del horizonte. El color de las escasas manchas es rojo amarillento (5YR 5/8) en húmedo y marrón amarillento en seco (10YR 6/6). Su textura es franco arenosa y su estructura subpoliédrica con un grado de cohesión entre sus agregados débil. El porcentaje de elementos gruesos en el horizonte es de 1,52% y su CE _e es de 15,59 dS/m predominando el sulfato cálcico y magnésico, así como el cloruro sódico. Es un horizonte mineral que muestra una acumulación de materia orgánica humificada íntimamente asociada a la fracción mineral con un valor de 2,84 %, siendo el valor más alto de todo el perfil. Es el horizonte donde mayor concentración de raíces verticales existe, así como un gran desarrollo de la fauna (artrópodos). El contenido en carbonatos es del 27,14%, su pH es levemente alcalino 7,51 y su valor n es de 1,90.
Ap ₂	Horizonte mineral de 10 cm de espesor con un color marrón grisáceo (2,5Y 5/2) en húmedo y gris (2,5Y 6/1) en seco. Su textura es franco arenosa y su estructura subpoliédrica con un grado de cohesión entre sus agregados débil. El valor de los elementos gruesos es de 4,27% y su CE _e de 10,65 dS/m predominando el sulfato cálcico y cloruro sódico como compuestos principales en la solución del suelo. Es un horizonte mineral con materia orgánica difusa en todo el horizonte cuyo valor es de 1,91%. El contenido en carbonatos es de 17,89% y su pH se clasifica como levemente alcalino 7,76, siendo el valor n de 1,26.
C	Horizonte de 11 cm de espesor con un color marrón grisáceo (7,5 YR 5/1) en húmedo y gris claro (2,5Y 7/1) en seco. Su textura es arenosa y su estructura subpoliédrica con un grado de cohesión entre sus agregados débil. Los elementos gruesos registran un valor de 7,23% con un
2C	Horizonte de 10 cm de espesor con un color gris (2,5 Y 6/1) en húmedo y en seco. Presenta procesos de oxidación reflejados en manchas de color formando aureolas en los poros que se encuentran difusas en la matriz. Su textura es arena franca y su estructura subpoliédrica con un grado de cohesión entre sus agregados débil. El valor del porcentaje de elementos gruesos es de 16,77% siendo el diámetro de éstos inferior a 3 cm. Es una muestra bastante porosa y su CE _e es de 10,20 dS/m predominando el sulfato cálcico y magnésico, y el cloruro sódico y magnésico como compuestos principales en la solución del suelo. Es un horizonte mineral con un escaso contenido de materia orgánica (0,81%). El valor de carbonatos de 33.22 % es el mayor en todo el perfil debido a la presencia de caracolillos y conchas de muy pequeño tamaño. El pH es moderadamente alcalino 7,93 y su valor n es de 1,54.
3C	Horizonte de 18 cm de espesor con un color gris muy oscuro (2,5 Y 3/1) en húmedo y gris (2,5 Y 6/1) en seco. Su textura es arena franca y no posee estructura debido al alto porcentaje de la fracción arena. El valor de 26,54% como elementos gruesos se debe a la existencia de conchas y caracolillos, además de cantos rodados de diámetro mayor a 3 cm. Es una muestra muy porosa y su CE _e es de 16,22 dS/m predominando el sulfato cálcico y magnésico y el cloruro sódico. Es un horizonte mineral con un contenido de materia prácticamente nulo de materia orgánica (0,27 %). El valor de carbonatos es de 14,62% y su pH es ligeramente alcalino 7.85. Fue imposible calcular el valor n debido no presentar estructura ni agregados.
4C	Horizonte de más de 45 cm de espesor con un color marrón (2,5YR 3/2) en húmedo y gris (2,5y 6/1) en seco. Presenta restos de <i>Typha sp.</i> , y algas en proceso de descomposición, aunque aún se puede observar su estructura fibrosa. Su textura es arenosa y no presenta estructura. Los elementos gruesos son del 25,22% con cantos rodados aislados de diámetro mayor de 3 cm. Su CE _e es de 24,50 dS/m predominando el cloruro sódico y en segundo grado el sulfato cálcico y magnésico. No presenta acumulación de materia orgánica 0,36% y su valor de carbonatos es de 21, 99%. El pH es moderadamente alcalino 7,99 y su valor n no pudo determinarse por la falta de estructura de éste.

CALICATA 3

Localidad: Sueca

Situación: Carretera del Palmar a Sueca

Coordenadas UTM: 30S 729655,152 4353705,023

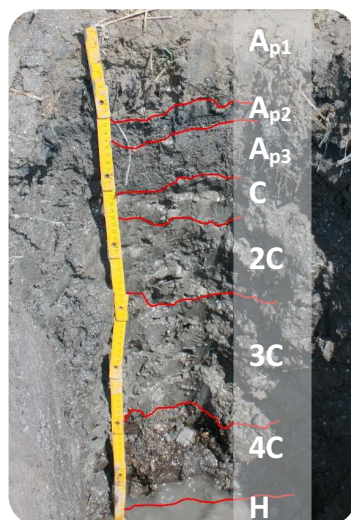
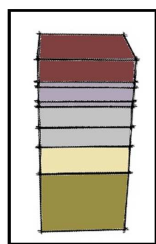
Altitud: 0,13 metros

Posición geográfica: Llano de inundación.

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Thapto-Histic Hydraquent



Descripción de Perfil

Perfil de unos 1,20 metros de profundidad de color gris oscuro en húmedo y grisáceo en seco. Situado en la zona de inundación del sur del lago, presenta vegetación hidromorfa (*Phragmites communis*, *Typha latifolia* L., *Arundo donax* L.). La calicata se sitúa sobre un campo de arroz en zona de limos pardos y grises del cuaternario con el terreno nivelado mediante laser y una pendiente menor al 2%. La presencia de capa freática a 30 cm de la superficie además de los colores grisáceos, y la presencia de los indicadores S5, F8 y F15 definen dicho suelo como hídrico.

Los Elementos gruesos disminuyen en profundidad y no superan el 15% con un diámetro inferior a 3 cm, Los cambios texturales abruptos en la combinación de texturas arcillosas y arenosas ofrecen variaciones significativas en la conductividad hidráulica del suelo. Los horizontes poseen estructura granular o subpoliédrica y la adhesividad de las muestras arcillosas es destacable pues la muestra en húmedo es plástica, pero en seco es muy consistente y dura. La materia orgánica aumenta en profundidad (aunque en el horizonte subsuperficial tenemos un valor mayor que los horizontes subyacentes). El suelo es mineral, aunque en el horizonte VII encontramos una capa orgánica formada por restos de *Typha sp.*, en descomposición. Existen concentraciones redox en los canales de las raíces muertas en el horizonte superficial, así como la presencia de conchas y caracolillos a lo largo de todo el perfil. La presencia de anélidos en el primer y segundo horizonte es abundante, dando lugar a raíces verticales, finas, funcionales y otras muertas en la zona superior. En los horizontes VI y VII encontramos canales de raíces muertas además de restos orgánicos en descomposición.

Horizonte	Descripción
-----------	-------------

- | | |
|-----------------|---|
| Ap ₁ | Horizonte de 12 cm de espesor con un color marrón grisáceo oscuro (2,5 Y 4/2) en húmedo y gris claro (10YR 7/2) en seco. Presenta óxido-reducción en los canales generados por las raíces vivas y muertas que aparecen de forma vertical y horizontal a lo largo de todo el horizonte. El moteado no es muy abundante y el límite entre la matriz y éstos es neto. Su textura es franco arcillo arenosa y su estructura poliédrica masiva con un grado de cohesión entre sus agregados fuerte. El porcentaje de elementos gruesos en el horizonte es de 3,32 % y su CE _e es de 8,50 dS/m predominando el sulfato magnésico y el cloruro sódico. Es un horizonte mineral que muestra un porcentaje de materia orgánica humificada de 1,26 %. En este horizonte se da la mayor concentración de raíces verticales además de horizontales y aparece así como el que mayor actividad biológica registra. El contenido en carbonatos es de 43,11 % y la existencia de conchas y caracolillos aumenta dicho valor. Su pH es moderadamente alcalino 7,94 y su valor n es de 0,70. |
| Ap ₂ | Horizonte mineral de 3 cm de espesor con un color gris oscuro (2,5Y 4/1) en húmedo y gris (2,5Y 6/1) en seco. Su textura es arena franca y su estructura granular facilitan la penetración de raíces verticales así como de la fauna. El porcentaje de los elementos gruesos es de 12,99 % en el que predominan cantos rodados y conchas y caracolillos. Su CE _e es de 6,07 dS/m donde prevalece el sulfato cálcico y magnésico como compuestos principales en la solución del suelo. La materia orgánica se encuentra ligada a la fracción mineral y prácticamente es inexistente (0,10%). El contenido en carbonatos es de 32,57 % y su pH se clasifica como levemente alcalino 8,12. |

- Ap₃ Horizonte de 8 cm de espesor con un color gris oscuro (2,5Y 4/1) en húmedo y gris (2,5Y 6/1) en seco. Su textura es arenosa y su estructura granular. Los elementos gruesos de un diámetro inferior a 3 cm ocupan el 14,4 % siendo muchos de ellos conchas y caracolillos. Su CE_e es de 5,51 dS/m predominando el sulfato cálcico y magnésico y el cloruro sódico como compuestos principales en la solución del suelo. Es un horizonte mineral donde la materia orgánica es insignificante (0,23%). El contenido en carbonatos es de 66,71 % y el pH es moderadamente alcalino 8,09
- C Horizonte mineral de 13 cm de espesor con color gris oscuro (2,5Y 4/1) en húmedo y gris (2,5Y 6/1) en seco. Su textura es arenosa y su estructura es granular. El porcentaje de elementos gruesos es de 7 % siendo el diámetro de éstos inferior a 5 cm. Es una muestra bastante porosa cuya CE_e es de 5,68 dS/m. Horizonte mineral con un escaso contenido de materia orgánica (0,17 %) y con un contenido en carbonatos de 21,17 %. El pH es moderadamente alcalino (8,04) y su valor n es de 1,38.
- 2C Horizonte de 12 cm de espesor con un color marrón grisáceo oscuro (2,5Y 3/1) en húmedo y gris (2,5Y 6/1) en seco. Su textura es franco arcillosa y su estructura poliédrica masiva da lugar a una adhesividad muy marcada. El valor prácticamente nulo de elementos gruesos (0,48 %) se debe a la existencia de conchas y caracolillos con un tamaño inferior a 1 cm. Es un horizonte muy poroso y su CE_e es de 7,45 dS/m predominando el sulfato cálcico y magnésico y el cloruro sódico. Horizonte mineral con un contenido de materia orgánica de 1,75 %. El valor de carbonatos es de 41,73% y su pH es ligeramente alcalino 7,69, mientras que su valor n es de 0,74.
- 3C Horizonte de 17 cm de espesor con un color gris en húmedo y en seco (2,5Y 4/1 y 2,5Y 7/1). Su textura es arcillo limosa con estructura subpoliédrica y un grado de cohesión de los agregados débil. Los elementos gruesos son prácticamente nulos (0,17 %) y su CE_e es de 5,90 dS/m predominando el cloruro sódico y el sulfato cálcico y magnésico. Presenta un valor de materia orgánica de 4,05 % y su valor de carbonatos es de 40,72 %. El pH es ligeramente alcalino 7,51 y su valor n es 0,76. Existen raíces o canales de raíces de forma vertical muertas en cuyo interior se dan procesos de reducción y oxidación del hierro presente en las arcillas. Destacar que tampoco existe actividad biológica en todo el horizonte.
- 4C Horizonte de 23 cm de espesor con un color gris en húmedo en seco (5Y 5/1) y 2,5Y 6/1). Su textura es arcillo limosa y posee estructura poliédrica regular. No existen elementos gruesos en todo el horizonte, siendo una muestra porosa con características redox en la matriz del suelo. Su CE_e es de 7,92 dS/m predominando el sulfato cálcico y magnésico y el cloruro sódico en la solución del suelo. Es un horizonte mineral con un contenido de materia orgánica de 4.39 % y un contenido de carbonatos de 33,64 %. Su pH es neutro 7,23, mientras que su valor n es de 0,53.
- H Horizonte orgánico enterrado de más de 47 cm de espesor con un color negro (10YR 2/1) en húmedo y gris oscuro (2,5Y 4/1) en seco. Presenta restos de *Typha sp.*, y algas en proceso de descomposición en el que la clasificación de fibras nos dice que es un horizonte orgánico con carácter hemist (Lynn *et al.*, 1974). Presenta una estructura turbosa con tallos aun visibles y caracolillos y conchas en la base de dicho horizonte. No presenta elementos gruesos y su CE_e es de 11,85 dS/m predominando el cloruro sódico y el sulfato cálcico, magnésico y sódico. La materia orgánica es 11,82 % por Walkley-Black y de 15,79 % por ignición. Los carbonatos presentan un valor de 20,36 %, siendo el pH neutro 6,96 y su valor n de 6,41 por la elevada capacidad de almacenamiento de agua (humedad de saturación de 405 %).

CALICATA 4

Localidad: Valencia

Situación: Última parcela del tancat del Modernista (Camino transversal de entrada a las turbinas)

Coordenadas UTM: 30S 729395,773 4360078,346

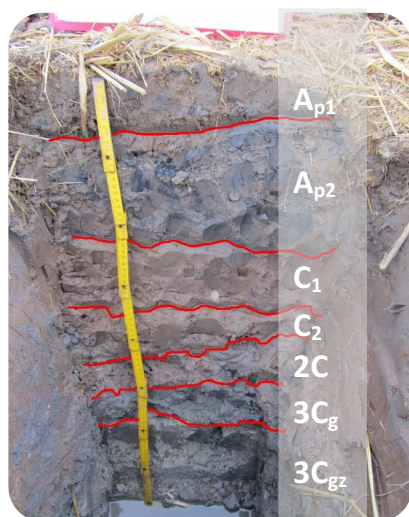
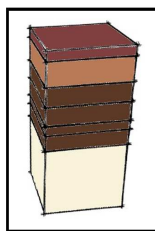
Altitud: 0,36 metros

Posición geográfica: Llano de inundación.

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Typic Aquisalid



Descripción de Perfil

Perfil de unos 1,40 metros de profundidad de color marrónáceo en húmedo y grisáceo en seco. Situado en la zona de inundación norte del lago, más concretamente en la última parcela de arroz del tancat del Modernista cuyo material parental son limos pardos y grises del cuaternario. La presencia de capa freática a 65 cm de la superficie además de los indicadores: A8, F8 y F15 nos definen un suelo hídrico.

Los Elementos gruesos no superan el 1% en todo el perfil y la textura suele ser franco arcillo limosa dándose un cambio abrupto textural entre los horizontes IV y V. La estructura de la mayoría de los horizontes es poliédrica con una consistencia en seco fuerte. Por lo que respecta a la materia orgánica tiene un comportamiento irregular pues tras los dos primeros horizontes decrece en profundidad hasta el horizonte VII que vuelve a aumentar debido a la cantidad de restos de *Typha sp.*, en descomposición. Existen concentraciones redox y moteado a lo largo de todo el perfil, observándose las matrices reducidas por estar saturados con agua los horizontes más profundos.

