



# USO DE AGUAS DEPURADAS EN RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE ENTORNOS URBANOS

## Informe Final<sup>1</sup>

JORDI CORTINA y ESTHER MURIES

Con la colaboración de ELYSA SILVA, ANDREU BONET, GERMÁN LÓPEZ, ALEJANDRO VALDECANTOS, YUDY AZUCENA CAMACHO, DIANA TURRIÓN

Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio Ramón Margalef (IMEM) y  
Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM)

### Antecedentes

La Sierra del Porquet, últimas estribaciones de la Sierra de Colmenares, representa un espacio de gran interés ambiental, histórico, cultural y social para la ciudad de Alicante. Este enclave contiene algunos de los paisajes característicos del semiárido alicantino, como espartales, albardinales, pinares, matorrales y cultivos arbóreos de secano, con presencia de especies de interés como el cambrón (*Lycium intricatum* Boiss.) y el palmito (*Chamaerops humilis* L.), y referencias a la presencia de especies del Catálogo Valenciano de Flora Amenazada, como *Anabasis articulata* (Forssk.) Moq. in DC (**Anexo 1**, **Anexo 2**). La diversidad de especies de fauna presentes en la Sierra es también notable (**Anexo 3**). En sus inmediaciones se encuentran restos arqueológicos, como las carriladas marcadas por las carretas en su camino hacia la Sierra de Colmenares y un yacimiento paleontológico que contiene huellas de aves y mamíferos del Plioceno. Proporciona acceso a la Sierra de Colmenares y se encuentra a espaldas del Parque El Palmeral de San Gabriel. Ambas son zonas de ocio relacionado con la naturaleza, muy frecuentadas, que forman parte de la infraestructura verde de Alicante y están llamadas a constituir el ramal sur de un futuro cinturón verde de la ciudad. Finalmente, la Sierra del Porquet es muy utilizada por los vecinos del barrio de San Gabriel como lugar de esparcimiento por su cercanía al mismo y a las instalaciones deportivas de este barrio.

---

<sup>1</sup>Este informe resume la memoria de Máster homónima que fue defendida en la Universidad de Alicante el día 28/09/2017 por la alumna Esther Muries Berenguer, bajo la dirección de Jordi Cortina Segarra e Ignacio Casals del Busto.



Tras el abandono del uso agrícola que afectaba a los bancales de fondo de valle y los espartales, los frutales de secano se han ido deteriorando, así como las infraestructuras agrícolas que los mantenían. La vegetación natural ha ido recuperando espacio. Sin embargo, el uso intenso al que se ha sometido a la zona ha favorecido la presencia de vegetación ruderal y especies invasoras ajenas a la flora autóctona. El relieve poco abrupto ha facilitado el tránsito difuso de personas y vehículos, conformando una red densa de caminos, especialmente en las cercanías de un circuito de moto-cross en desuso. El desnivel entre las últimas casas del barrio y la Sierra se realiza de forma abrupta, mediante un terraplén con escasa vegetación y signos evidentes de degradación. Igualmente, en la zona de transición con el palmeral abundan los indicios de erosión, las plantas exóticas y la acumulación de basuras, además de infraviviendas. Los vertidos de basura y escombros, más concentrados en esta zona, se extienden de forma dispersa por el conjunto de la Sierra.

Con el objetivo de compensar su huella de carbono, proteger la biodiversidad y mejorar los ecosistemas locales, la Oficina de Propiedad intelectual de la Unión Europea (EUIPO) ha emprendido un ambicioso proyecto de restauración de parte de la parcela propiedad de la empresa de fabricación de aluminio ALUDIUM y el Estado Español, con una superficie de 23 ha (parcela catastral 03900A03900043; **Fig. 1**). Se pretende aumentar la fijación de carbono en esta zona, promoviendo sus valores naturales, sociales y culturales, en colaboración con las empresas ALUDIUM y Aguas de Alicante, y contando con la participación de la sociedad y especialmente de los vecinos del barrio, potenciales usuarios directos de este espacio.

Este proyecto se fundamenta en los principios y los conceptos clave de la restauración ecológica definidos en los estándares internacionales para la práctica de esta disciplina (Society for Ecological Restoration, 2016), cuya esencia recoge el borrador de la Estrategia Estatal de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas (MAPAMA, 2016):

- (1) Se basa en la identificación de un paisaje de referencia, teniendo en cuenta el cambio climático.
- (2) Identifica los atributos del paisaje de referencia a la hora de definir los objetivos.
- (3) Apoya los procesos naturales de recuperación.
- (4) Busca la progresión hacia el mejor estado posible del socio-ecosistema.
- (5) Emplea el conocimiento existente, incluyendo el conocimiento tradicional y científico.
- (6) Promueve la participación activa de la sociedad como garantía de éxito a largo plazo.

El proyecto aspira a desarrollar una restauración socio-ecológica de la Sierra del Porquet, atendiendo a los múltiples beneficios que el paisaje proporciona, que incluyen la fijación de carbono, la conservación de la biodiversidad, la protección del suelo, la optimización del uso del agua y el soporte a actividades de ocio, mejorando de esta manera la calidad de vida de los ciudadanos de Alicante.



Este informe muestra los resultados del estudio preliminar para la restauración ecológica participativa de la citada parcela de la Sierra del Porquet.

## Plantaciones

Se prevé establecer plantaciones forestales con riego procedente de agua depurada de la cercana EDAR Rincón de León. Tanto el agua como la infraestructura de riego serán proporcionadas por la empresa pública Aguas de Alicante, quien garantizará que la calidad del agua y las técnicas de aplicación cumplan los requisitos legales en cuanto a la utilización de este tipo de aguas en zonas habitadas. Esta intervención tiene como objetivo promover la fijación de carbono y con ello compensar las más de 60 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente a las que la Agencia Europea EUIPO ha estimado como emisiones propias anuales (EUIPO, com. pers.). Teniendo en cuenta la superficie disponible para plantaciones y la selección de especies (ver más adelante), se puede estimar la fijación de C anual en la zona en 2.547 Tm CO<sub>2</sub>/ha en 40 años. Además, las plantaciones permitirán cerrar el ciclo del agua y crear espacios forestales para el disfrute de la población.

Por otra parte, en las cercanías de la parcela se ha identificado un conjunto de cerca de 100 icnitas de mamíferos y aves. Dado el enorme valor de estos yacimientos, se ha solicitado su inclusión en el catálogo de Bienes de Interés Cultural (**Fig. 1**). Es muy probable que, dada la disposición de los estratos de las calizas del Mesiniense superior – Plioceno inferior, existan icnitas en otras zonas de la Sierra. Finalmente, esta disposición de los estratos litológicos condiciona la escasez de suelo en zonas culminales y laderas (12 cm y 11 cm de profundidad media respectivamente) con respecto a los fondos de valle aterrazados (+40 cm). Se considera inviable o extremadamente dificultoso el establecimiento de plantas leñosas cuando la profundidad del suelo es inferior a 30 cm. Estos dos factores (presencia de icnitas y disponibilidad de suelo enraizable) condicionan la delimitación de la zona potencial de plantación (**Fig. 2**; ver más adelante).



**Figura 1.** Mapa general de la parcela en el que se muestra los límites de la misma, así como algunas de las infraestructuras que condicionan el proyecto de restauración. Se muestra también la localización aproximada de la reserva de suelo para infraestructura donde estaba previsto que se ubicara la prolongación de la Vía Parque. Cabe destacar que dicho trazado puede ser modificado en el futuro.



**Figura 2.** Zonificación de la parcela. Distribución de los bancales de fondo de valle, las laderas y las zonas altas.



Incluso disponiendo de riego, es recomendable el uso de especies nativas en las plantaciones por su adaptación al clima semiárido, a la elevada insolación, y a los suelos altamente carbonatados y, en ocasiones, ligeramente salinos (**Tabla 1**). También porque estas especies permiten la recuperación de paisajes forestales tradicionales y de los servicios ecosistémicos que proporcionan, e interactúan con otros elementos de la comunidad biótica, como aves, roedores e insectos. Finalmente, por la reducción del riesgo de naturalización y de invasión que podría suponer el uso de especies exóticas. Además, el uso de árboles frutales de secano permitirá fomentar el uso, mantenimiento y apropiación afectiva del lugar por parte de la ciudadanía.

**Tabla 1.** Especies arbóreas destinadas a la plantación en bancales de fondo de valle.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM COMÚ
<i>Celtis australis</i>	Almez	Lledoner
<i>Prunus amygdalus</i>	Almendro	Ametller
<i>Pinus halepensis</i>	Pino carrasco	Pi blanc
<i>Phoenix dactylifera</i>	Palmera datilera	Palmera de dàtils
<i>Tetraclinis articulata</i>	Araar	Xiprer de Cartagena
<i>Olea europaea</i> subsp. <i>europaea</i>	Olivo	Olivera
<i>Ceratonia siliqua</i>	Algarrobo	Garrofera
<i>Ficus carica</i>	Higuera	Figuera
<i>Tamarix africana</i>	Taray	Tamariu
<i>Mespilus germanica</i>	Níspero	Nesprer
<i>Arbutus unedo</i>	Madroño	Arbocer

La preparación del terreno para el establecimiento de estas plantaciones se llevará a cabo de forma mecánica, mediante el picado de casillas de 60 cm x 60 cm hasta una profundidad de 60 cm. En el momento de la plantación, se introducirá una enmienda orgánica procedente del compostado de lodos de depuración de aguas residuales domésticas de la planta de compostaje COMPOLAB de la Universidad Miguel Hernández de Elche. Tras acabar el alcorque, se protegerá la planta con un tubo invernadero y se cubrirá la superficie del suelo con un mulch de piedras que la proteja y reduzca la evaporación. La planta empleada será de producción local, consistiendo en una combinación de brinzales y planta adulta que cumplan los requerimientos de calidad cabal y comercial. El marco de plantación será irregular, con una densidad cercana a los 1000 pies ha<sup>-1</sup>. El riego subterráneo será por exudación, y tendrá en cuenta la calidad del agua, las necesidades hídricas de las plantas y su sensibilidad a la salinidad.

Además de la plantación anteriormente descrita, se introducirán especies clave y emblemáticas en otros enclaves del parque (11 ha disponibles en zonas altas y 4 ha en laderas; **Fig. 2, Tabla 2**). En la parte alta de las lomas y en las laderas se plantarán especies arbustivas adaptadas a medios semiáridos, con el fin de acelerar la sucesión vegetal desde los cultivos



abandonados hacia los matorrales que constituyen la vegetación potencial en esta zona. Esta colonización asistida también permitirá aumentar la complejidad estructural de la vegetación, crear microhábitats para enriquecer la fauna y flora del lugar, y aportar frutos comestibles para la fauna. Con anterioridad a la plantación, se identificarán aquellos lugares en los que las propiedades del suelo, la ausencia de icnitas y la composición de la vegetación, permiten este tipo de intervenciones. Además, se atenderá a la heterogeneidad de los hábitats y los requerimientos de las diferentes especies, para establecer cada una en los ambientes que les sean más propicios. La preparación del suelo consistirá en casillas picadas de 40x40x40 cm con enmienda orgánica, además de pozo seco y microcuenca de recolección de agua. Se dispondrá un mulch de piedras adyacente a la planta y un tubo protector. Se practicarán riegos de establecimiento y mantenimiento a manta, en el alcorque, durante los dos primeros años posteriores a la plantación y cuando las condiciones lo requieran. La planta será de producción local, de una savia y calidad cabal y comercial. El marco de plantación y la selección de especies vendrán condicionados por la disponibilidad, propiedades y distribución espacial del terreno disponible.

**Tabla 2.** Especies de árboles y arbustos clave para la plantación en laderas y zonas culminales.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM COMÚ
<i>Pinus halepensis</i>	Pino carrasco	Pi blanc
<i>Pistacia lentiscus</i>	Lentisco	Llentiscle
<i>Chamaerops humilis</i>	Palmito	Margalló
<i>Lycium intricatum</i>	Cambrón	Espí blanc
<i>Periploca laevigata</i>	Cornical	Periploca
<i>Ziziphus lotus</i>	Azufaifo	Ginjoler murcià
<i>Rhamnus lycioides</i>	Espino negro	Arçot, Alacantí
<i>Olea europaea</i> subsp. <i>sylvestris</i>	Acebuche	Ullastre
<i>Osyris lanceolata</i>	Arrayán	Ginestó valencià
<i>Withania frutescens</i>	Oroval	Bufera
<i>Quercus coccifera</i>	Coscoja	Coscoll
<i>Ephedra fragilis</i>	Efedra	Trompera
<i>Juniperus oxycedrus</i>	Cade	Càdec
<i>Salsola genistoide</i>	Salsola	
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	Botgeta	Escabón
<i>Stipa tenacissima</i>	Esparto	Espart
<i>Lygeum spartum</i>	Albardin	Espart

Por último, en localizaciones cercanas a zonas de recreo y zonas con elevada frecuentación, se sembrarán **especies con flores vistosas y plantas aromáticas propias de zonas mediterráneas semiáridas (Tabla 3)**. Estas zonas, de escasa superficie, dispondrán de riego y requerirán mantenimiento mínimo.