Horizonte	Descripción
Ap ₁	Horizonte de 6 cm de espesor de color marrón oliva (2,5 Y 4/3) en húmedo y marrón oliva claro (2,5Y 5/3) en seco. Presenta abundancia de raíces finas orientadas vertical y horizontalmente donde se aprecia la oxidación del hierro dando colores rojizos. La gran actividad biológica encontrada con anélidos en la zona radicular de las plantas cosechadas del arroz favorece la mezcla de materia orgánica entre los dos primeros horizontes. El contenido en materia orgánica es del 6,16 % y el porcentaje de elementos gruesos de 0,66 %. La CE _e es de 14,77 dS/m predominando el cloruro sódico y el sulfato de calcio. Su textura es franco arcillo limosa con una estructura subpoliédrica con un grado de cohesión de los agregados moderado. El contenido en carbonatos es de 34,9 % y su pH es neutro 7,21 y su valor n es de 0,94.
Ap ₂	Horizonte mineral de 15 cm de espesor con un color marrón grisáceo oscuro (2,5Y 4/2) en húmedo y gris marrónáceo claro (10YR 6/2) en seco. Su textura es franco arcillo limosa y su estructura subpoliédrica con una consistencia en seco muy fuerte (masiva). Los procesos de óxido-reducción aparecen en los espacios abiertos por las raíces ya muertas y en los poros de mayor tamaño. Presenta moteado en la matriz del suelo de forma difusa dando lugar a un combinado de colores al 50% entre colores rojo amarillento (5YR 5/8) y marrón fuerte (7,5YR 5/8). La materia orgánica con un valor de 4,74% se observa íntimamente unida a la fracción mineral. El porcentaje de los elementos gruesos es de 0,24 % y su CE _e es de 12,33 dS/m donde predomina el cloruro sódico y el sulfato de calcio. El contenido en carbonatos es de 35,24 %, su pH se clasifica como neutro 7,38 y su valor n es igual a 0,58.
C ₁	Horizonte de 12 cm de espesor con un color marrón (10YR 4/3) en húmedo y marrón grisáceo oscuro (10YR 6/4) en seco. Su textura es arcillo limosa y su estructura subpoliédrica con una cohesión en seco muy fuerte. Los elementos gruesos son prácticamente inapreciable (0,15%) y su CE _e es de 12,17 dS/m predominando el cloruro sódico como principal compuesto en la solución del suelo. La materia orgánica se reduce a 1,25% y el contenido en carbonatos se mantiene constante respecto al horizonte suprayacente con un valor de 35,04 %. Encontramos raíces verticales muertas no muy abundantes generándose al penetrar en la matriz del suelo y producir moteados color gris verdoso (Gley 1 8/10Y). Por otro lado en la matriz, encontramos

masas redox de color marrón fuerte (7,5YR 5/8) con límites difusos pero de forma abundante. El pH es moderadamente alcalino 8,22 y el valor n es igual a 0,40.

- C₂ Horizonte mineral de 12 cm de espesor y color marrón grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo y gris claro (10YR 7/2) en seco. Encontramos evidencias de óxido-reducción en los macroporos y en los canales de las raíces dando lugar al desarrollo de un color grisáceo verdoso (Gley 1 8/10Y), mientras que en la matriz del horizonte el moteado se expresa con colores marrones fuertes (7,5YR 5/8). Su textura es franco arcillosa y su estructura es subpoliédrica con un grado de cohesión en seco fuerte. El porcentaje de elementos gruesos es de 0,98 % y la CE_e es de 15,14 dS/m predominando el cloruro sódico. Es un horizonte mineral con un escaso contenido de materia orgánica (1,20 %) y un contenido en carbonatos de 31,83 %. El pH es ligeramente alcalino 8,26 y su valor n es de 0,32.
- 2C Horizonte de 6 cm de espesor con un color marrón (10YR 5/3) en húmedo y gris marronáceo claro (10YR 6/2) en seco. Aparece moteado en la matriz con colores rojos amarillentos (5YR 4/6). Su textura es franco arenosa, dando lugar a un cambio textural abrupto. Su estructura es subpoliédrica con un grado de cohesión débil y el valor de elementos gruesos es insignificante (0,48 %). La CE_e es de 21,70 dS/m predominando cloruro sódico. La materia orgánica disminuye a 0,69 % y los carbonatos tienen un valor de 26,91. Su pH es ligeramente alcalino 7,51, mientras que su valor n es de 0,47.
- 3Cg Horizonte de 10 cm de espesor con un color gris oscuro (5Y 4/1) en húmedo y gris (2,5Y 6/1). Su textura es franco arcillo limosa con estructura granular. El valor de los elementos gruesos es 0,17 % y la CE_e es de 27,20 dS/m predominando el cloruro sódico. Presenta un valor de materia orgánica de 0,70 % y su valor de carbonatos es de 32,77 %. El pH es ligeramente alcalino 8,08 y su valor n es 0,37. No se produce moteado en esta capa, encontrándose reducida su matriz debido a la presencia de la capa freática y a condiciones de endosaturación.
- 3Cgz Horizonte de más de 41 cm de espesor y de coloración gris oliva claro (5Y 6/2) en húmedo y blanco (5Y 8/1) en seco. Su textura es franco arcillosa y su estructura es arcillosa muy plástica. No existen elementos gruesos en todo el horizonte y la CE_e es de 55,7 dS/m predominando el cloruro sódico. Es un horizonte mineral con un contenido de materia orgánica de 7,28 % destacando la existencia de material vegetal en descomposición. Aun con el valor elevado de materia orgánica este horizonte se considera mineral. El contenido de carbonatos es de 39,90 %, el pH es moderadamente alcalino (7.82) y valor n es de 1,79.

CALICATA 5

Localidad: Valencia

Situación: Junto Estación de Bomberos en la carretera del Saler

Coordenadas UTM: 30S 730308,659 4360032,606

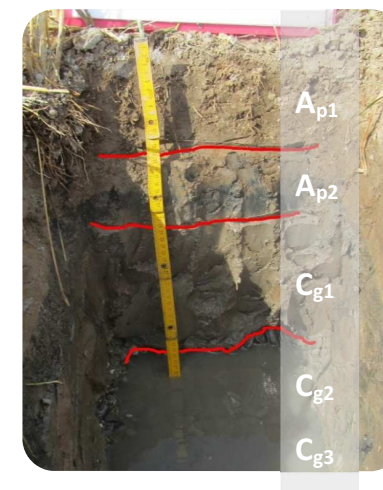
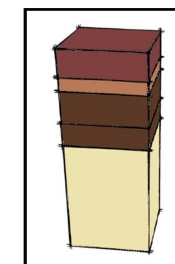
Altitud: 0,32 metros

Posición geográfica: Restinga arenosa de la Albufera de Valencia

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Aquic Xerofluent



Descripción de Perfil

Perfil de unos 0,90 metros de profundidad de color marrón en húmedo y gris en seco principalmente. Situado en la restinga arenosa de la Albufera de Valencia en un borde lindante con la zona llana de inundación del lago, presenta vegetación hidromorfa en los bordes del campo de arroz. La calicata se sitúa sobre un campo de arroz con una pendiente general menor del 2%. Geológicamente el suelo se desarrolla sobre materiales del cuaternario. Más concretamente sobre limos pardos y grises de origen fluvial y arenas procedentes de la restinga pero de origen marino. La presencia de capa freática a 18 cm de la superficie más los indicadores: F8 y F15 además de los procesos de gleyzación definen el suelo como hídrico.

Los Elementos gruesos son prácticamente inapreciables en la zona superficial del perfil encontrando un valor del 68% en el horizonte V, donde los cantos rodados de origen marino predominan en el horizonte. La textura es arcillosa si exceptuamos el horizonte V cuya textura es arenosa y provoca un cambio textural abrupto entre los horizontes IV y V. La estructura de la mayoría de los horizontes es subpoliédrica con una consistencia en seco muy fuerte y una plasticidad acusada de las arcillas. Por lo que respecta a la materia orgánica tiene un comportamiento irregular y se observa a lo largo del perfil la existencia de restos vegetales enterrados en descomposición. Existe moteado en el perfil, así como conchas y caracolillos de origen marino.

Horizonte

Descripción

- Ap₁ Horizonte de 16 cm de espesor de color marrón grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo y marrón pálido (10YR 6/3) en seco. Presenta raíces finas activas y fase de senescencia orientadas vertical y horizontalmente. La actividad biológica es intensa y la materia orgánica está íntimamente ligada a la fracción mineral con un valor de 3,44%. Se observa un moteado del 20% de la matriz, siendo el contraste entre ambos bastante neto y de color rojo (2,5YR 4/8). La textura es franco arcillosa con una estructura subpoliédrica con una consistencia en seco débil. El porcentaje de elementos gruesos es de 2,03 %, poseyendo en la matriz del suelo caracolillos y conchas de origen marino muy fraccionadas que facilitan la acumulación de carbonato en el suelo. La CE_e es de 10,61 dS/m predominando el cloruro sódico, mientras que el contenido en carbonatos es de 32,57 %, su pH es ligeramente alcalino 7,58 y su valor n es de 0,52.
- Ap₂ Horizonte mineral de 8 cm de espesor con un color marrón grisáceo oscuro (2,5Y 4/2) en húmedo y gris marrón claro (10YR 6/2) en seco. Su textura es arcillosa con estructura subpoliédrica y una consistencia en seco muy fuerte (masiva). En húmedo es una muestra adhesiva y muy plástica debido a las arcillas. El moteado existe en este horizonte pero no es abundante en toda la matriz y su contraste es difuso. No obstante en las raíces muertas de las plantas que tienen orientación vertical se observan procesos de óxido-reducción apreciándose colores marrones fuertes (7,5YR 4/6). La materia orgánica presenta un valor de 2,15% y está íntimamente unida a la fracción mineral. El porcentaje de los elementos gruesos es de 0,59 % y su CE_e es de 8,25 dS/m donde predomina el cloruro sódico. El contenido en carbonatos es de 32 %, su pH se clasifica como ligeramente alcalino 7,62 y su valor n es igual a 0,54.
- Cg₁ Horizonte de 19 cm de espesor con un color marrón (7,5YR 4/2) en húmedo y gris marrón claro (10YR 6/2) en seco. Su textura es arcillosa y su estructura subpoliédrica con una cohesión en seco muy fuerte, pero en húmedo muy adhesiva y plástica. No se encuentran raíces pero se observan tallos y restos de material vegetal en descomposición. Los elementos gruesos son prácticamente nulos (0,70%) y su CE_e es de 8 dS/m predominando el cloruro sódico como

principal compuesto en la solución del suelo. La materia orgánica se reduce a 1,52% y el contenido en carbonatos se mantiene constante respecto al horizonte suprayacente con un valor de 33,24 %. El pH es ligeramente alcalino 7,82 y el valor n es igual a 0,41. Se producen procesos de gleyzación en el perfil marcados por una matriz reducida.

- Cg₂ Horizonte mineral de 10 cm de espesor y color marrón grisáceo (2,5Y 5/2) en húmedo y gris marrón claro (10YR 6/2) en seco. La textura es arcillo limosa con estructura poliédrica con una consistencia en seco moderada. La materia orgánica alcanza un valor de 2,98 % debido a la presencia de material vegetal en descomposición en el horizonte. El porcentaje de elementos gruesos es de 0,45 % y la salinidad expresada por la CE_e es de 8,25 dS/m predominando el cloruro sódico en el extracto de la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 37,25 %, el pH es ligeramente alcalino 7,78, y el valor n calculado de 0,41. Presenta una matriz reducida debido al proceso de gleyzación del perfil.
- Cg₃ Horizonte de más de 38 cm de espesor con un color gris marrón claro (2,5Y 6/2) en húmedo y gris claro (2,5Y 7/1) en seco. Su textura es arenosa, dando lugar a un cambio textural abrupto. No posee estructura y su grado de adherencia en húmedo es débil, además de poseer un porcentaje de elementos gruesos del 68 % con la existencia de cantos rodados marinos, conchas y caracolillos. La CE_e es de 4,69 dS/m que es el valor más bajo de todo el perfil donde predomina el cloruro sódico como principal compuesto de la solución del suelo. La conductividad hidráulica en esta capa difiere completamente del resto de horizontes superficiales, siendo una de las capas más porosas. La materia orgánica es la más pequeña de todo el perfil con un valor de 0,71 %, siendo el valor de carbonatos del 34,73%. Su pH es ligeramente alcalino 8,30, mientras que su valor n no se pudo calcular debido a la imposibilidad de formar agregados estables.

CALICATA 6

Localidad: Valencia

Situación: Parte trasera de los viveros de la carretera al Perelló que

Están enfrente de la urbanización las Dunas.

Coordenadas UTM: 30S 733459,221 4353225,823

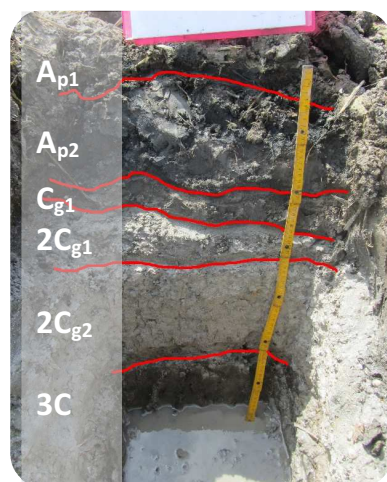
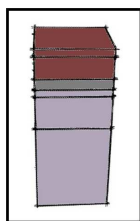
Altitud: 0,19 metros

Posición geográfica: Restinga arenosa de la Albufera de Valencia

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Typic Fluvaquent



Descripción de Perfil

Perfil de unos 1,10 metros de profundidad de color marrón/grisáceo en húmedo y gris en seco principalmente. Situado en el borde oeste de la restinga arenosa de la Albufera de Valencia la zona presenta una pendiente general menor del 2%, ubicándose la calicata en un campo de arroz. Geológicamente el suelo se desarrolla sobre materiales del cuaternario y más concretamente sobre limos pardos y grises de origen fluvial y arenas procedentes de la restinga pero de origen marino. La

presencia de capa freática a 25 cm de la superficie además de la presencia de los indicadores: F8, F15 y F10 indican que es un suelo hídrico.

Los elementos gruesos son prácticamente inapreciables en la zona superficial del perfil (0-1,5%) con pequeños cantos rodados de menos de 5 cm. No obstante en el horizonte IV se registra un valor de 18 % debido a la presencia de conchas de origen marino. La textura es franco arcillosa en los horizontes superficiales y areno franca en los más profundos, aumentando en éstos la conductividad hidráulica del suelo. La estructura de la mayoría de los horizontes es subpoliédrica, aunque los más arenosos no presentan estructura. Por lo que respecta a la materia orgánica disminuye a lo largo del perfil, siendo constante la presencia de conchas y caracolillos en mayor o menor medida, así como la presencia de algas y restos de material vegetal en descomposición.

Horizonte	Descripción
Ap ₁	Horizonte de 5 cm de espesor de color marrón grisáceo oscuro (2,5Y 4/2) en húmedo y gris marronáceo claro (2,5Y 6/2) en seco. Presenta raíces orientadas vertical y horizontalmente donde se producen procesos de oxidación-reducción dando lugar a coloraciones marrones oscuras (7,5YR 5/8). La actividad biológica es intensa y la materia orgánica está íntimamente ligada a la fracción mineral con un valor de 5,62 %. La textura es franco arcillosa con una estructura subpoliédrica y una consistencia en seco débil. El porcentaje de elementos gruesos es de 0,25 % y la salinidad expresada con la CE _e es de 10,88 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico y magnésico como compuestos principales en la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 34,38 %, su pH es ligeramente alcalino (7,51) y su valor n es de 1,23.
Ap ₂	Horizonte de 15 cm de espesor de color marrón (7,5YR 4/2) en húmedo y gris marronáceo claro (2,5Y 6/2) en seco. Su textura es franco arcillosa con estructura subpoliédrica y una consistencia en seco débil. En húmedo es una muestra adhesiva y plástica debido a las arcillas. Se producen procesos de oxidación-reducción en los canales de las raíces muertas dando lugar a coloraciones rojizas (2,5YR 4/8). El horizonte presenta actividad biológica por medio de anélidos con raíces verticales y horizontales además de materia orgánica íntimamente ligada a la fracción mineral y con un valor de 4,82 %. El porcentaje de los elementos gruesos es de 0,52 % y su CE _e es de 7,40 dS/m donde predomina el sulfato cálcico y el cloruro sódico y magnésico. El contenido en carbonatos es de 32,75 %, su pH se clasifica como neutro (7,32) y su valor n es igual a 0,49.
Cg ₁	Horizonte de 7 cm de espesor de color gris oscuro (5Y 4/1) en húmedo y gris marronáceo claro (2,5Y 6/2) en seco. Su textura es franco arcillosa arenosa y su estructura subpoliédrica presenta cohesión en seco débil. El horizonte presenta raíces pero mucho menos abundantes

que en el horizonte suprayacente además de encontrar un valor de elementos gruesos de 1,28 % debido a la presencia de un trozo de ladrillo introducido posiblemente mediante laboreo. La CE_e es de 7,98 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico. La materia orgánica ligada a la fracción mineral es de 2,62% y el contenido en carbonatos de 28,74 %. Presenta caracolillos y conchas en toda su extensión y el pH es ligeramente alcalino 7,50 con un valor n igual a 0,44.

- 2Cg₁ Horizonte mineral de 5 cm de espesor y color gris claro (10YR 7/1) en húmedo y blanco (2,5Y 8/1) en seco. La textura es arena franca sin estructura en la agregación. La materia orgánica decrece respecto a los valores anteriormente señalados alcanzando un valor de 0,33 %. El porcentaje de elementos gruesos es de 18,48 % debido a la cantidad de conchas y caracolillos depositados. La salinidad expresada por la CE_e es de 3,66 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico en el extracto de la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 31,09 %, el pH es moderadamente alcalino (8,21), y el valor n calculado de 0,73.
- 2Cg₂ Horizonte de más de 13 cm de espesor con un color gris claro (7,5YR 7/1) en húmedo y blanco (2,5Y 8/1) en seco. Su textura es arena franca y no posee estructura. El porcentaje de elementos gruesos es 1,50 % con la existencia de conchas y caracolillos en menor medida que el horizonte anterior. La CE_e es de 2,58 dS/m que es el valor más bajo de todo el perfil donde predomina el cloruro sódico y sulfato cálcico como principales compuestos de la solución del suelo. La materia orgánica es la más pequeña de todo el perfil con un valor de 0,12 %. El valor de carbonatos es del 27,14 % y su pH es ligeramente alcalino 8,31, mientras que su valor n es 0,41. Destacar que es el horizonte donde se produce una disminución en todas las variables analíticas, volviendo a aumentar éstas en el horizonte subyacente, por lo tanto es un horizonte de agotamiento.
- 3C Horizonte de más de 52 cm de espesor con un color gris muy oscuro (2,5Y 3/1) en húmedo y gris (2,5Y 6/1) en seco. Su textura es arena franca y no posee estructura, siendo además el porcentaje de elementos gruesos bajo (0,97 %). La CE_e es de 4,33 dS/m donde predomina el cloruro sódico y el sulfato cálcico como principales compuestos. Es un horizonte muy poroso y la materia orgánica registra un valor de 1,40 %. El valor de carbonatos es de 25,91 % con la presencia de caracolillos de tamaño pequeño. Su pH es ligeramente alcalino (8,15), mientras que su valor n es de 1,11.

CALICATA 7

Localidad: Sueca

Situación: En la carretera del Palmar a l'Establiment, enfrente de la cooperativa arrocera.

Coordenadas UTM: 30S 731368,042 4353414,87

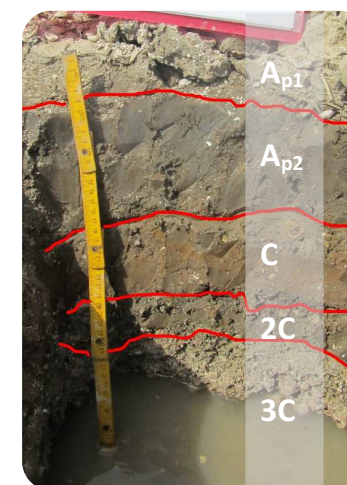
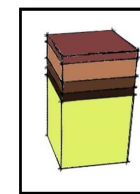
Altitud: 0,26 metros

Posición geográfica: Llano de inundación.

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Aquic Xerofluvent



Descripción de Perfil

Perfil de unos 0,90 metros de profundidad de color marrón en húmedo y gris marronáceo en seco principalmente. Situado en la zona sur del lago de la Albufera de Valencia, presenta una pendiente general menor del 2%, ubicándose la calicata en un campo de arroz. Geológicamente se encuadra sobre materiales del cuaternario y más concretamente sobre limos pardos y grises de origen fluvial. La presencia de capa freática a 39 cm de la superficie además de la representación de los indicadores: F8, F12 y F15 nos definen el suelo como hídrico.

Los elementos gruesos son prácticamente inapreciables en los horizontes superficiales mientras que en profundidad la presencia de conchas y caracolillos de tamaño mayor de 2 mm disparan dicho valor. La textura es franco arcillosa principalmente, aunque se produce un aumento de la fracción arena en los horizontes inferiores. La estructura de la mayoría de los horizontes es subpoliédrica, aunque los más arenosos no presentan estructura. Por lo que respecta a la materia orgánica disminuye a lo largo del perfil. Es de destacar la existencia del horizonte inferior cuya composición con caracolillos y conchas provoca una elevada conductividad hidráulica con la consecuente imposibilidad de eliminar la capa freática.

Horizonte

Descripción

- Ap₁ Horizonte de 5 cm de espesor de color marrón (7,5YR 4/2) en húmedo y gris marronáceo claro (2,5Y 6/2) en seco. Presenta raíces orientadas vertical y horizontalmente además de presentar restos de plantas de arroz de la cosecha anterior. La actividad biológica es intensa y la materia orgánica está íntimamente ligada a la fracción mineral con un valor de 4,99 %. La textura es franco arcillo limosa con una estructura subpoliédrica y consistencia muy fuerte en seco. El porcentaje de elementos gruesos es de 0,8 % y la salinidad expresada con la CE_e es de 9,47 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico como compuestos principales en la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 38 %, su pH es neutro (7,15) y su valor n es de 0,62.
- Ap₂ Horizonte de 13 cm de espesor de color marrón (7,5YR 4/2) en húmedo y gris marronáceo claro (2,5Y 6/2) en seco. Su textura es franco arcillosa con estructura subpoliédrica y una consistencia en seco débil. En húmedo es una muestra adhesiva y plástica. El horizonte presenta raíces verticales finas en cuyo seno se producen procesos de óxido-reducción dando lugar a coloraciones marrones amarillentas oscuras (10YR 4/6). El horizonte presenta actividad biológica y la materia orgánica registra un valor de 4,56 %. El contenido de elementos gruesos es de 0,38 % señalando la existencia de caracolillos y conchas que conforman dichos elementos gruesos. Su CE_e es de 4,15 dS/m donde predomina el sulfato cálcico y el cloruro sódico y el contenido en carbonatos es de 38,87 %. Su pH se clasifica como ligeramente alcalino (7,56) y su valor n es igual a 0,51.
- C Horizonte de 8 cm de espesor de color marrón (7,5YR 4/4) en húmedo y marrón pálido (10YR 6/3) en seco. Su textura es franco arcillosa y su estructura subpoliédrica presenta cohesión en seco débil siendo muy plástica y adhesiva en húmedo. El horizonte presenta raíces pero en menor medida que el horizonte suprayacente. En ellas se producen los procesos de óxido-reducción dando lugar a coloraciones marrones amarillentas oscuras (10YR 4/6). La existencia de caracolillos y conchas registra un valor de elementos gruesos de 0,40 %. La CE_e es de 2,77 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico. La materia orgánica ligada a la

fracción mineral es de 1,94% y el contenido en carbonatos de 39,29 %. El pH es ligeramente alcalino (8,04) y el valor n es igual a 0,32.

- 2C Horizonte mineral de 6 cm de espesor y color marrón (7,5YR 5/2) en húmedo y marrón pálido (10YR 6/3) en seco. La textura es franco arcillo arenosa con estructura subpoliédrica. La materia orgánica alcanza un valor de 3,13 %. El porcentaje de elementos gruesos es de 10,40 % debido a la cantidad de conchas y caracolillos depositados. La salinidad expresada por la CE_e es de 3.64 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico en el extracto de la solución del suelo. El contenido en carbonatos alcanza el valor de 54,53 % destacando sobre los horizontes suprayacentes. El pH es moderadamente alcalino 7,95, y el valor n calculado es de 0,91. Encontramos en una matriz de conchas y caracolillos bolsas de arcilla destacables con una adhesividad y plasticidad elevada que sufren óxido-reducción dando lugar a coloraciones rojizo amarillas (5YR 5/6) poco abundantes.
- 3C Horizonte de más de 58 cm de espesor con un color gris rosáceo (7,5YR 7/2) en húmedo y gris claro (10YR 7/2) en seco. El horizonte está compuesto por restos de conchas de origen salino depositadas por sedimentación que generan un valor de carbonato biogénico del 66,35%. La conductividad hidráulica es elevadísima debido a la facilidad de movimiento del agua entre las diferentes capas de conchas. El porcentaje de elementos gruesos por tanto es el más elevado del perfil con un valor de 74,05 %, siendo el resto partículas inferiores a 2 mm que dan lugar a una textura franco arenosa. La CE_e es de 10,55 dS/m y su pH es ligeramente alcalino 8,22, mientras que el valor n no se pudo llegar a calcular.

CALICATA 8

Localidad: Valencia

Situación: Al final del *Tancat del Senyoret o Campot*

Coordenadas UTM: 30S 729224,0506 4355993,177

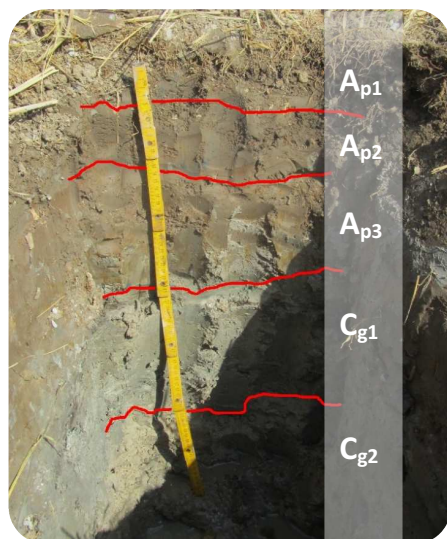
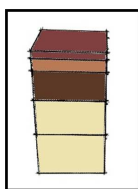
Altitud: -1,28 metros

Posición geográfica: Llano de inundación.

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Typic Hydraquent



Descripción de Perfil

Perfil de unos 1,10 metros de profundidad de color marrón en húmedo y gris en seco principalmente. Situado en el tancat más profundo de la zona sur del lago de la Albufera de Valencia, presenta una pendiente general menor del 2%, ubicándose la calicata en un campo de arroz. Geológicamente se encuadra sobre materiales del cuaternario y más concretamente sobre limos pardos y grises de origen fluvial. La presencia de capa freática a 53 cm de la superficie además de la presencia de los indicadores: A4, A13, F8 y F15 definen el suelo como hídrico.

Los elementos gruesos son prácticamente inapreciables en todo el perfil. La textura es franco arcillosa principalmente, aunque se producen variaciones significativas de la arcilla en el perfil. La estructura de la mayoría de los horizontes es subpoliédrica y la materia orgánica sufre variaciones no regulares lo largo del perfil. Es de destacar la existencia caracolillos y conchas en gran parte del perfil.

Horizonte	Descripción
-----------	-------------

- | | |
|-----------------|--|
| Ap ₁ | Horizonte de 5 cm de espesor de color marrón (10YR 4/3) en húmedo y marrón pálido (10YR 6/3) en seco. Presenta raíces de diámetro entre 1-2 mm, las cuales están orientadas vertical y horizontalmente. También presenta tallos de arroz y raíces de la cosecha anterior. La actividad biológica es intensa y la materia orgánica está íntimamente ligada a la fracción mineral con un valor de 6,79 %. La textura es franco arcillosa con una estructura subpoliédrica y una consistencia fuerte en seco. El porcentaje de elementos gruesos es de 2,78 % y la salinidad expresada con la CE _e es de 8,98 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico como compuestos principales en la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 34,9 %, su pH es neutro (7,32). Su valor n es de 0,73. |
| Ap ₂ | Horizonte de 9 cm de espesor de color marrón grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo y gris claro (10YR 7/2) en seco. Su textura es arcillo limosa con una estructura subpoliédrica y una consistencia en seco débil. En la matriz de esta capa encontramos caracolillos y conchas de pequeño tamaño que dan lugar a un porcentaje de elementos gruesos del 1,55 %. El horizonte presenta raíces verticales finas en cuyo seno se producen procesos de óxido-reducción dando lugar a coloraciones marrones amarillentas oscuras (10YR 4/6). El horizonte presenta actividad biológica y la materia orgánica registra un valor de 5,75 %. La CE _e es de 8,16 dS/m donde predomina el sulfato cálcico y el cloruro sódico y el contenido en carbonatos es de 34,20 %. Su pH se clasifica como ligeramente alcalino (7,99) y su valor n es igual a 0,51. |
| Ap ₃ | Horizonte de 19 cm de espesor de color marrón grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo y marrón pálido (10YR 6/2) en seco. Su textura es franco arcillosa y su estructura subpoliédrica presentando una cohesión en seco fuerte. En húmedo es una muestra muy plástica y adhesiva. El horizonte no presenta raíces pero si presenta restos vegetales de <i>Typha sp.</i> , conchas y caracolillos. En los canales donde el material vegetal se ha descompuesto o en aquellos que las raíces han sido transformadas, se producen los procesos de óxido-reducción dando lugar a coloraciones marrones amarillentas (10YR 5/6). El valor de elementos gruesos es de 3,83 % y la CE _e es de 7,47 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico. La materia orgánica ligada a la fracción mineral es de 4,16 % y el contenido en carbonatos de 42,01 %. El pH se clasifica como ligeramente alcalino (7,58) y el valor n es igual a 0,56. |

- Cg₁: Horizonte mineral de 31 cm de espesor y color gris oliva claro (5Y 6/2) en húmedo y gris claro (2,5Y 7/1) en seco. La textura es areno franco arcillosa con estructura subpoliédrica. El material es poroso y la materia orgánica alcanza un valor de 7,52 % encontrando restos de *Typha sp.*, y algas. El porcentaje de elementos gruesos es de 2,34 % debido a la existencia de conchas y caracolillos depositados. La salinidad expresada por la CE_e es de 14,40 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico en el extracto de la solución del suelo. El contenido en carbonatos alcanza el valor de 45,72 % siendo el mayor en todo el perfil. El pH es moderadamente alcalino 7,75, y el valor n calculado es de 1,35. La matriz ha sido reducida debido al proceso de gleyzación.
- Cg₂: Horizonte de más de 46 cm de espesor con un color gris claro (5Y 7/1) en húmedo y blanco (5Y 8/1) en seco, dando lugar a una matriz reducida. El horizonte está compuesto por turba margosa con restos de *Typha sp.*, material vegetal y algas en descomposición. Es un material muy adhesivo en húmedo y plástico. Su estructura es subpoliédrica y su textura es franca. Los carbonatos registran un valor del 37,18 %, siendo su porcentaje de elementos gruesos de 0,48 %. La CE_e es de 18,44 dS/m, la más alta del perfil, y su pH es ligeramente alcalino 8,09, mientras que el valor n es de 2,94.