**Tabla 3.** Especies herbáceas y arbustivas nativas ornamentales para su utilización en enclaves frecuentados.

ESPECIES	NOMBRE VULGAR	NOM COMÚ
<i>Papaver rhoeas</i>	Amapola	Rosella
<i>Capparis spinosa</i>	Alcaparra	Taparera
<i>Cistus albidus</i>	Jara blanca	Estepa blanca
<i>Lavandula sp.</i>	Espliego	Espígol
<i>Thymus sp.</i>	Tomillo, Pimentera, etc.	Timó, Pebrella, etc.
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romero	Romer
<i>Sideritis leucantha</i>	Rabo de gato	Cua de gat
<i>Nerium oleander</i>	Adelfa	Baladre
<i>Iris lutescens</i>	Lirio	Lliri blau
<i>Linum tenuifolium</i>	Lino blanco	Lli blanc
<i>Cichorium intybus</i>	Achicoria	Xicòria
<i>Lonicera implexa</i>	Madreselva	Lligabosc
<i>Leucanthemum sp.</i>	Margarita	Margarida
<i>Calendula arvensis</i>	Caléndula	Boixac
<i>Cistus clusii</i>	Romero macho	Esteperol

### Uso de aguas tratadas para el riego de las plantaciones

El agua procedente de la EDAR Rincón de León (alicante) se emplea actualmente en riego urbano y agrícola por cumplir sobradamente con los límites del RD 1620/2007 de reutilización de aguas depuradas (**Tabla 4**).

**Tabla 4.** Comparación de límites del RD 1620/2007 con los valores de calidad de la EDAR Rincón de León.

VALOR MAXIMO ADMISIBLE USO ZONAS VERDES URBANAS SEGÚN EL RD 1620/2007			
Nematodos intestinales	<i>Escherichia coli</i>	Sólidos en suspensión	Turbidez
1 huevo/10 L	200 UFC/100 mL	20 mg/L	10 UNT
VALORES DE CALIDAD DE AGUA DE LA EDAR RINCÓN DE LEÓN			
Nematodos intestinales	<i>Escherichia coli</i>	Sólidos en suspensión	Turbidez
0 huevos/10L	0 UFC/100mL	4 mg/L	x

El agua destinada a las plantaciones será transportada desde la EDAR hasta la zona de plantación. Se debe planificar el sistema integral de obras hidráulicas, energía, el almacenamiento, la distribución de caudales y las normas de uso y control de riesgos para el medioambiente y las personas. Hemos realizado una estimación del caudal necesario para la



plantación en base a las especies seleccionadas, sus requerimientos hídricos y el número de plantas de cada una.

Se propone el riego localizado por goteo como la alternativa más apropiada para esta restauración por todas las ventajas que este conlleva, como el mejor aprovechamiento del agua, ya que se ahorra entre un 40-60% con respecto a otros sistemas, no son necesarios los movimientos de tierras, se incrementa la productividad y al ser tan localizado, asegura el aprovechamiento de la planta. No obstante, este riego también presenta inconvenientes, como su alto coste de instalación y mantenimiento. El ahorro de agua que conlleva el uso de esta tecnología permite regar zonas áridas y semiáridas, por lo que es uno de los más utilizados en estas regiones.

Las características de los elementos que componen este sistema de riego son las siguientes:

- Cabezal de riego: conjunto de elementos que controlarán la instalación, bombas, filtros, controladores de presión, dispositivos de control etc.
- Red primaria/principal: tubo de PVC que transportará el agua desde el cabezal de riego a la línea de distribución.
- Red secundaria: de PVC, encargada de transportar el agua desde las tuberías primarias hasta los laterales.
- Laterales o línea portaemisor: contiene los emisores y lleva el agua a cada planta.
- Emisores: componente más importante del riego, pues se encargan de aportar el agua al suelo: Se utilizarán goteros en este caso.

El sistema elegido es el riego por gotero pinchado autocompensante. Estos son emisores que disipan la energía para caudales inferiores a 8 L/h y funcionan bien con grandes rangos de presión saliendo el agua gota a gota. En número de gomas de gotero para el riego depende principalmente del tipo de gotero, caudal suministrado, textura de suelo, necesidades hídricas de la plantación y tipo de marco de plantación. Los goteros escogidos son de 2, 4 y 8 L/h, el tipo y número de goteros se ha escogido según las necesidades hídricas punta de cada planta. Se instalará una media de 2 goteros de 8 L/h por planta para árboles y un gotero de 4 u 8 L/h por planta para arbustos (Tabla 10). En total, se necesitan 21.552 goteros para cubrir el riego de las plantaciones.

El caudal necesario por especie se ha calculado a partir de los L/h, con la suma de estos caudales se obtiene el total de caudal necesario estimado para toda la plantación (m<sup>3</sup>/h; **Tabla 5**):

$$n^{\circ} \text{ de goteros(ud) } \times \text{ tipo } \left( \frac{L}{h} \right) = Q \left( \frac{L}{h} \right); \frac{Q \left( \frac{L}{h} \right)}{1000} = Q \left( \frac{m^3}{h} \right)$$



$$Q \left( \frac{m^3}{h} \right) \times n^{\circ} \text{ plantas} = Q \left( \frac{m^3}{h} \right) \text{ necesario por especie}$$

**Tabla 5.** Estimación del caudal necesario para la irrigación de las plantaciones en Sierra del Porquet (Alicante).

ZONA	ESPECIE	TIPO DE GOTEROS (L/h)			Total goteros	m <sup>3</sup> /h por una planta	m <sup>3</sup> /h por especie
		2	4	8			
Sin restricciones	<i>Pinus halepensis</i>	0	0	3	2226	0,024	17,8
Sin restricciones	<i>Phoenix dactylifera</i>	0	0	3	890	0,024	7,1
Sin restricciones	<i>Tetraclinis articulata</i>	0	0	2	890	0,016	7,1
Sin restricciones	<i>Olea europaea subsp. europea</i>	0	0	2	890	0,016	7,1
Sin restricciones	<i>Ceratonia siliqua</i>	0	0	3	1780	0,024	14,2
Sin restricciones	<i>Ficus carica</i>	0	0	3	1335	0,024	10,7
Sin restricciones	<i>Tamarix africana</i>	0	0	3	1335	0,024	10,7
Sin restricciones	<i>Mespilus germanica</i>	0	0	3	1335	0,024	10,7
Sin restricciones	<i>Arbutus unedo</i>	0	0	3	890	0,024	7,1
Sin restricciones	<i>Pistacia lentiscus</i>	0	0	1	296	0,008	2,4
Sin restricciones	<i>Rhamnus lycioides</i>	0	1	0	296	0,004	1,2
Sin restricciones	<i>Celtis australis</i>	0	0	3	1335	0,024	10,7
Sin restricciones	<i>Prunus dulcis</i>	0	0	3	1335	0,024	10,7
Sin restricciones	<i>Chamaerops humilis</i>	1	0	0	296	0,002	0,6
Sin restricciones	<i>Lycium intricatum</i>	0	1	0	296	0,004	1,2
Sin restricciones	<i>Periploca laevigata</i>	0	1	0	296	0,004	1,2
Sin restricciones	<i>Withania frutescens</i>	0	0	1	296	0,008	0,6
Sin restricciones	<i>Quercus coccifera</i>	0	0	1	148	0,008	0,6
Sin restricciones	<i>Ephedra fragilis</i>	0	1	0	148	0,004	0,4
Sin restricciones	<i>Lygeum spartum</i>	0	1	0	296	0,004	1,2
<b>Total zona</b>							<b>123,3</b>
Salina	<i>Pinus halepensis</i>	0	0	3	1238	0,024	3,3
Salina	<i>Ceratonia siliqua</i>	0	0	3	495	0,024	4,0
Salina	<i>Ficus carica</i>	0	0	3	330	0,024	2,6
Salina	<i>Tamarix africana</i>	0	0	3	495	0,024	4,0
Salina	<i>Pistacia lentiscus</i>	0	0	1	110	0,008	0,9
Salina	<i>Lavandula angustifolia</i>	0	1	0	110	0,004	0,4
Salina	<i>Atriplex halimus</i>	0	1	0	137	0,004	0,6
Salina	<i>Juniperus oxycedrus</i>	0	0	1	82	0,008	0,7



Salina	<i>Stipa tenacissima</i>	0	1	0	137	0,004	0,6
Salina	<i>Asparagus horridus</i>	1	0	0	110	0,002	0,2
Salina	<i>Rosmarinus officinalis</i>	0	1	0	110	0,004	0,4
Total zona							17,6
Recreo	<i>Papaver rhoeas</i>	0	1	0	37	0,004	0,1
Recreo	<i>Capparis spinosa</i>	0	1	0	37	0,004	0,1
Recreo	<i>Cistus albidus</i>	0	1	0	37	0,004	0,1
Recreo	<i>Lavandula sp.</i>	0	1	0	55	0,004	0,2
Recreo	<i>Thymus sp.</i>	0	1	0	37	0,004	0,1
Recreo	<i>Rosmarinus officinalis</i>	0	1	0	55	0,004	0,2
Recreo	<i>Sideritis leucantha</i>	0	1	0	55	0,004	0,2
Recreo	<i>Nerium oleander</i>	0	0	1	37	0,008	0,3
Recreo	<i>Iris lutescens</i>	0	1	0	55	0,004	0,2
Recreo	<i>Linum tenuifolium</i>	0	1	0	37	0,004	0,1
Recreo	<i>Cichorium intybus</i>	0	1	0	37	0,004	0,1
Recreo	<i>Lonicera implexa</i>	0	0	1	37	0,008	0,3
Recreo	<i>Calendula arvensis</i>	0	1	0	37	0,004	0,1
Recreo	<i>Cistus clusii</i>	0	1	0	37	0,004	0,1
Recreo	<i>Prunus dulcis</i>	0	0	3	444	0,024	3,6
Recreo	<i>Celtis australis</i>	0	0	3	555	0,024	4,4
Total zona							10,6
TOTAL					<b>21552</b>		<b>151,6</b>

### Eliminación de vertederos, escombros y especies exóticas

Se identificarán los puntos de vertido de escombros y basuras y se procederá a su limpieza, destinando los materiales recogidos a vertederos legales. Asimismo, se organizarán campañas de voluntariado para la erradicación de especies exóticas. La densidad actual de las mismas no es elevada, lo que facilitará el éxito de la tarea. En el **Anexo 1** se muestran las especies detectadas hasta el momento. Las técnicas de erradicación se adaptarán a la ecología de cada especie, minimizando los riesgos que dichos tratamientos puedan suponer sobre la salud humana, sobre otros componentes de la comunidad y sobre las condiciones físico-químicas de la zona.

### Humedales artificiales

Las zonas húmedas tienen un especial atractivo para la población por la diversidad de servicios ecosistémicos que proporcionan. Entre ellos, reviste un particular interés por el contexto socio-ecológico, el atractivo estético y cultural de las láminas de agua y de la comunidad ornítica que las ocupa. Por esta razón, y por la disponibilidad de agua y espacios inundables, se



construirá un pequeño humedal artificial. Su localización precisa, extensión e infraestructura necesaria para su construcción y mantenimiento se definirán tras un estudio pormenorizado de la topografía, las propiedades del sustrato, la red de riego y el uso potencial de la zona (**Fig. 3**). Los movimientos de tierras se minimizarán, ajustándolos en todo momento a la legislación vigente. Dada la cercanía de otros humedales y la movilidad de las aves que habitan estos medios, se prevé que la zona sea colonizada con cierta celeridad, y que actúe como un nodo más en la red de humedales del sur de Alicante.

En la zona escogida se facilitará el establecimiento de vegetación helofítica (carrizo, taray, limonios y diversas quenopodiáceas) mediante plantación. Como en el apartado anterior, el agua procederá de la EDAR Rincón de León. Asimismo, con el fin de atraer a fauna ornítica, anfibios, mamíferos e insectos, se crearán micro-hábitats atractivos para estos grupos de fauna en los alrededores de la zona húmeda y en otros puntos del Parque.

### **Red viaria y accesos**

La Sierra del Porquet se encuentra actualmente atravesada por multitud de caminos y senderos. A ello ha contribuido la cercanía de la población, la suavidad de la orografía y la escasa vegetación existente. Se prevé cerrar las vías que resulten redundantes, con el fin de ordenar el acceso y tránsito, evitando el progresivo deterioro de la zona y facilitando su recuperación (**Fig. 3**). El cierre de estas vías se realizará mediante la instalación de barreras naturales disuasorias y la eliminación de los trazados por escarificación y plantación. Cuando sea necesario y en áreas reducidas, se acudirá a la modificación geomorfológica. Estas intervenciones garantizarán el acceso al personal de mantenimiento del Parque y de las líneas eléctricas que lo cruzan (**Fig. 1** que muestra el tendido eléctrico actual), así como a los servicios de extinción de incendios y las fuerzas y cuerpos de seguridad. Por otra parte, se eliminarán las líneas de electricidad en desuso presentes actualmente.

Las vías de acceso y tránsito se adecuarán, delimitando su trazado e instalando los oportunos paneles informativos. El acceso quedará restringido a peatones, ciclistas y vehículos de mantenimiento y servicios. No se permitirá el paso de vehículos de motor que no entren dentro de estas categorías. Se permitirá el paso a animales de compañía. Se mantendrá el carácter natural de las vías, consolidando el firme y realizando las obras necesarias para regular los flujos hídricos y evitar el deterioro de las mismas. Dichas vías describirán un circuito que dará acceso a los principales hitos ecológicos y paisajísticos, y zonas de recreo del Parque, conectando con las áreas de aparcamiento. Se hará un particular esfuerzo para crear una transición fluida desde el Parque de El Palmeral de San Gabriel hasta la Sierra del Porquet mediante (i) dos vías de acceso, a ambos lados del Palmeral, que den continuidad a la red viaria de este Parque, (ii) el establecimiento de una cubierta vegetal de composición y estructura análoga al Palmeral en las cercanías de éste, y (iii) la instalación de zonas de descanso con atractivo paisajístico en enclaves seleccionados de ambos accesos.