CALICATA 9

Localidad: Valencia

Situación: Al final del *Tanquet dels Germanells*

Coordenadas UTM: 30S 728250,099 4359822,182

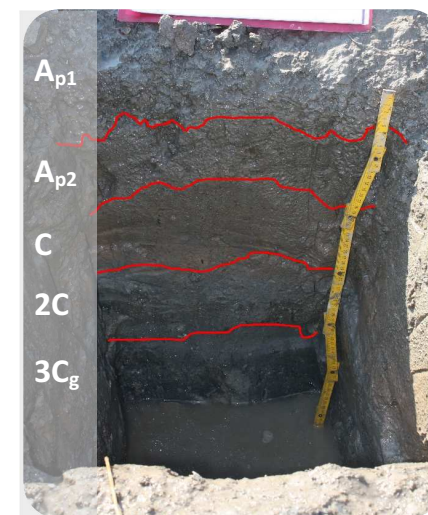
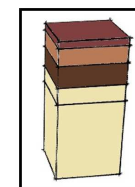
Altitud: -0,49 metros

Posición geográfica: Llano de inundación.

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Aquic Xerofluvent



Descripción de Perfil

Perfil de unos 1,17 metros de profundidad de color grisáceo en húmedo y marrón en seco principalmente. Situado en el *tanquet dels Germanells* en la zona norte del lago de la Albufera de Valencia, presenta una pendiente general menor del 2%, ubicándose la calicata en un campo de arroz. Geológicamente se encuadra sobre materiales del cuaternario y más concretamente sobre limos pardos y grises de origen fluvial. La presencia de capa freática a 16 cm de la superficie además de la presencia de los indicadores: F8 y F15 definen el suelo como hídrico.

Los elementos gruesos son inapreciables en todo el perfil (valor máximo de 1,56 %). La textura es franco arcillo-limosa o arcillo limosa principalmente, aunque se producen variaciones de la fracción arcilla en el perfil. La estructura es subpoliédrica y la materia orgánica también presenta variaciones irregulares a lo largo del perfil. Es de destacar la existencia caracolillos y conchas así como bolsas de arcilla y restos de *Typha sp.*, en el horizonte margo turboso (Horizonte V).

Horizonte	Descripción
Ap1	Horizonte de 5 cm de espesor de color marrón (7,5YR 4/2) en húmedo y gris marronáceo claro (10YR 6/2) en seco. Presenta raíces finas de diámetro inferior a 3 mm orientadas vertical y horizontalmente. También presenta una actividad biológica elevada junto a materia orgánica en masas con aureolas de óxido-reducción dando colores marrones. El valor de la materia orgánica es de 6,49 % y su textura franco arcillo limosa con una estructura subpoliédrica y una consistencia en seco fuerte. El porcentaje de elementos gruesos es de 0,88 % y la salinidad expresada con la CE _e es de 9,05 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico como compuestos principales en la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 37,32 % Su pH es ligeramente alcalino (7,64) y su valor n es de 0,65.
Ap2	Horizonte de 13 cm de espesor de color marrón (7,5YR 4/2) en húmedo y gris marronáceo claro (10YR 6/2) en seco. Su textura es franco arcillosa limosa con una estructura subpoliédrica y una consistencia en seco fuerte. Comienzan a aparecer conchas y caracolillos aunque de forma esporádica así como raíces verticales y horizontales muy finas tanto muertas como vivas. En los canales abiertos por dichas raíces se producen procesos de oxidación-reducción dando lugar a coloraciones rojas intensas (10R 4/6). Los elementos gruesos son del 1,56 % y la materia orgánica registra un valor de 6,33 %. La CE _e es de 9,81 dS/m donde predomina el sulfato cálcico y el cloruro sódico. El contenido en carbonatos es de 39,93 % y su valor n es igual a 0,52. Se clasifica como ligeramente alcalino en base a su pH (7,72).
C	Horizonte de 16 cm de espesor de color marrón (7,5YR 4/3) en húmedo y marrón pálido (10YR 6/3) en seco. Su textura es arcillo limosa y su estructura subpoliédrica con un grado de cohesión en seco fuerte. En húmedo es una muestra muy plástica y adhesiva. El horizonte presenta raíces muertas o canales donde anteriormente hubo raíces con procesos de óxido-reducción abundantes y con un contraste nítido, dando lugar a coloraciones marrones (7,5YR 5/8). El valor de los elementos gruesos es de 0,46 % y la CE _e es de 9,27 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico. La materia orgánica ligada a la fracción mineral es de 3,33 % y el contenido en carbonatos de 29,27 %. El pH es ligeramente alcalino 8,13 y el valor n es igual a 0,54.
2C	Horizonte mineral de 13 cm de espesor y color gris oscuro (5Y 4/1) en húmedo y gris claro (2,5Y 7/1) en seco. La textura es arcillo limosa con estructura subpoliédrica. La materia orgánica ligada a la fracción mineral alcanza un valor del 4,09 %. No existen elementos gruesos y la salinidad expresada por la CE _e es de 14,80 dS/m predominando el cloruro sódico sobre el sulfato cálcico en el extracto del suelo. El contenido en carbonatos alcanza el valor de 38,57 % y el pH se clasifica como moderadamente alcalino (7,94), mientras que el valor n es de 1,02. Es un material clasificado como turba margosa con bolsas de arcilla a lo largo del horizonte.
3Cg	Horizonte de más de 45 cm de espesor con un color gris (5Y 6/1) en húmedo y blanco (2,5Y 7/1) en seco. El horizonte es una turba margosa con restos de <i>Typha sp.</i> , material vegetal y algas en descomposición. Es muy adhesivo en húmedo y plástico y su estructura es subpoliédrica. La textura es franca y los carbonatos registran el mayor valor del perfil con un 44,26 %. No hay elementos gruesos y la CE _e es de 27,10 dS/m, la más alta del perfil. Su pH es ligeramente alcalino (8,02), mientras que el valor n es de 2,70 por la capacidad de la marga de absorber la humedad.

CALICATA 10

Localidad: Valencia

Situación: Junto a la caseta dels Calvos en el Tancat Calvo.

Coordenadas UTM: 30S 725266,881 4357868,180

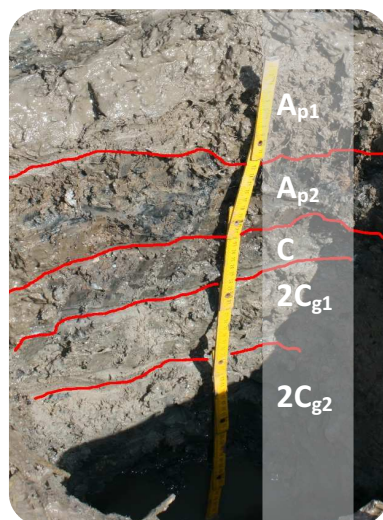
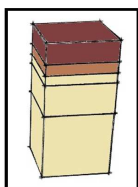
Altitud: -0,35 metros

Posición geográfica: Llano de inundación.

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Typic Fluvaquent



Descripción de Perfil

Perfil de unos 1,20 metros de profundidad de color marrón grisáceo en húmedo y en seco. Situado en el tancat *dels Calvos* en la zona oeste del lago de la Albufera de Valencia. Presenta una pendiente general menor del 2%, ubicándose la calicata en un campo de arroz. Geológicamente se encuadra sobre materiales del cuaternario y más concretamente sobre limos pardos y grises de origen fluvial. La presencia de capa freática a 20 cm de la superficie además de los indicadores: F8 y F15 definen el suelo como hídrico.

Los elementos gruesos son inapreciables en todo el perfil (valor máximo de 1,70 %). La textura es franco arcillosa y la estructura es subpoliédrica. La materia orgánica es constante en los tres primeros horizontes y posteriormente aumenta un 5% más en valor absoluto. La existencia de caracolillos y conchas así como los restos de algas, material vegetal y *Typha sp.*, definen este perfil.

Horizonte	Descripción
Ap ₁	Horizonte de 15 cm de espesor de color marrón gris oscuro (10YR 4/2) en húmedo y marrón pálido (10YR 6/3) en seco. Presenta raíces finas de diámetro inferior a 4 mm orientadas vertical y horizontalmente en gran parte del horizonte. Se produce moteado con un contraste no muy claro en la matriz del suelo dando lugar a coloraciones marrones amarillentas. Presenta también una actividad biológica elevada junto a materia orgánica ligada a la fracción mineral y a las bolsas de acumulación dando un valor de 5,85 %. Su textura es franco arcillosa con una estructura subpoliédrica y una consistencia en seco fuerte. El porcentaje de elementos gruesos es de 1,70 % y la salinidad expresada con la CE _e es de 10,15 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico como compuestos principales en la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 30,19 %, su pH es ligeramente alcalino (7,68) y su valor n es de 0,89.
Ap ₂	Horizonte de 8 cm de espesor de color marrón gris oscuro (10YR 4/2) en húmedo y marrón pálido (10YR 6/3) en seco. Su textura es franco arcillosa con una estructura subpoliédrica y una consistencia en seco fuerte. En húmedo el material es adherente y plástico. Se destaca la presencia de conchas y caracolillos de forma esporádica así como raíces menores de 2 mm de tamaño, orientadas vertical y horizontalmente. En los canales abiertos por dichas raíces se producen procesos de oxidación-reducción dando lugar a coloraciones marrones amarillentas oscuras (10R 4/6). Los elementos gruesos son del 0,88 % y la materia orgánica registra un valor de 5,56 %. La CE _e es de 10,22 dS/m donde predomina el sulfato cálcico y el cloruro sódico. El contenido en carbonatos es de 43,91 % y su valor n es igual a 0,77. Su pH se clasifica como ligeramente alcalino (7,77).
C	Horizonte de 7 cm de espesor de color gris oscuro (5Y 4/1) en húmedo y gris (5Y 6/1) en seco. Su textura es franco arcillosa y su estructura subpoliédrica con un grado de cohesión en seco fuerte. En húmedo es una muestra muy plástica y adhesiva. El horizonte presenta raíces muertas con procesos de óxido-reducción dando lugar a coloraciones marrones (7,5YR 4/3). El valor de los elementos gruesos es de 1,57 % y la CE _e es de 11,55 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico. La materia orgánica ligada a la fracción mineral es de 5,17 % y el contenido en carbonatos de 29 %. El pH es neutro (7,37) y el valor n es igual a 0,60.

- 2Cg₁ Horizonte mineral de 13 cm de espesor y color gris (7,5YR 5/1) en húmedo y blanco (5Y 8/1) en seco. La textura es franco arcillosa con una estructura subpoliédrica. La materia orgánica ligada a la fracción mineral alcanza un valor máximo en el perfil de 10,67 %, aunque no da para un horizonte orgánico. Encontramos restos de material vegetal, algas y *Typha sp.*, en todo el horizonte y los elementos gruesos son inapreciables (0,12%). La salinidad expresada por la CE_e es de 21,70 dS/m predominando cloruro sódico sobre el sulfato cálcico en el extracto del suelo. El contenido en carbonatos alcanza el valor máximo del perfil con un 50,30 % destacando la presencia de caracolillos y conchas calcáreas. El pH se clasifica como moderadamente alcalino (8,02) y el horizonte se considera como una turba margosa con un valor n de 2,26 debido a la facilidad de almacenamiento y retención de agua. Los colores grisáceos se deben al agotamiento de la matriz debido a los procesos de reducción.
- 2Cg₂ Horizonte de más de 51 cm de espesor con un color gris (10YR 6/1) en húmedo y gris claro (5Y 7/1) en seco. El horizonte continúa teniendo características parecidas al anterior pero con menos presencia de material vegetal en descomposición y caracolillos y conchas. Es un material muy adhesivo y plástico en húmedo. Su estructura es subpoliédrica. La textura es arcillo limosa y los carbonatos presentan un valor del 28,91 %. No hay elementos gruesos destacables (1,29%) y la CE_e es de 16,23 dS/m, su pH es ligeramente alcalino (8,06), mientras que el valor n es de 0,78.

CALICATA 11

Localidad: Catarroja

Situación: Junto al puerto de Catarroja, delante de la primera nave Industrial que hay en el camino hacia el tancat de Pipa.

Coordenadas UTM: 30S 726140,005 4363619,877

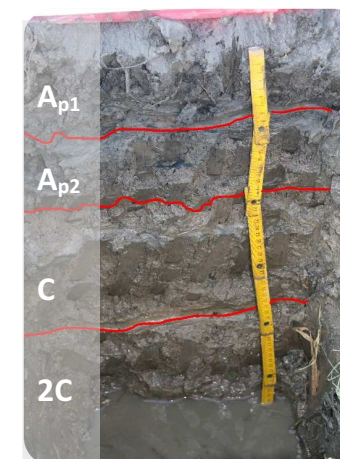
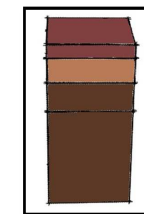
Altitud: 0,83 metros

Posición geográfica: Llano de inundación.

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Aquic Xerofluvent



Descripción de Perfil

Perfil con 1,00 metro de profundidad y de color marrón en húmedo y marrón amarillento en seco. Situado en la zona oeste del lago de la Albufera de Valencia más concretamente junto al puerto de Catarroja, la calicata se ubica en un campo de arroz con una pendiente general menor del 2%. Geológicamente se encuadra sobre limos pardos y grises del del cuaternario. La presencia de capa freática a 13 cm de la superficie además de presentar ejemplares de *Typha latifolia*, *Phragmites australis* y otras especies en el margen cercano a la calicata además de la presencia de los indicadores: F8 y F15 definen el suelo como hídrico.

Los elementos gruesos son inapreciables en todo el perfil (valor máximo 0,71 %). La textura es arcillo limosa y la estructura es subpoliédrica con muestras de suelo muy adhesivas y plásticas en húmedo. La materia orgánica disminuye en profundidad y encontramos procesos de óxido-reducción a lo largo del perfil. La cercanía de una acequia colindante complicó la extracción del agua de capa freática del perfil, reflejando en este caso la porosidad y su elevada conductividad hidráulica

Horizonte

Descripción

- Ap₁ Horizonte de 8 cm de espesor de color marrón (10YR 5/3) en húmedo y amarillo pálido (2,5Y 7/3) en seco. Presenta raíces finas de diámetro inferior a 3 mm orientadas vertical y horizontalmente en gran parte del horizonte. Presenta también una actividad biológica elevada junto a un valor de materia orgánica de 6,77 % en todo el horizonte. Ésta se encuentra en diferentes estados de descomposición muy ligada con la materia mineral. Su textura es franco arcillo limosa con una estructura subpoliédrica y una consistencia en seco fuerte. En húmedo la muestra es muy adhesiva y plástica y encontramos restos de caracolillos y tallos de arroz en descomposición. Es bastante porosa y el porcentaje de elementos gruesos es de 0,81 %. La CE_e es de 8,98 dS/m predominando el cloruro sódico, cálcico y sulfato cálcico y magnésico como compuestos principales en la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 40,72 %, su pH es ligeramente alcalino (7,70) y el valor n es de 0,81.
- Ap₂ Horizonte de 15 cm de espesor de color marrón gris oscuro (10YR 4/2) en húmedo y marrón muy pálido (10YR 7/3) en seco. Su textura es arcillo limosa con una estructura subpoliédrica y una consistencia en seco fuerte. En húmedo el material es adherente y plástico. Presenta conchas y caracolillos de forma esporádica así como raíces menores de 3 mm de diámetro, orientadas vertical y horizontalmente. En los canales abiertos por dichas raíces se producen procesos de oxidación-reducción dando lugar a coloraciones marrones (7,5YR 5/8). Los elementos gruesos son del 0,48 % y la materia orgánica registra un valor de 3,46 %. La CE_e es de 5,82 dS/m donde predomina el sulfato cálcico y el cloruro sódico. El contenido en carbonatos es de 45,45 %, su pH se clasifica como ligeramente alcalino (8,01) y su valor n es igual a 0,32.
- C Horizonte de 18 cm de espesor de color marrón (10YR 5/3) en húmedo y amarillo pálido (2,5Y 7/3) en seco. Su textura es arcillo limosa y su estructura subpoliédrica con un grado de cohesión en seco fuerte. En húmedo es una muestra muy plástica y adhesiva. El horizonte presenta raíces muertas con un diámetro inferior a 2 mm, en donde se producen procesos de óxido-reducción dando lugar a coloraciones marrones (7,5YR 4/3). El valor de los elementos gruesos es de 0,71 % y la CE_e es de 3,48 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro

sódico. La materia orgánica ligada a la fracción mineral es de 2,06 % y el contenido en carbonatos de 45,81 %. El pH es neutro (8,33) y el valor n es igual a 0,40.

- 2C Horizonte mineral de más de 53 cm de espesor y color marrón (10YR 5/3) en húmedo y marrón amarillento pálido (2,5Y 6/4) en seco. La textura es franco arcillo limosa con una estructura subpoliédrica y un grado de adhesividad y plasticidad alto en húmedo. Existen procesos de óxido-reducción en los macroporos y canales de raíces con una coloración amarillo oliva (2,5Y 6/8). La materia orgánica ligada a la fracción mineral alcanza un valor mínimo en el perfil de 1,8 %. No existen elementos mayores de 2 mm y la salinidad expresada por la CE_e es de 3,13 dS/m predominando cloruro sódico sobre el sulfato cálcico en el extracto del suelo. El contenido en carbonatos alcanza el valor de 39,18 %. El pH se clasifica como moderadamente alcalino (8,37) y presenta un valor n de 0,35.

CALICATA 12

Localidad: Silla

Situación: Junto a la valla de la zona sureste del club de tenis Saladar

Coordenadas UTM: 30S 725231,465 4360219,808

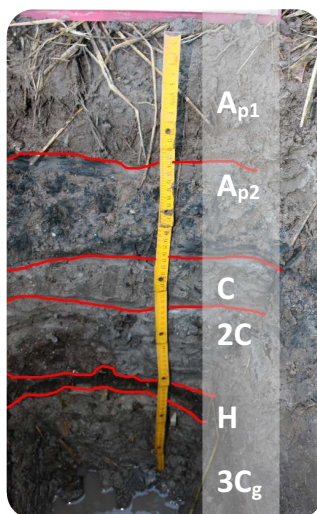
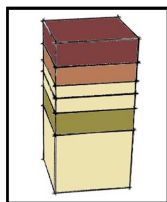
Altitud: 0,17 metros

Posición geográfica: Llano de inundación Albufera de Valencia

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Typic Fluvaquent



Descripción de Perfil

Perfil de unos 1,30 metros de profundidad de color marrón/grisáceo en húmedo y gris en seco principalmente. Situado en un campo de arroz al oeste de la Albufera de Valencia la zona presenta una pendiente general menor del 2%. Geológicamente se desarrolla sobre materiales del cuaternario y más concretamente sobre limos pardos y grises de origen fluvial. La presencia de capa freática a 5 cm de la superficie además de la existencia de un horizonte orgánico enterrado junto a la existencia de los indicadores: F8 y F15 definen el suelo como hídrico.

Los elementos gruesos son prácticamente inapreciables predominando en superficie. La textura es franca siendo las proporciones de las fracciones texturales prácticamente constantes a lo largo del perfil. La estructura de la mayoría de los horizontes es subpoliédrica. Por lo que respecta a la materia orgánica se distribuye de forma irregular en el perfil apareciendo a una profundidad de 45 cm un horizonte orgánico. La existencia de conchas y caracolillos se da en todo el perfil.

Horizonte	Descripción
Ap ₁	Horizonte de 15 cm de espesor con color marrón grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo y gris marrón claro (2,5Y 6/2) en seco. Presenta raíces orientadas vertical y horizontalmente con un diámetro inferior a 3 mm y en donde se producen procesos de oxidación-reducción dando lugar a coloraciones marrones amarillentas (10YR 5/6). La actividad biológica es intensa y la materia orgánica está íntimamente ligada a la fracción mineral con un valor de 7,71 %. La textura es franca con una estructura subpoliédrica. La consistencia en seco es moderada y presenta una adhesividad y plasticidad altas. El porcentaje de elementos gruesos es de 1,78 % y la salinidad expresada con la CE _e es de 8,81 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico y magnésico como compuestos principales en la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 35,13 %, su pH ligeramente alcalino (7,68) y su valor n es de 1,09.
Ap ₂	Horizonte de 12 cm de espesor de color marrón grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo y gris marrón claro (2,5Y 6/2) en seco. Su textura es franca con estructura subpoliédrica y una consistencia en seco débil. En húmedo es una muestra adhesiva y plástica debido a las arcillas. Se producen procesos de oxidación y reducción en los canales de las raíces muertas con una diferenciación clara y nítida del límite dando lugar a coloraciones marrones (7,5YR 5/8). El horizonte presenta actividad biológica por medio de anélidos con raíces verticales y horizontales además de materia orgánica íntimamente ligada a la fracción mineral y con un valor de 6,68 %. El porcentaje de los elementos gruesos es de 1,73 % y su CE _e es de 8,27 dS/m donde predomina el sulfato cálcico y el cloruro sódico y magnésico. El contenido en carbonatos es de 39,48 %, su pH se clasifica como neutro (7,43) y su valor n es igual a 0,65.
C	Horizonte de 8 cm de espesor de color gris oscuro (5Y 4/1) en húmedo y gris (5Y 6/1) en seco. Su textura es franca y su estructura subpoliédrica presenta cohesión en seco débil. El horizonte presenta raíces pero mucho menos abundantes que en el horizonte suprayacente y de un diámetro inferior a 1 mm. El valor de los elementos gruesos es de 0,22 % con existencia de caracolillos y conchas. La CE _e es de 7,85 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico. La materia orgánica ligada a la fracción mineral es de 4,35 % y el contenido en carbonatos de 36,72 %. El pH es ligeramente alcalino (7,43) con un valor n igual a 0,50.

- 2C Horizonte mineral de 10 cm de espesor con un color gris (2,5Y 5/1) en húmedo y gris (5Y 5/6) en seco. Su textura es franco arcillosa con estructura subpoliédrica. La materia orgánica se mantiene constante respecto a los valores del horizonte suprayacente con un valor de 4,64 %. Se aprecia restos de material vegetal y *Typha sp.*, en diferentes estados de descomposición. El porcentaje de elementos gruesos es de 0,44 % y la CE_e es de 6,78 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico en el extracto de la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 36,06 %, su pH es moderadamente alcalino (7,77) y el valor n calculado de 0,85.
- H Horizonte orgánico de 9 cm de espesor con un color marrón muy oscuro (10YR 2/1) en húmedo y gris oscuro (2,5Y 4/2) en seco. Su textura es franco arenosa con una estructura turbosa. No presenta elementos gruesos aunque sí caracolillos y conchas de un tamaño inferior a 2 mm. La CE_e es de 6,55 dS/m donde predomina el cloruro sódico y sulfato cálcico como principales compuestos de la solución del suelo. La materia orgánica es la característica más reseñable de este horizonte, pues lo clasifica como orgánico con un valor de 15,52 %. Existen restos de *Typha sp.*, y otros materiales vegetales en descomposición que se clasifican como hemist (Lynn *et al.*, 1974). Los carbonatos ascienden a 13,26 % y el pH a 7,43, clasificándose como ligeramente alcalino. El valor n es de 5,56 debido a la alta capacidad de la muestra de almacenar agua.
- 3Cg Horizonte de más de 41 cm de espesor con un color marrón grisáceo (2,5Y 5/2) en húmedo y gris marronáceo claro (10YR 6/2) en seco que debido al agotamiento por reducción presenta dichos colores. Su textura es franco arenosa con una estructura subpoliédrica. El porcentaje de elementos gruesos es bajo (0,84 %), aunque hay restos de caracolillos. La CE_e es de 9,20 dS/m donde predomina el cloruro sódico y el sulfato cálcico como principales compuestos. Es un horizonte muy poroso y la materia orgánica registra un valor de 8,40 % debido principalmente a la influencia de la capa suprayacente al presentar materiales vegetales en diferentes estados de descomposición. El valor de carbonatos es de 35,25 %, el pH es ligeramente alcalino (7,69), mientras que su valor es de 1,18.

CALICATA 13

Localidad: Sollana

Situación: Junto carretera camino casa de l'Alé

Coordenadas UTM: 30S 724223,304 4355316,083

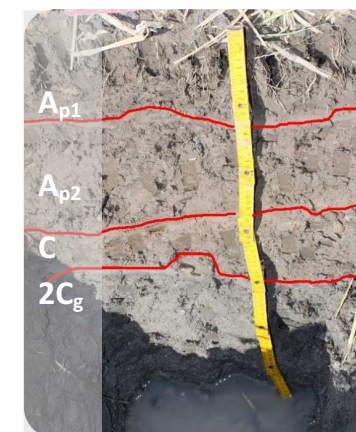
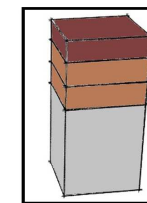
Altitud: 2,14 metros

Posición geográfica: Llano de inundación Albufera de Valencia

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Typic Fluvaquent



Descripción de Perfil

Perfil de unos 0,95 metros de profundidad de color marrón en húmedo y gris en seco principalmente. Situado en un campo de arroz al oeste de la Albufera de Valencia la zona presenta una pendiente general menor del 2%. Geológicamente se desarrolla sobre materiales del cuaternario y más concretamente sobre limos pardos y grises de origen fluvial. La presencia de capa freática a 47 cm de la superficie además de la presencia de los indicadores: A13, F8 y F15 y los procesos de gleyzación definen el suelo como hídrico. Los elementos gruesos son inapreciables y su textura es arcillosa, así como la estructura que se presenta es subpoliédrica. Por lo que respecta a la materia orgánica decrece en profundidad, encontrándose en el horizonte superior el mayor contenido.

Horizonte	Descripción
Ap ₁	Horizonte de 13 cm de espesor de color marrón grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo y gris marrón claro (10YR 6/2) en seco. Presenta raíces orientadas vertical y horizontalmente con un diámetro inferior a 5 mm coincidiendo con las zonas de mayor actividad biológica. La materia orgánica está íntimamente ligada a la fracción mineral con un valor máximo en todo el perfil de 4,46 %. La textura es franco arcillosa con una estructura subpoliédrica y una consistencia en seco moderada. Su adhesividad y plasticidad es muy alta en húmedo. El porcentaje de elementos gruesos es de 0,46 % y la salinidad expresada con la CE _e de 3,99 dS/m predominando el sulfato cálcico y magnésico como compuestos principales en la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 33,31 %, su pH es ligeramente alcalino (7,97) y su valor n de 0,59.
Ap ₂	Horizonte de 15 cm de espesor de color marrón (7,5YR 4/3) en húmedo y gris marrón claro (10YR 6/2) en seco. Su textura es arcillosa con una estructura subpoliédrica y una consistencia en seco débil. En húmedo es una muestra muy adhesiva y plástica debido a las arcillas. Se producen procesos de oxidación y reducción en los canales de las raíces muertas con una diferenciación clara y nítida del límite. El horizonte presenta poca actividad biológica y las raíces también han disminuido. La materia orgánica está íntimamente ligada a la fracción mineral y su valor en el horizonte es de 2,86 %. El porcentaje de los elementos gruesos es de 0,43 % y su CE _e es de 3,43 dS/m donde predomina el sulfato cálcico y magnésico. El contenido en carbonatos es de 34,2 %, su pH se clasifica como ligeramente alcalino (8,16) y su valor n es igual a 0,28.
C	Horizonte de 17 cm de espesor de color marrón grisáceo oscuro (2,5Y 4/2) en húmedo y gris marrón claro (10YR 6/2) en seco. Su textura es arcillosa y su estructura subpoliédrica presenta cohesión en seco débil. No presenta raíces ni actividad biológica de anélidos, pero si presenta manchas de procesos de oxidación y reducción abundantes en el horizonte pero con un contraste difuso. El valor de los elementos gruesos es de 0,19 % y la CE _e es de 4,32 dS/m predominando el sulfato cálcico. La materia orgánica ligada a la fracción mineral es de 2,83 % y el contenido en carbonatos de 36 %. El pH es ligeramente alcalino (8,16) con un valor n igual a 0,29.
2Cg	Horizonte mineral de más de 49 cm de espesor con un color gris (7,5YR 5/1) en húmedo y gris claro (2,5Y 7/1) en seco. Su textura es arcillosa con estructura subpoliédrica. La materia orgánica presenta un valor de 2,16 %. Se aprecian caracolillos y conchas, siendo una muestra muy porosa. El porcentaje de elementos gruesos es nulo y la CE _e es de 4,11 dS/m predominando el sulfato cálcico y el cloruro sódico en el extracto de la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 56,20 % siendo el más alto de todo el perfil. El pH es moderadamente alcalino (8,16), y el valor n calculado de 0,55.

CALICATA 14

Localidad: Sollana

Situación: Lindando con el *tancat de Peret*

Coordenadas UTM: 30S 727099,164 4353092,449

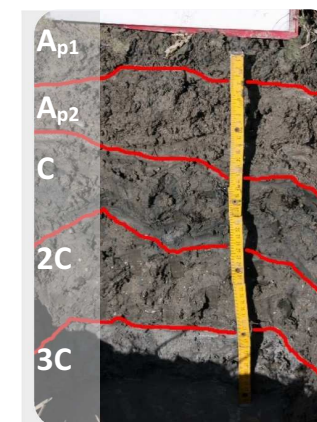
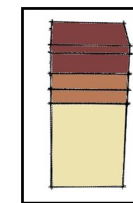
Altitud: 1,14 metros

Posición geográfica: Llano de inundación Albufera de Valencia

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Typic Fluvaquent



Descripción de Perfil

Perfil de unos 0,80 metros de profundidad de color marrón en húmedo y gris en seco principalmente. Situado en un campo de arroz al suroeste de la Albufera de Valencia la zona presenta una pendiente general menor del 2%. Geológicamente se desarrolla sobre materiales del cuaternario y más concretamente sobre limos pardos y grises de origen fluvial. La presencia de capa freática a 31 cm de la superficie además de los indicadores: A4, A13, F8 y F15 definen el suelo como hídrico.