### Áreas de descanso y enclaves

Se pondrá particular atención en que la visual de cada uno de los tramos transitables resulte atractiva y contribuya a generar una experiencia grata en los usuarios. A tal fin, se establecerá un área de recreo en las cercanías de la zona deportiva La Cigüeña, en la que se dispondrán seis mesas de picnic, infraestructuras para la recogida de residuos y paneles informativos sobre la Sierra y el Parque (**Fig. 3**). Asimismo, se acondicionará un primer mirador en la zona alta de la Sierra, con vistas al Palmeral, el puerto, la ciudad, el Castillo de Santa Bárbara y el conjunto de la Sierra, y un segundo mirador, adyacente a la zona húmeda, acondicionado para la observación de aves. En ambos casos se optará por intervenciones de bajo impacto, utilizando materiales naturales de origen local.

Dada la demanda de zonas para el paseo de animales de compañía, se delimitará un espacio adecuado para estas actividades, en la periferia del Parque (Parque canino; **Fig. 3**).



**Figura 3.** Distribución de la red viaria, zonas de descanso, humedal y demás áreas de servicios, incluyendo los dos puntos de acceso al Parque del Porquet desde el Parque del Palmeral de San Gabriel.



## **Prospección para la identificación de zonas aptas para la plantación**

### *Profundidad de suelo*

A partir de foto aérea de la zona de trabajo, delimitamos 10 parcelas de muestreo, aprovechando caminos e hitos geográficos. Posteriormente dividimos la zona en cuadrículas de 20 m<sup>2</sup> de superficie cada una. En dicho mapa asignamos las cuadrículas de muestreo a cada uno de los tres tipos de topografía identificados en el informe previo: zonas bajas (antiguos bancales de cultivo), laderas y zonas culminares.

En junio de 2017 medimos la profundidad de suelo en puntos distribuidos al azar en cada zona. El número de puntos por zona varió entre 20 y 70, dependiendo de la extensión de la zona, estableciendo como requisito indispensable el cubrir toda la superficie de trabajo. Cada punto fue localizado mediante georreferenciación.

La profundidad de suelo fue medida mediante un clavo de 16,5 mm de diámetro y 125 cm de longitud que se introdujo en el suelo hasta hacer contacto con roca madre, costra caliza o afloramiento rocoso. Se registró la profundidad de suelo en cada punto (0 cm en caso de afloramiento rocoso). Se anotó también la unidad topográfica a la que pertenecía cada punto de muestreo (zonas bajas, laderas y zonas culminares), y se realizaron otras observaciones que ayudaron a interpretar los resultados (posición en la ladera, grado de compactación del suelo, localización respecto a la red de caminos y presencia de especies tolerantes a la salinidad).

### *Toma de muestras de suelo*

En un radio de 10 a 20 cm desde cada punto de muestreo, se cavó un hoyo de 10 cm de profundidad para la toma de muestras de suelo. Las muestras fueron introducidas en bolsas de plástico y transportadas al laboratorio del Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante. Cada hoyo fue sellado tras la recogida de la muestra.

### *Análisis de salinidad*

La salinidad del suelo superficial se determinó mediante el análisis de la conductividad eléctrica de extractos acuosos (C.E.), siguiendo el protocolo descrito en Porta (1986). Previamente, las muestras se dejaron secar a temperatura ambiente durante 24-48 h, hasta que el peso se estabilizó. Una vez secas, las muestras se pasaron por un tamiz de 2 mm, se pesaron y se llevaron a dilución 1:5 (suelo:agua) en agua desionizada.

### *Definición de umbrales*

Diversos estudios han mostrado que la profundidad del suelo es uno de los factores que en mayor medida limita el establecimiento y el crecimiento vegetal en medios áridos. La mayoría de cultivos, incluyendo cultivos herbáceos, llegan a enraizar por debajo de los 100 cm de profundidad si no existen restricciones al respecto (Bot y Benites, 2005). La mayoría de especies necesitan alcanzar al menos 40 cm de profundidad de enraizamiento antes de la



llegada de la sequía estival (Padilla y Pugnaire, 2007) y especies como el pino carrasco (*Pinus halepensis*) ven mermada sustancialmente su producción si la profundidad del suelo se reduce por debajo de 60 cm (Olarieta et al., 2000). Por ello, decidimos fijar tres niveles de calidad del suelo atendiendo a su profundidad. Por un lado, los suelos con una profundidad inferior a 40 cm, que difícilmente pueden soportar el establecimiento de especies leñosas (excepto si las raíces alcanzan grietas o zonas de acumulación de humedad). Por otra parte, los suelos con una profundidad entre 40 y 60 cm, que serían adecuados para especies poco exigentes en este sentido. Consideramos que los suelos con una profundidad por encima de 60 cm, podrían soportar el crecimiento de árboles (a una densidad acorde con las restricciones climáticas de la zona).

Por otra parte, la presencia de sales solubles en el suelo restringe el crecimiento vegetal y selecciona aquellas especies que disponen de mecanismos de adaptación. Para sistemas agrícolas se ha identificado los niveles descritos en la **Tabla 6** (Porta, 1986). Atendiendo a esta escala, establecimos umbrales para salinidad (Conductividad Eléctrica de extractos acuosos en solución 1:5, tal como se ha mencionado anteriormente) de  $0,35 \text{ dS m}^{-1}$  y  $1,15 \text{ dS m}^{-1}$ . Con una concentración de sales por debajo de  $0,35 \text{ dS m}^{-1}$ , todas las plantas podrían medrar. Los suelos con una salinidad entre  $0,35$  y  $1,15 \text{ dS m}^{-1}$  no serían aptos para las especies sensibles más a la salinidad. Finalmente, en suelos con una salinidad por encima de  $1,15 \text{ dS m}^{-1}$  sólo sería aconsejable la introducción de especies halófitas, resistentes a las sales.

**Tabla 6.** Salinidad del suelo en función de la concentración de sales solubles en extractos acuosos 1:5 a 25°C (Porta, 1986).

CE (dS/m)	Tipo de suelo	Afecciones en los cultivos
<0,35	Suelo no salino	Ningún cultivo presenta problemas por salinidad
0,35-0,65	Suelo ligeramente salino	Algunas plantas sensibles pueden presentar problemas
0,65-1,15	Suelo salino	La mayoría de plantas cultivadas presenta problemas
>1,15	Suelo muy salino	Sólo pueden cultivarse plantas resistentes

### Cartografía

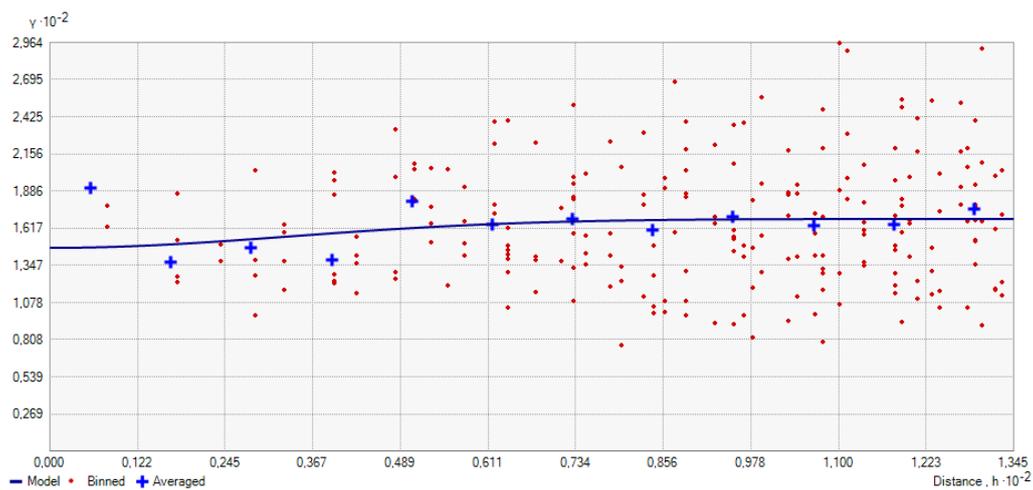
Se realizaron tres mapas correspondientes a profundidad del suelo, salinidad y la combinación de ambas variables. Para realizar los mapas se usó la plataforma ARCGIS 10.3 y su extensión Geostatistical Wizard (ESRI, 2011) para llevar a cabo la una interpolación espacial. El método para interpolar fue un *Krigging* Bayesiano, utilizando el ajuste con una función exponencial



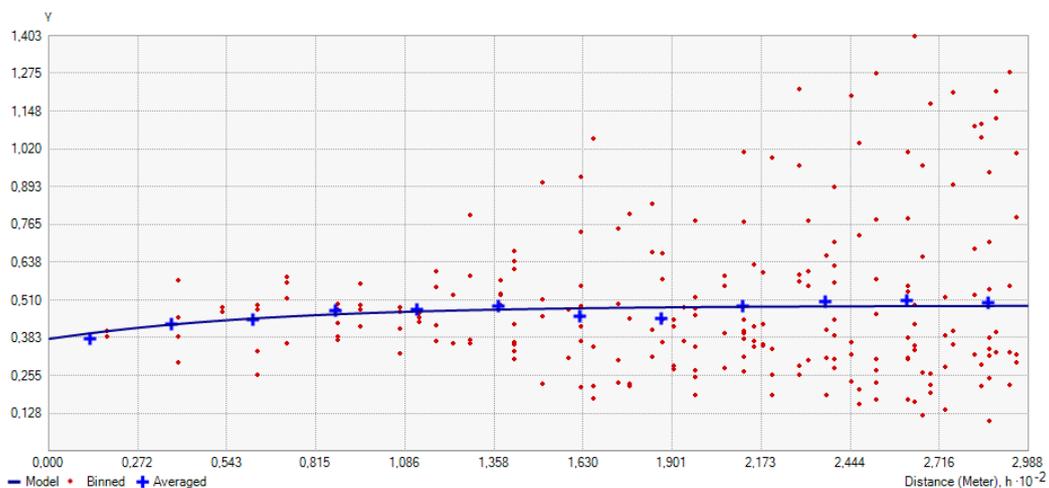
(Gallardo y Maestre, 2008). Para la interpolación, de los 455 puntos de muestreo de profundidad se eliminaron los 73 correspondientes a zonas bajas, ya que estas zonas mostraban una profundidad indeterminada y superior a 60 cm (ver más adelante). El conjunto de los 327 puntos de muestreo de salinidad fueron empleados en el análisis.

#### *Patrón espacial de los datos*

Ni la profundidad del suelo ni la salinidad mostraron una dependencia espacial de los datos muy marcada (**Fig. 4** y **Fig. 5**). La incertidumbre de las interpolaciones espaciales es, por ello, elevada.



**Figura 4.** Semivariograma describiendo la estructura espacial de la profundidad del suelo en la parcela de trabajo de la Sierra del Porquet. Los parámetros de la curva ajustada corresponden a Sill: 147,4, Nugget: 21,0, Error medio: 12,9 cm.



**Figura 5.** Semivariograma describiendo la estructura espacial de la salinidad del suelo en la parcela de trabajo de la Sierra del Porquet (Alicante). Los parámetros de la curva ajustada corresponden a Sill: 0,5, Nugget: 0,32, Error medio: 0,16 dS m<sup>-1</sup>.



### *Profundidad del suelo*

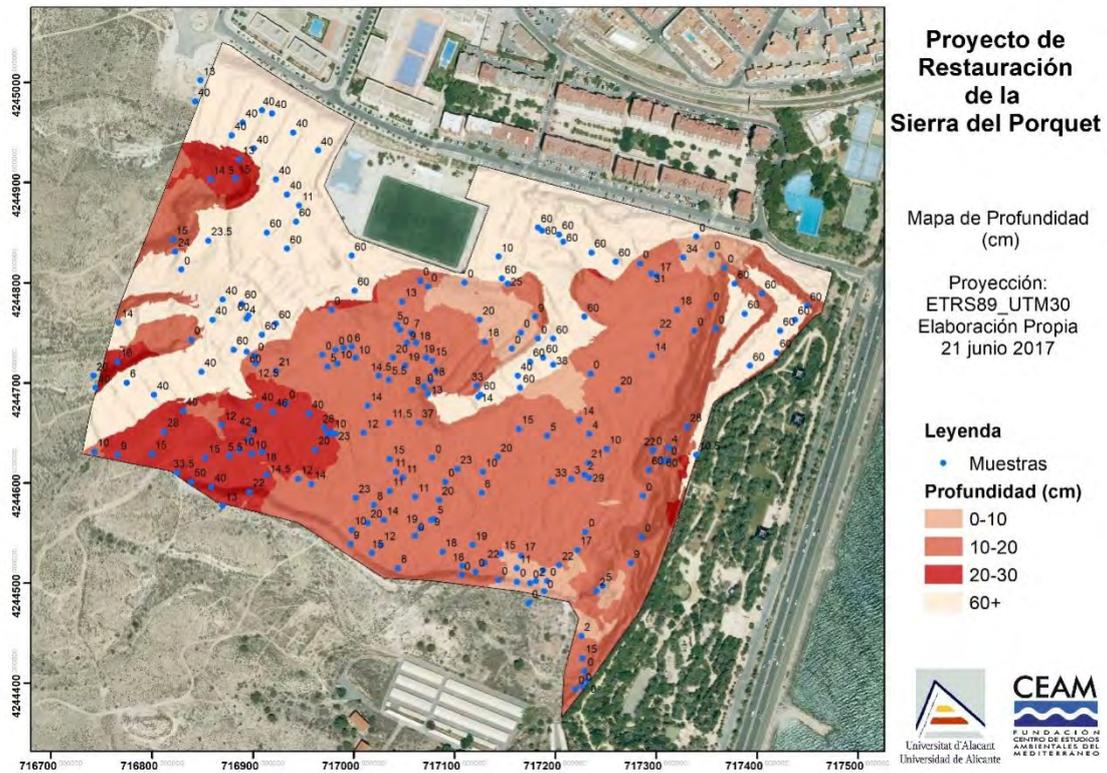
La mayoría de puntos de muestreo de las zonas bajas (bancales) superaron los 60 cm de profundidad (**Fig. 6**). Los pocos puntos que mostraron suelos esqueléticos estaban asociados a afloramientos rocosos presentes en el margen de los antiguos cultivos. En los 382 puntos de muestreo que correspondían a laderas y zonas culminares la media de profundidad se situó en 16,8 cm. El 40% de los puntos se situaban por debajo de 10 cm, de los cuales más de la mitad mostró 0 cm de profundidad de suelo. El promedio de profundidad de las laderas fue de 14,1 cm, y el de las zonas altas, de 12,5 cm. Estos resultados ponen de manifiesto la escasa profundidad de la mayoría de suelos de la parcela y la limitación que esto supone en la mayor parte de su superficie, especialmente en las laderas y zonas culminares. De manera general, sólo los bancales serían aptos para introducir especies arbóreas y arbustivas de cierto porte.