Los elementos gruesos son inapreciables en todo el perfil (máximo de 2,78%) y su textura es franca. Su estructura es subpoliédrica y la materia orgánica varía irregularmente en el perfil. Los carbonatos disminuyen en profundidad y la salinidad no presenta un patrón fijo de comportamiento.

Horizonte	Descripción		
Ap ₁	Horizonte de 5 cm de espesor de color marrón (7,5YR 5/2) en húmedo y gris marrón claro (2,5Y 6/2) en seco. Presenta raíces orientadas vertical y horizontalmente con un diámetro inferior a 3 mm coincidiendo con las zonas de mayor actividad biológica. La materia orgánica está íntimamente ligada a la fracción mineral con un valor de 3,39 %. La textura es franca con una estructura subpoliédrica y una consistencia en seco moderada mientras que en húmedo presenta una alta adhesividad y plasticidad. Se producen procesos de oxidación y reducción en los canales de las raíces muertas con una diferenciación clara y nítida del límite dando lugar a coloraciones marrones (7,5YR 5/3). El porcentaje de elementos gruesos es de 0,41 % y la salinidad expresada con la CE _e es de 12,94 dS/m predominando el sulfato cálcico y magnésico. El contenido en carbonatos es de 47,83 %, su pH es ligeramente alcalino (8,24) y su valor n es de 0,83.		Horizonte mineral de más de 43 cm de espesor con un color gris (5Y 5/1) en húmedo y gris marrón claro (2,5Y 7/1) en seco. Su textura es franco arcillo limosa con estructura subpoliédrica. El horizonte presenta conchas y caracolillos pero en un 80% menos que en el horizonte suprayacente. La materia orgánica presenta un valor de 1,04 %, siendo la más baja del perfil. El porcentaje de elementos gruesos es nulo y la CE _e es de 9,37 dS/m predominando el cloruro sódico en el extracto de la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 29 % siendo, el pH es moderadamente alcalino (8,24) y el valor n calculado de 0,2.
Ap ₂	Horizonte de 14 cm de espesor de color marrón (7,5YR 5/2) en húmedo y gris claro (2,5Y 7/1) en seco. Su textura es franco arcillosa con una estructura subpoliédrica y una consistencia en seco débil. En húmedo es una muestra muy adhesiva y plástica debido a las arcillas. El horizonte presenta poca actividad biológica y las raíces de menos de 2 mm de diámetro aparecen orientadas verticalmente. La materia orgánica está íntimamente ligada a la fracción mineral y su valor en el horizonte es de 4,01 %. El porcentaje de los elementos gruesos es de 1,36 % y su CE _e es de 8,38 dS/m donde predomina el sulfato cálcico y magnésico. El contenido en carbonatos es de 47,03 %, su pH se clasifica como fuertemente alcalino (8,77) y su valor n es igual a 0,47.		
C	Horizonte de 16 cm de espesor de color marrón grisáceo oscuro (2,5Y 4/2) en húmedo y gris marrón claro (2,5Y 6/2) en seco. Su textura es arcillosa y su estructura subpoliédrica presenta cohesión en seco débil. No presenta actividad biológica pero si raíces verticales de diámetro menor a 1 mm. El valor de los elementos gruesos es de 1,49 % y la CE _e es de 8,65 dS/m predominando el cloruro sódico. La materia orgánica ligada a la fracción mineral es de 3,75 % y el contenido en carbonatos de 42,57 %, debido en parte a la existencia de conchas y caracolillos. El pH es ligeramente alcalino (8,48) con un valor n igual a 0,53.		
2C	Horizonte de 10 cm de espesor de color marrón grisáceo oscuro (2,5Y 4/2) en húmedo y gris claro (2,5Y 6/2) en seco. Su textura es arcillosa y su estructura subpoliédrica presenta cohesión en seco débil. No presenta actividad biológica ni raíces. Es mucho más compacto que el superior y el valor de los elementos gruesos es de 2,78 % y la CE _e es de 6,34 dS/m predominando el cloruro sódico. La materia orgánica ligada a la fracción mineral es de 3,69 % y el contenido en carbonatos de 35,16 %. Es muy abundante la presencia de conchas y caracolillos rotas. El pH es ligeramente alcalino (7,98) con un valor n igual a 0,52.		

CALICATA 15

Localidad: Sollana

Situación: En la zona conocida como *Les basses*

Coordenadas UTM: 30S 728565,799 4353596,103

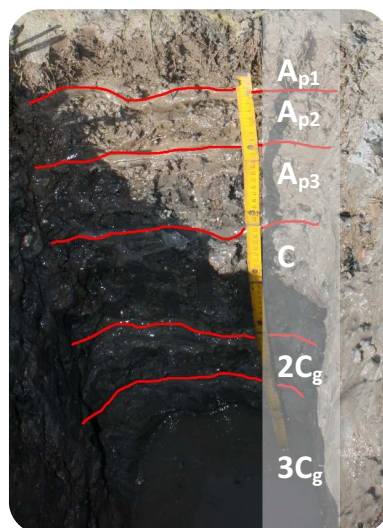
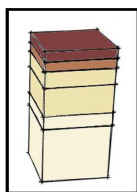
Altitud: 0,19 metros

Posición geográfica: Llano de inundación Albufera de Valencia

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Typic Hydraquent



Descripción de Perfil

Perfil de unos 1,20 metros de profundidad de color marrón-grisáceo en húmedo y gris en seco principalmente. Situado en el arrozal sur de la Albufera de Valencia la zona presenta una pendiente general menor del 2%. Geológicamente se desarrolla sobre materiales del cuaternario y más concretamente sobre limos pardos y grises de origen fluvial. La presencia de capa freática a 35 cm de la superficie además de los indicadores: A5, F8 y F15 definen el suelo como hídrico.

Los elementos gruesos son inapreciables en todo el perfil (máximo de 1,36% en superficie) y su textura es arcillosa. Su estructura es subpoliédrica y la materia orgánica varía irregularmente en el perfil aumentando en profundidad al presentar restos de *Typha sp.*, y otros elementos vegetales en descomposición. Los carbonatos aumentan en profundidad y la salinidad no presenta un patrón fijo de comportamiento. La presencia de caracolillos y conchas es importante en la distribución de todo el perfil siendo mayor su porcentaje en profundidad.

Horizonte	Descripción
-----------	-------------

- | | |
|-----------------|---|
| Ap ₁ | Horizonte de 7 cm de espesor de color marrón (10YR 5/3) en húmedo y marrón pálido (10YR 6/3) en seco. Presenta raíces orientadas vertical y horizontalmente con un diámetro inferior a 5 mm coincidiendo con las zonas de mayor actividad biológica. Presenta tallos de arroz de la cosecha anterior en todo el horizonte. La materia orgánica está íntimamente ligada a la fracción mineral con un valor de 4,62% y presenta bolsas de acumulación en la zona. La textura es arcillo limosa con una estructura subpoliédrica y una consistencia en seco moderada y una adhesividad y plasticidad alta en húmedo. En todo el perfil se han producido procesos de oxidación y reducción de forma extendida, dando lugar a diferenciaciones claras y nítidas del límite con coloraciones marrones (7,5YR 5/8). El porcentaje de elementos gruesos es el máximo de todo el perfil con 1,36 % y la salinidad es de 8,96 dS/m predominando el cloruro sódico y el sulfato cálcico y magnésico como compuestos principales en la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 35 %, su pH es neutro (7,37) y su valor n es de 0,68. |
| Ap ₂ | Horizonte de 7 cm de espesor de color marrón grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo y marrón (10YR 5/3) en seco. Su textura es arcillosa con una estructura subpoliédrica y una consistencia en seco débil. En húmedo es una muestra muy adhesiva y plástica debido a las arcillas. El horizonte presenta actividad biológica y raíces con un diámetro inferior a 2 mm y con orientación vertical y horizontal. La materia orgánica está íntimamente ligada a la fracción mineral y su valor en el horizonte es de 5,66 %, destacando también la existencia de caracolillos y conchas. El porcentaje de los elementos gruesos es de 0,46 % y su CE _e es de 7,21 dS/m donde predomina el sulfato cálcico y el cloruro magnésico. El contenido en carbonatos es de 31,06 %, su pH se clasifica como neutro (7,36) y su valor n es igual a 0,62. Existen rasgos redoximórficos en los canales de las raíces muertas dando lugar a colores marronáceos amarillentos (10YR 5/8). |
| Ap ₃ | Horizonte de 12 cm de espesor de color gris oscuro (10YR 4/1) en húmedo y gris marronáceo claro (2,5Y 6/2) en seco. Su textura es arcillosa y su estructura subpoliédrica presenta cohesión en seco débil. Es un horizonte margo turboso con presencia de <i>Typha sp.</i> , y otros materiales vegetales en descomposición así como caracolillos y conchas en gran medida. No presenta actividad biológica y las raíces verticales de diámetro menor a 1 mm son escasas. El valor de |

los elementos gruesos es de 0,10 % y la CE_e es de 10,72 dS/m predominando el cloruro sódico. La materia orgánica ligada a la fracción mineral presenta un ligero aumento respecto al horizonte suprayacente, siendo su valor de 7,27 %. El contenido en carbonatos de 27,39 % es debido a la existencia en parte de conchas y caracolillos Su pH es neutro (7,13) con un valor n igual a 0,70.

C Horizonte de 21 cm de espesor de color gris muy oscuro (5Y 3/1) en húmedo y gris claro (5Y 7/1) en seco. Su textura es franco arcillo limosa y su estructura subpoliédrica. Presenta cohesión en seco débil y las bolsas de acumulación de arcilla tienen un alta adhesividad y plasticidad si lo comparamos con el resto del horizonte. No presenta actividad biológica ni raíces y el valor de los elementos gruesos es nulo. La CE_e es de 12,82 dS/m predominando el cloruro sódico y el sulfato magnésico. La materia orgánica ligada a la fracción mineral es de 7,39 % y el contenido en carbonatos de 47,18 %. Es muy abundante la presencia de restos vegetales y *Typha sp.* El pH es neutro (7,37) con un valor n igual a 1,15.

2Cg Horizonte mineral de 30 cm de espesor con un color gris claro (2,5Y 7/1) en húmedo y blanco (2,5Y 8/1) en seco. Su textura es franco limosa con estructura subpoliédrica. El horizonte presenta conchas y caracolillos además de restos de material vegetal y *Typha sp.*, en descomposición. La materia orgánica presenta un valor de 6,37 %, y la CE_e es de 9,70 dS/m predominando el cloruro sódico en el extracto de la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 49,67 % siendo y el pH es moderadamente alcalino (7,65), y el valor n calculado de 1,70. Encontramos procesos de óxido-reducción en más del 5% de la matriz, dando lugar a coloraciones grisáceas debido a la reducción de ésta (5Y 6/1).

3Cg Horizonte mineral de más de 42 cm de espesor con un color amarillo pálido (5Y 7/4) en húmedo y gris claro (2,5Y 7/2) en seco. Su textura es franco limosa con estructura subpoliédrica. El horizonte presenta conchas y caracolillos así como restos de material vegetal y *Typha sp.*, en descomposición. La materia orgánica presenta un valor de 5,99 % y la CE_e es de 9,60 dS/m predominando el cloruro sódico en el extracto de la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 66,56 % siendo el más alto en todo el perfil y el pH es moderadamente alcalino (7,77), siendo el valor n calculado de 2,17. También presenta una matriz agotada debido a los procesos de reducción.

CALICATA 16

Localidad: Castellar (Valencia)- Tremolar (Alfajar)

Situación: Junto al canal perimetral de la depuradora de Pinedo

Coordenadas UTM: 30S 727606,827 4366718,490

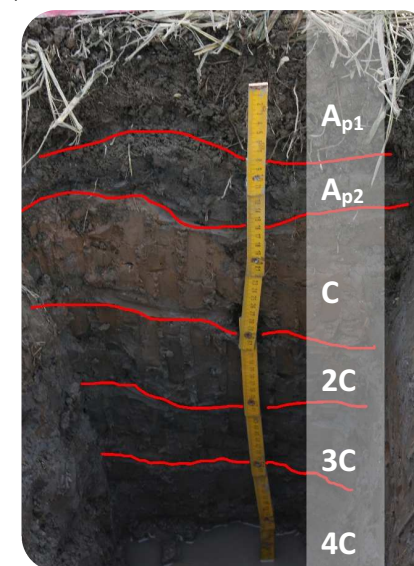
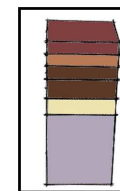
Altitud: 0,72 metros

Posición geográfica: Llano de inundación Albufera de Valencia

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Aquic Xerofluvent



Descripción de Perfil

Perfil de unos 1,15 metros de profundidad de color marrón-grisáceo en húmedo y gris en seco principalmente. Situado en un campo de arroz al norte del lago de la Albufera de Valencia, la zona presenta una pendiente general menor del 2%. Geológicamente se desarrolla sobre materiales del cuaternario y más concretamente sobre limos pardos y grises de origen fluvial. La presencia de capa freática a 47 cm de la superficie además de la presencia de los indicadores: F8 y F15 definen el suelo como hídrico.

Los elementos gruesos son inapreciables en todo el perfil (máximo de 3,82% en profundidad) y su textura es arcillosa principalmente. Su estructura es subpoliédrica y la materia orgánica varía irregularmente en el perfil presentando el mayor contenido en superficie. Los carbonatos y la salinidad no presenta un patrón fijo de comportamiento.

Horizonte	Descripción
Ap ₁	Horizonte de 9 cm de espesor de color marrón grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo y marrón grisáceo (10YR 5/2) en seco. Presenta raíces con un diámetro inferior a 5 mm que están orientadas vertical y horizontalmente. Es el horizonte con mayor actividad biológica, presentando restos de tallos de arroz de la cosecha anterior. La materia orgánica está íntimamente ligada a la fracción mineral con un valor de 9,9 % presentando bolsas de acumulación. La textura es franco arcillosa con una estructura subpoliédrica. El porcentaje de elementos gruesos es de 1,90 % y la salinidad de 6,21 dS/m predominando el sulfato cálcico y magnésico como compuesto principal en la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 32,36 %, su pH es neutro (7,45) y su valor n es de 0,91.
Ap ₂	Horizonte de 9 cm de espesor de color marrón (7,5YR 5/4) en húmedo y gris rosáceo (7,5YR 6/2) en seco. Su textura es arcillosa con una estructura subpoliédrica. Podemos distinguir en la matriz del suelo un parte muy arcillosa con una coloración amarillo rojiza (7,5YR 6/6) y otra mucho más franca con coloración marrón grisáceo oscuro (2,5Y 4/2) dando lugar a moteados con límites nítidos y definidos. El horizonte presenta actividad biológica y raíces con un diámetro inferior a 2 mm con orientación vertical y horizontal. La materia orgánica está íntimamente ligada a la fracción mineral y su valor en el horizonte es de 5,54 %, destacando también la existencia de caracolillos y conchas en todo el horizonte. El porcentaje de los elementos gruesos es de 0,16 % y su CE _e es de 5,84 dS/m donde predomina el sulfato cálcico. El contenido en carbonatos es de 29,08 %, su pH se clasifica como neutro (7,47) y su valor n es igual a 0,61.
C	Horizonte de 10 cm de espesor de color marrón (7,5YR 5/4) en húmedo y gris muy pálido (10YR 7/3) en seco. Su textura es arcillo limosa y su estructura subpoliédrica presenta cohesión en seco débil. Presenta caracolillos y conchas en todo el perfil y la actividad biológica ha cesado al igual que las raíces. La CE _e es de 5,15 dS/m predominando el sulfato cálcico. La materia orgánica ligada a la fracción mineral presenta un valor de 4,03 %. El contenido en carbonatos de 60,52 %, debido en parte a la existencia de conchas y caracolillos y el pH es ligeramente alcalino (7,58) con un valor n igual a 0,4.
2C	Horizonte de 15 cm de espesor de color gris oscuro (5YR 4/1) en húmedo y gris marronáceo claro (10YR 6/2) en seco. Su textura es franco arcillosa y su estructura subpoliédrica presenta

cohesión en seco débil. En el horizonte encontramos bolsas de arcilla muy adhesiva y plástica en húmedo. No presenta actividad biológica ni raíces y el valor de los elementos gruesos es nulo. La CE_e es de 5,83 dS/m predominando el sulfato magnésico. La materia orgánica ligada a la fracción mineral es de 3,55 % y el contenido en carbonatos de 60,46 %. El pH es ligeramente alcalino (7,67) y el valor n es 0,44.