### *Salinidad*

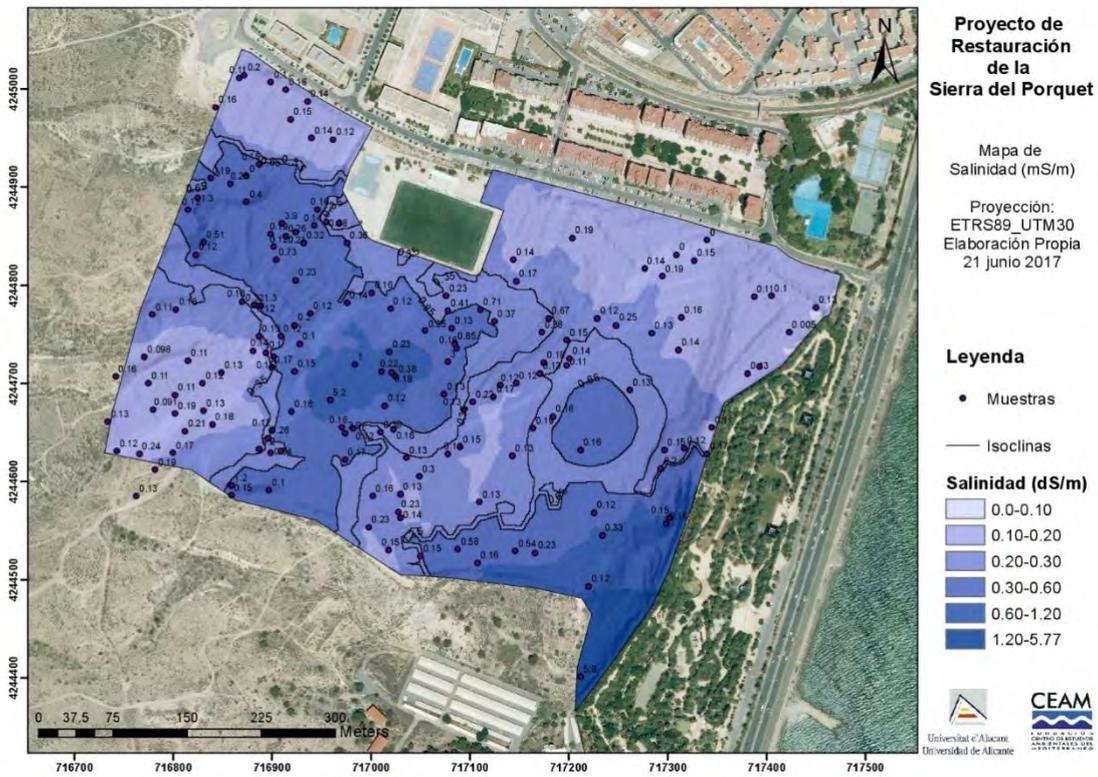
En cuanto a la salinidad, el promedio de los 327 puntos de medida fue de  $0,35 \text{ dS m}^{-1}$  (**Fig. 7**). El 90% de los puntos de muestreo mostró una C.E. por debajo de  $0,65 \text{ dS m}^{-1}$ . El porcentaje de puntos mostrando restricciones moderadas y altas por salinidad fue de 4% y 6%, respectivamente. La mayoría de las zonas bajas (94%) no mostró ninguna restricción por salinidad. Este porcentaje se redujo a 76% en las zonas culminares, en las que el 8% de los puntos de muestreo alcanzó niveles aptos sólo para halófitos. Análogamente, la mayoría de las laderas se encontraban libres de sales (96% sin restricción alguna).

### *Áreas aptas para la plantación*

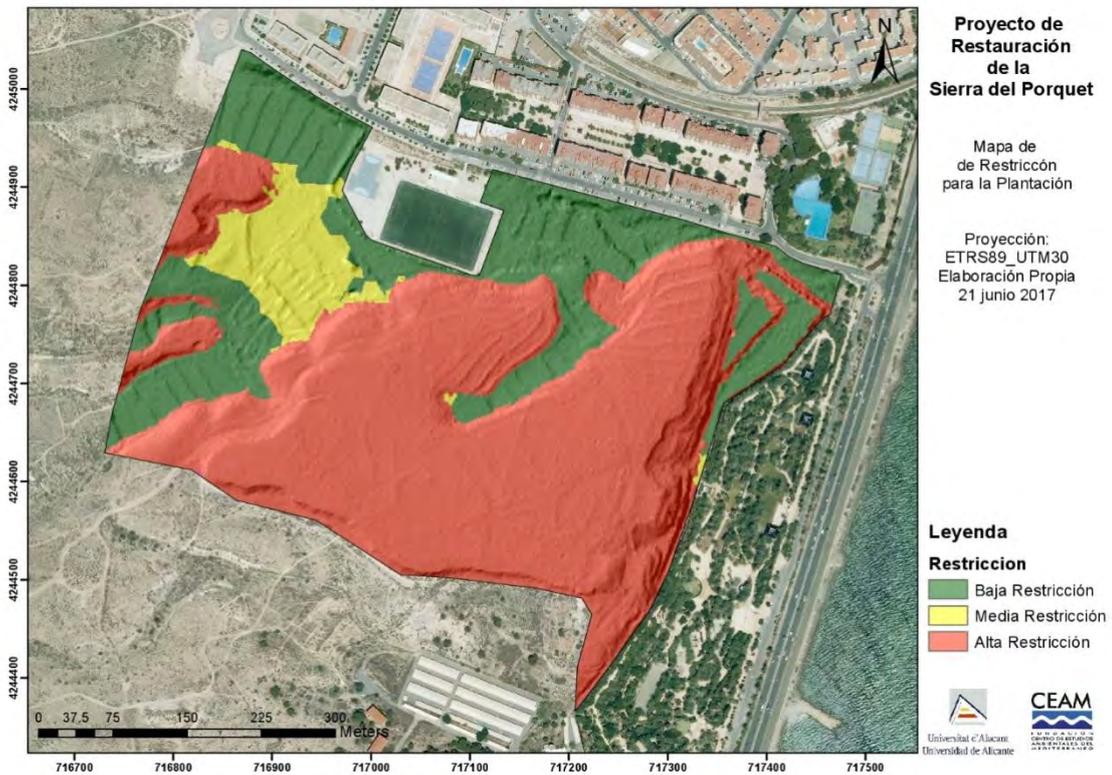
Teniendo en cuenta las restricciones relativas a la profundidad y la salinidad del suelo, las zonas bajas correspondientes a bancales abandonados son las más aptas para la plantación de especies arbóreas y arbustivas (**Fig. 8**). Sólo un área restringida, al oeste de las pistas deportivas, dispone de suficiente suelo, pero podría presentar problemas de salinidad. Finalmente, la mayor parte de las laderas y zonas culminares no dispondrían de suelo suficiente para la plantación. Esta limitación se podría ver acrecentada, especialmente en la zona sureste, por la presencia de sales.