3C	Horizonte mineral de 13 cm de espesor con un color gris oscuro (7,5YR 4/1) en húmedo y gris marrón claro (10YR 6/1) en seco. Su textura es arcillosa con estructura subpoliédrica. El horizonte presenta conchas y caracolillos además de restos de material vegetal y <i>Typha sp.</i> , en descomposición y bolsas de arcilla (menos del 10%) cuya adhesividad y plasticidad es elevada. La materia orgánica presenta un valor de 3,92 % y la CE _e es de 3,51 dS/m. El contenido en carbonatos es de 40,72 % y el pH es moderadamente alcalino (7,81). El valor n calculado por último es de 0,49
4C	Horizonte mineral de más de 52 cm de espesor con un color gris oscuro (7,5YR 4/1) en húmedo y gris (2,5Y 6/1) en seco. Su textura es arenosa sin estructura y con la presencia de conchas y caracolillos. El cambio textural abrupto es claro y la materia orgánica registra el menor valor en el perfil con un 1 %. La CE _e es de 3,89 dS/m predominando el cloruro sódico en el extracto de la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 40,71 %, el pH es moderadamente alcalino (8,09) y el valor n calculado es de 5,53 debido a la gran capacidad de almacenamiento de agua.

CALICATA 17

Localidad: Massanasa

Situación: En el tancat del Noi

Coordenadas UTM: 30S 728700,077 4361819,089

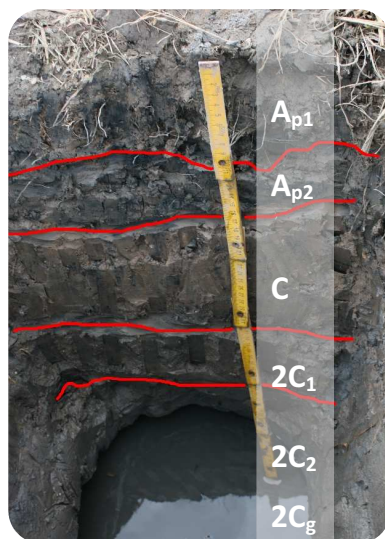
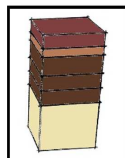
Altitud: -0.36 metros

Posición geográfica: Llano de inundación Albufera de Valencia

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Arrozal.

Clasificación del suelo: Aquic Xerofluent



Descripción de Perfil

Perfil de unos 1,10 metros de profundidad de color marrón en húmedo y gris en seco. Situado en un campo de arroz al norte del lago de la Albufera de Valencia, la zona presenta una pendiente general menor del 2%. Geológicamente se desarrolla sobre materiales del cuaternario y más concretamente sobre limos pardos y grises de origen fluvial. La presencia de capa freática a 47 cm de la superficie además de los indicadores: F8 y F15 definen el suelo como hídrico.

Los elementos gruesos son inapreciables en todo el perfil (máximo de 0,11% en superficie) y su textura varía al igual que la materia orgánica y los carbonatos que presentan un comportamiento irregular.

Horizonte	Descripción
Ap ₁	Horizonte de 11 cm de espesor de color marrón (7,5YR 4/2) en húmedo y gris marronáceo claro (2,5Y 6/2) en seco. Presenta raíces con un diámetro inferior a 5 mm que están orientadas vertical y horizontalmente, así como anélidos que favorecen la mezcla de materia orgánica principalmente. Ésta presenta un valor de 7,13 % y la textura es franco arcillo limosa con una estructura subpoliédrica. El porcentaje de elementos gruesos es de 0,11 % y la salinidad de 8,48 dS/m predominando cloruro sódico como compuesto principal en la solución del suelo. El contenido en carbonatos es de 28,20 %, su pH es neutro (7,29) con un valor n de 0,54. El horizonte presenta moteado debido a los procesos de oxidación-reducción que dan lugar a coloraciones en la matriz marrón fuerte (7,5YR 5/8).
Ap ₂	Horizonte de 7 cm de espesor de color marrón (7,5YR 4/2) en húmedo y gris marronáceo claro (2,5Y 6/2) en seco. Su textura es arcillo limosa con una estructura subpoliédrica. El horizonte presenta actividad biológica y raíces con un diámetro inferior a 5 mm con orientación vertical y horizontal donde se producen los procesos de óxido reducción dando lugar a coloraciones marrón fuerte (7,5YR 5/8). La materia orgánica está íntimamente ligada a la fracción mineral y su valor en el horizonte es de 5,81 % apareciendo en aproximadamente un 60% de la superficie del horizonte. La CE _e es de 7,97 dS/m donde predomina el sulfato cálcico y magnésico. El contenido en carbonatos es de 29,45 %, su pH se clasifica como neutro (7,39) con un valor n igual a 0,53.
C	Horizonte de 16 cm de espesor de color marrón (10YR 4/3) en húmedo y gris muy pálido (10YR 6/2) en seco. Su textura es arcillo limosa y su estructura subpoliédrica presenta cohesión en seco débil. Abundan los caracolillos y conchas en todo el perfil y la actividad biológica ha cesado aunque hay raíces muy finas de orientación vertical. En los canales de las raíces muertas se producen procesos de óxido-reducción dando lugar a coloraciones marrones oscuras (7,5YR 4/6). La CE _e es de 2,46 dS/m predominando el sulfato cálcico. La materia orgánica ligada a la fracción mineral presenta un valor de 4,12 %. El contenido en carbonatos es de 85,84%, debido en parte a la existencia de conchas y caracolillos. El pH es ligeramente alcalino (7,90) con un valor n igual a 0,44.
2C ₁	Horizonte de 13 cm de espesor de color gris oscuro (5YR 4/1) en húmedo y marrón pálido (10YR 6/3) en seco. Su textura es arcillosa y su estructura subpoliédrica presenta cohesión en seco débil mientras que en húmedo presenta una elevada plasticidad. No presenta actividad

biológica ni raíces, aunque encontramos restos vegetales y *Typha sp.*, en descomposición. La materia orgánica ligada a la fracción mineral es de 4,48 % y el contenido en carbonatos de 32,23 %. La CE_e es de 6,25 dS/m predominando el sulfato magnésico como principal compuesto del extracto de saturación del suelo. El pH es ligeramente alcalino (7,57) y el valor n es 0,42.

2C₂ Horizonte mineral de 20 cm de espesor con un color gris (10YR 5/1) en húmedo y marrón pálido (10YR 6/3) en seco. Su textura es arcillo limosa con estructura subpoliédrica. La materia orgánica presenta un valor de 3,61 % y la CE_e es de 7,12 dS/m. El contenido en carbonatos es de 39,77 % y el pH es moderadamente alcalino (7,45). El valor n calculado por último es de 0,30.

2C_g Horizonte mineral de más de 39 cm de espesor con un color gris (5Y 5/1) en húmedo y gris marronáceo claro (2,5Y 6/2) en seco debido a un agotamiento de la matriz del suelo por reducción. Su textura es arenosa sin estructura y con la presencia de conchas y caracolillos. La materia orgánica es del 3,28% y la CE_e de 5,68 dS/m predominando el sulfato magnésico. El contenido en carbonatos es de 35,29 %, el pH es moderadamente alcalino (7,70) y el valor n calculado es de 0,32.

CALICATA 18

Localidad: Sollana

Situación: Camino del cementerio de Sollana

Coordenadas UTM: 30S 726443,579 4351812,095

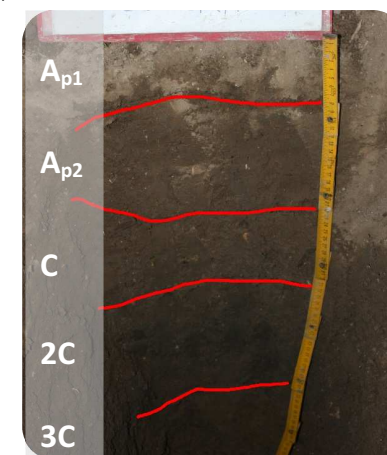
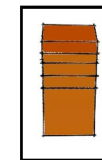
Altitud: 2,54 metros

Posición geográfica: Llano de inundación

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Campo de cítricos

Clasificación del suelo: Typic Xerofluvent



Descripción de Perfil

Perfil de 1,00 metro de profundidad de color marrón en húmedo y en seco. Situado en un campo de cítricos al suroeste del lago de la Albufera de Valencia, la zona presenta una pendiente general menor del 2%. Geológicamente se desarrolla sobre materiales del cuaternario y más concretamente sobre limos pardos y grises de origen fluvial, aunque la zona ha sufrido transformaciones agrarias posteriores. Aunque la calicata se sitúa dentro del Parque Natural, no presenta indicadores de suelo hídrico. Los elementos gruesos son inapreciables en todo el perfil (máximo de 1,78%) y su textura varía al igual que la materia orgánica y los carbonatos que presentan un comportamiento irregular, destaca su baja salinidad puesto que la mayoría de muestras se clasifican como no salinas.

Horizonte	Descripción
Ap1	Horizonte de 8 cm de espesor de color marrón oscuro (7,5YR 3/3) en húmedo y marrón amarillento (10YR 5/4) en seco. Presenta raíces verticales así como actividad biológica que favorece la mezcla de compuestos en el perfil del suelo. El porcentaje de materia orgánica es de 3,69 % y la textura es franco arcillosa con una estructura subpoliédrica. El porcentaje de elementos gruesos es de 1,22 % y la CE_e es de 2,31 dS/m. El contenido en carbonatos es de 20,94 % y su pH es ligeramente alcalino (8,04). Su valor n es de 0,98 y presenta restos de plásticos y artefactos depositados por el laboreo y manejo antrópico del cultivo.
Ap2	Horizonte de 16 cm de espesor de color marrón rojizo (5YR 4/3) en húmedo y gris marronáceo claro (10YR 6/2) en seco. Su textura es franco arcillosa con una estructura subpoliédrica. El horizonte presenta actividad biológica y raíces con orientación vertical. La materia orgánica presenta un valor de 3,03 % y la CE_e es de 3,36 dS/m. El contenido en carbonatos es de 24,60 %, su pH se clasifica como ligeramente alcalino (7,93) y su valor n es igual a 0,35. Presenta restos de plásticos y artefactos depositados por el laboreo y manejo antrópico del cultivo.
C	Horizonte de 10 cm de espesor de color marrón (7,5YR 4/3) en húmedo y marrón pálido (10YR 6/3) en seco. Su textura es franco arcillo arenosa y su estructura subpoliédrica. Presenta raíces muy finas y actividad biológica. La CE_e es de 4,69 dS/m siendo el valor más alto en todo el perfil. La materia orgánica ligada a la fracción mineral presenta un valor de 1,98 % y el contenido en carbonatos es de 24,43. El pH es ligeramente alcalino (7,89) y su valor n es igual a 0,42.
2C	Horizonte de 35 cm de espesor de color marrón (10YR 4/3) en húmedo y en seco (10YR 6/3). Su textura es franco arcillosa y su estructura subpoliédrica. No presenta actividad biológica ni raíces y el valor de materia orgánica es de 1,16 %. La CE_e es de 3 dS/m y el contenido en carbonatos de 15,51 %. El pH es ligeramente alcalino (8,01) y el valor n es 0,35. Presenta moteado con límites difusos y coloraciones marronáceas amarillas oscuras (10YR 4/6).
3C	Horizonte mineral de más de 30 cm de espesor y color marrón (7,5YR 4/3) en húmedo y gris marronáceas claras (10YR 6/2) en seco. Su textura es franco arcillosa y su estructura subpoliédrica. No presenta actividad biológica ni raíces y la materia orgánica es nula (0,02 %). La CE_e es de 1,8 dS/m y el contenido en carbonatos de 7,52 %. El pH es ligeramente alcalino (8,18) y el valor n es 0,43. Presenta moteado con límites difusos y coloraciones marronáceas amarillas oscuras (10YR 4/6).

CALICATA 19

Localidad: Silla

Situación: Junto chopera en el camino perimetral de Silla a Catarroja

Coordenadas UTM: 30S 724187,48 4361558,529

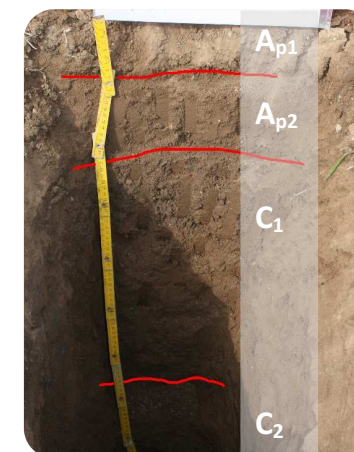
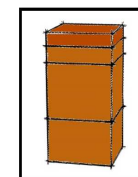
Altitud: 2,85 metros

Posición geográfica: Llano de inundación

Pendiente: Plana (menor 2%).

Uso de la Tierra: Campo de maíz

Clasificación del suelo: Typic Xerofluvent



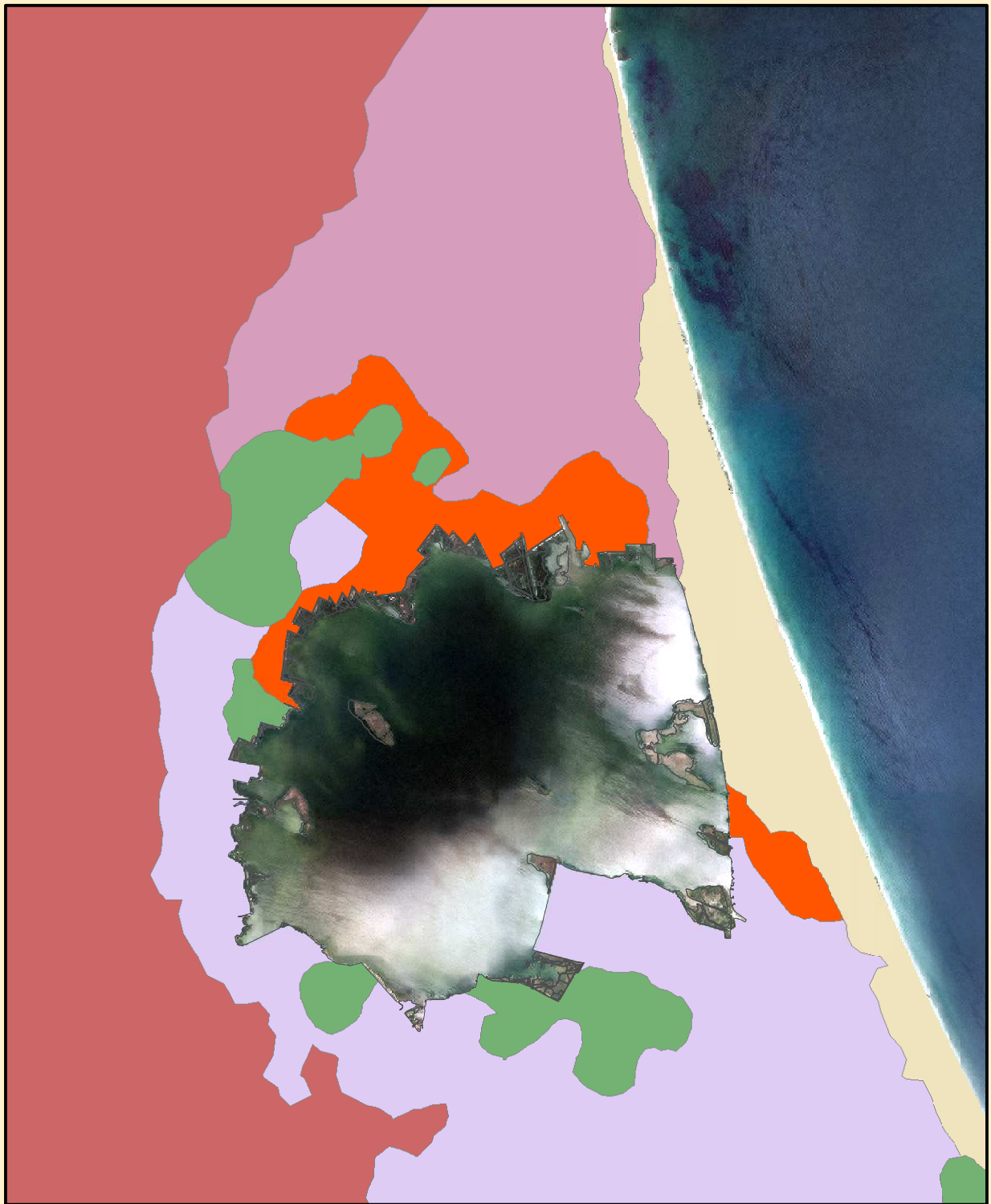
Descripción de Perfil

Perfil de unos 0,90 metros de profundidad de color marrón en húmedo y en seco. Situado en un campo de maíz al noroeste del lago de la Albufera de Valencia, la zona presenta una pendiente general menor del 2%. Geológicamente se desarrolla sobre materiales del cuaternario y más concretamente sobre limos pardos y grises de origen fluvial, aunque la zona ha sufrido transformaciones agrarias. Aunque la calicata se sitúa dentro del Parque Natural, no presenta indicadores de suelo hídrico. Los elementos gruesos son inapreciables en todo el perfil (máximo de 0,86%) y su textura es franco arcillosa con valores de materia orgánica y carbonatos que disminuyen en profundidad. Destaca la baja salinidad puesto que ninguna muestra se clasifica como salina.







Horizonte	Descripción
Ap ₁	Horizonte de 10 cm de espesor de color marrón oscuro (7,5YR 3/4) en húmedo y marrón amarillento (10YR 5/4) en seco. Presenta raíces verticales de diámetro inferior a 4 mm, así como actividad biológica que favorece la mezcla de compuestos en el perfil del suelo. El porcentaje de materia orgánica es de 1,88 % y la textura es franco arcillosa con una estructura subpoliédrica. El porcentaje de elementos gruesos es de 0,31 % y la CE _e de 1,06 dS/m. El contenido en carbonatos es de 17,25 %, su pH es ligeramente alcalino (8,03) y su valor n es de 0,32.
Ap ₂	Horizonte de 13 cm de espesor de color marrón en húmedo (7,5YR 4/4) y en seco (10YR 5/3). Su textura es franco arcillosa con una estructura subpoliédrica. El horizonte presenta actividad biológica y raíces con orientación vertical. La materia orgánica presenta un valor de 2,25 % y la CE _e es 1,24 dS/m. El contenido en carbonatos es de 19,36 % y su valor n es igual a 0,32. Su pH se clasifica como ligeramente alcalino (8,03).
C ₁	Horizonte de 44 cm de espesor de color marrón en húmedo (7,5YR 4/4) y en seco (7,5YR 5/4). Su textura es franco arcillosa y su estructura subpoliédrica. No presenta raíces ni actividad biológica y la CE _e es de 1,03 dS/m. La materia orgánica ligada a la fracción mineral presenta un valor de 1,01 % y el contenido en carbonatos es de 13,28. El pH es ligeramente alcalino (8,17) y su valor n es igual a 0,11.
C ₂	Horizonte mineral de más de 27 cm de espesor y color rojo anaranjado (5YR 4/6) en húmedo y marrón (7,5YR 5/4) en seco. Su textura es franco arcillosa y su estructura subpoliédrica. La materia orgánica es de 1,41 % y la CE _e es de 1,59 dS/m. El contenido en carbonatos es de 8,26 %, el pH es ligeramente alcalino (8,11) y el valor n es 0,48.

Anejo XIII

Mapa de suelos



Leyenda

- | | |
|---|--|
|  Aquic Xerofluvent con inclusiones de Typic Fluvaquent |  Typic Xerofluvent |
|  Asociación Typic Hydraquent -Typic Fluvaquent |  Aquic Xeropsament |
|  Thapto-Histic Hydraquent |  Typic Aquisalid |



**Mapa de Suelos
(Soil Taxonomy)**

Caracterización y evaluación de los
suelos y aguas de la zona colindante
al lago de la Albufera de Valencia:
Intento de recuperación

Escala: 1/75.000

Anejo XIV

Fotografías



Encostramiento superficial tras el periodo de inundación



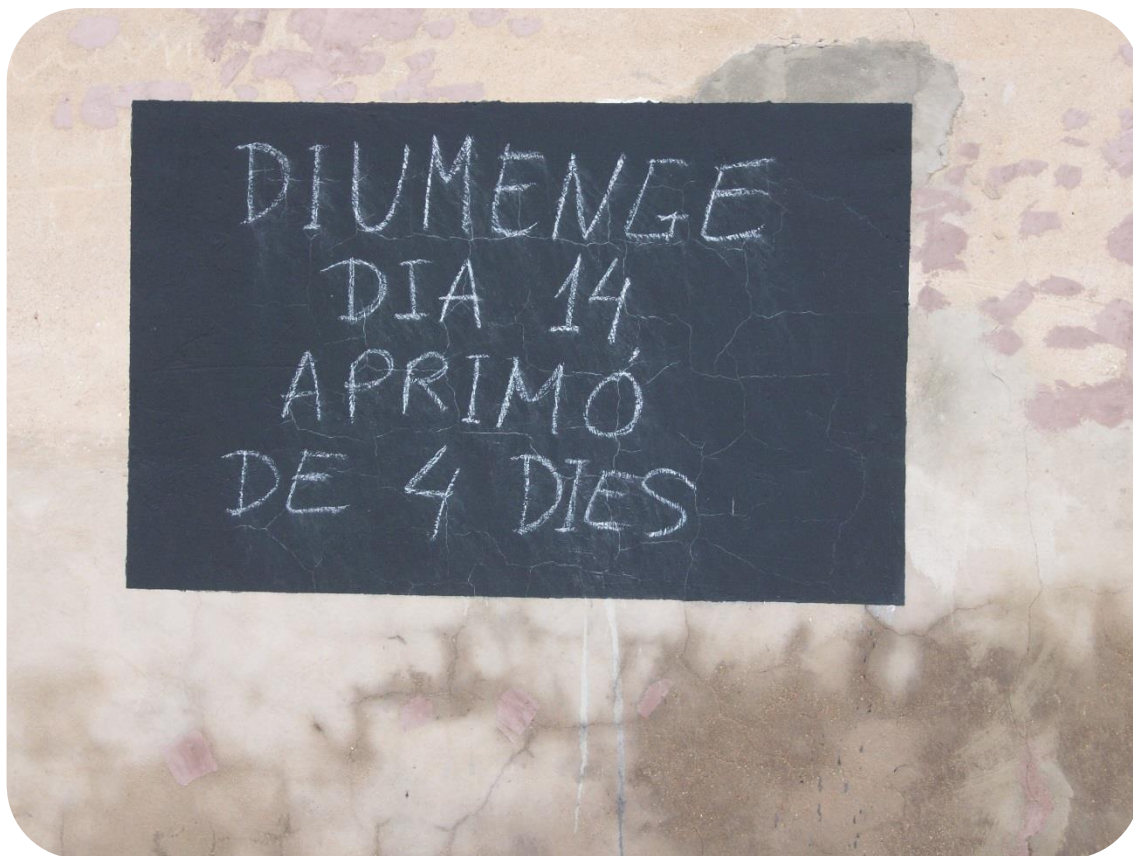
Nivelación del terreno mediante tecnología laser



Acequia sin caudal en el período de preparación de campos



Inicio de la suelta de aguas en las parcelas de arroz



Carteles anunciando els *aprimons* o *eixugons*



Planta de arroz



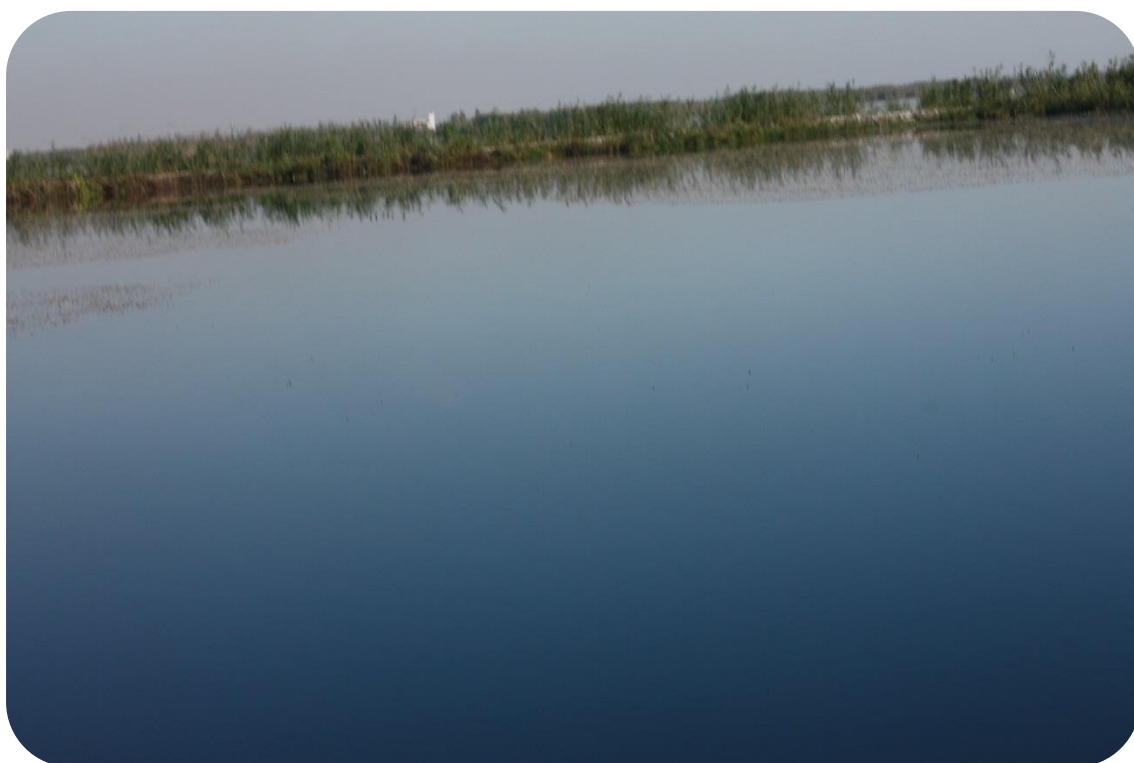
Parcela de arroz con la espiga en maduración



Cosechadoras de arroz



Situación tras la siega con el tocón del arroz en el campo



Tancat completamente inundado



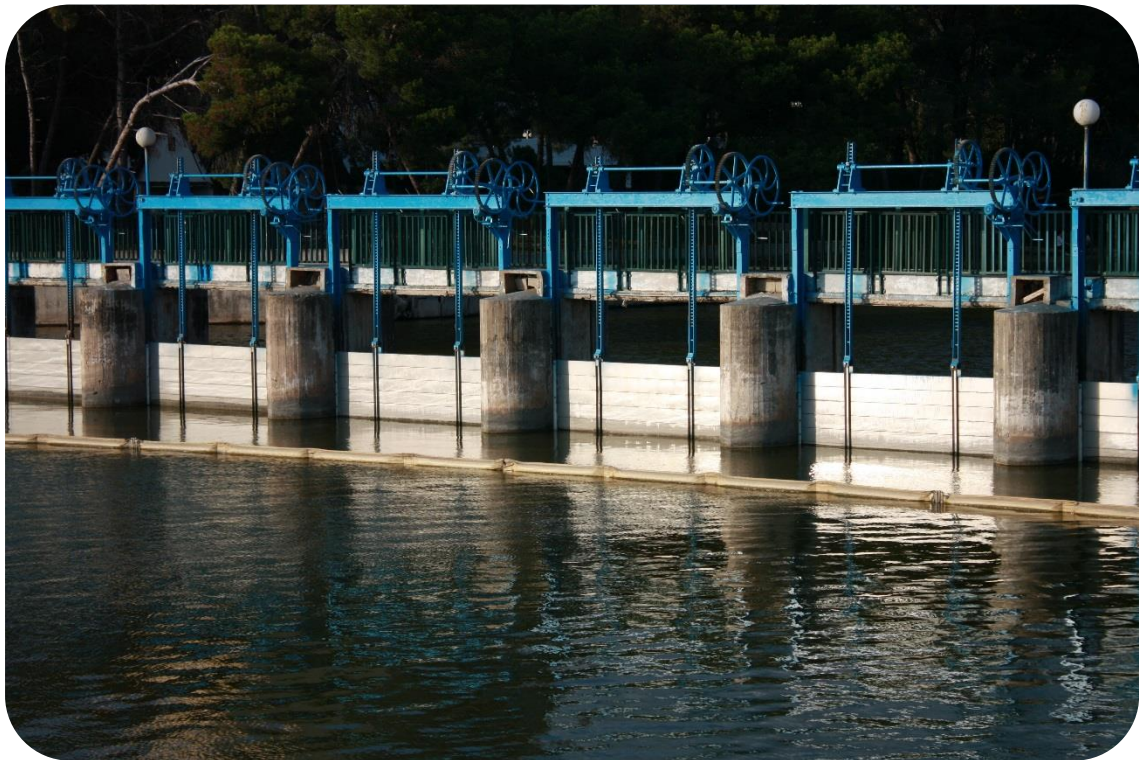
Parcela de cítricos cercana a los campos de arroz inundada por capa freática fluctuante



Acequia Real del Júcar congelada en enero de 2010



Acequia o canal en el puerto de Silla



Compuertas de la Gola de Pujol



Lago de la Albufera de Valencia



Toma de la acequia Mayor de Sueca



Vegetación mediterránea de la Devesa



Mata del Fang en el lago