**Figura 6.** Distribución de la profundidad del suelo en la parcela de trabajo de la Sierra Porquet (Alicante). Se muestran los datos empíricos (puntos de muestreo) así como el resultado de las interpolaciones mediante *kriging* bayesiano (para las zonas de ladera y culminares), y los umbrales que definen limitaciones para la plantación de especies leñosas. Las cifras 40 y 60 en bancales corresponden a profundidades superiores a 40 y 60 cm, respectivamente.



**Figura 7.** Distribución de la salinidad del suelo en la parcela de trabajo de la Sierra Porquet (Alicante). Se muestran los datos empíricos (puntos de muestreo), así como el resultado de las interpolaciones mediante *kriging* bayesiano (para las zonas de ladera y culminares), y los umbrales que definen limitaciones para la plantación de especies leñosas.



**Figura 8.** Resultado de la combinación de los mapas mostrados en las Figuras 3 y 4, señalando las zonas con niveles bajos, medios y altos de restricción a la plantación de especies leñosas, en función de la profundidad y la salinidad del suelo.

### Agradecimientos

Agradecemos a la Direcció General de l'Aigua de la Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient, Canvi Climàtic i Desenvolupament Rural por la financiación recibida para la realización de este trabajo a través del convenio con la Universidad de Alicante. A las empresas EUIPO, Aludium® y Aguas de Alicante por impulsar el proyecto de restauración, y en especial a Ignacio Casals del Busto y Luis Montolio por su ayuda en diversas fases del trabajo.



## Bibliografía

ESRI. (2011). ArcGIS 10. Redlands, CA: Environmental System research Institute.

Gallardo, A., Maestre, F.T. (2008). Métodos geoestadísticos para el análisis de datos ecológicos espacialmente explícitos. Pp. 215–272 in: Maestre, F.T., Escudero, A., Bonet, A. (eds) Introducción al Análisis Espacial de Datos en Ecología y Ciencias Ambientales: Métodos y Aplicaciones. Universidad Rey Juan Carlos. Móstoles.

Olarieta, J. R., Usón, A., Rodríguez, R., Rosa, M., Blanco, R., & Antúnez, M. (2000). Land requirements for *Pinus halepensis* Mill. growth in a plantation in Huesca, Spain. *Soil Use and Management* 16: 88-92.

Oliet, J.A., Artero, F., Cuadros, S., Puértolas, J., Luna, L., Grau, J.M. (2012). Deep planting with shelters improves performance of different stocktype sizes under arid Mediterranean conditions. *New Forests* 43:925–939.

Padilla, F.M., Pugnaire, F.I. (2007). Rooting depth and soil moisture control Mediterranean woody seedling survival during drought. *Functional Ecology* 21: 489-495.

Porta, J. (1986). Técnicas y experimentos en edafología. Ed. Col·legi Oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya. Barcelona.



**Anexo 1.** Flora presente en la parcela de trabajo, indicando el hábitat en que se encuentra cada especie (zonas altas, de ladera o bancales de fondo de valle), el estrato a que pertenecen y su estado de conservación.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	Alta	Bancal	Ladera	Estrato	Estado legal /Preocupación
<i>Anagallis arvensis</i>	Hierba coral				Herbáceo	Menor
<i>Artemisia barrelieri</i>	Boja negra				Arbustivo	Menor
<i>Artemisia herba-alba</i>	Artemisia				Arbustivo	Menor
<i>Asparagus horridus</i>	Esparraguera				Arbustivo	Menor
<i>Asphodelus fistulosus</i>	Varica de San José				Herbáceo	Menor
<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Alfileres de Eva				Arbustivo	Invasora/Exótica
<i>Brachypodium retusum</i>	Lastón				Herbáceo	Menor
<i>Calendula arvensis</i>	Uña de gato				Herbáceo	Menor
<i>Carex sp.</i>					Herbáceo	Menor
<i>Centaurea sp.</i>					Herbáceo	Menor
<i>Ceratonia siliqua</i>	Algarrobo				Arboreo	Menor
<i>Chamaerops humilis</i>	Palmito				Arbustivo	Menor
<i>Conyza sp.</i>					Herbáceo	Menor
<i>Convolvulus althaeoides</i>	Campanilla				Herbáceo	Menor
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Chumbera retorcida				Arbustivo	Invasora/Exótica
<i>Diplotaxis eruroides</i>	Jaramago				Herbáceo	Menor
<i>Dittrichia viscosa</i>	Olivarda				Arbustivo	Menor
<i>Echium vulgare</i>	Viborera				Herbáceo	Menor
<i>Eryngium campestre</i>	Cardo corredor				Herbáceo	Menor
<i>Euphorbia segetalis</i>	lechera				Herbáceo	Menor
<i>Euphorbia sp.</i>	Lechera				Herbáceo	Menor
<i>Fagonia cretica</i>	Manto de la virgen				Herbáceo	Menor
<i>Ficus carica</i>	Higuera				Arbóreo	Menor
<i>Foeniculum vulgare</i>	Hinojo				Herbáceo	Menor
<i>Fumana ericoides</i>	Jarilla				Herbáceo	Menor
<i>Galium aparine</i>	Amor del ortelano				Herbáceo	Menor
<i>Helianthemum syriacum</i>	Romerillo				Herbáceo	Menor
<i>Helianthemum violaceum</i>	Perdiguera blanca				Herbáceo	Menor



<i>Helichrysum stoechas</i>	Siempreviva				Herbáceo	Menor
<i>Hordeum vulgare</i>	Cebada				Herbáceo	Menor
<i>Hyparrhenia hirta</i>	Cerrillo				Herbáceo	Menor
<i>Iris sp</i>					Herbáceo	Menor
<i>Lantana camara</i>	Banderita española				Arbustivo	Invasora/Exótica
<i>Lycium intricatum</i>	Cambrón				Arbustivo	Menor
<i>Lygeum spartum</i>	Albardín				Herbáceo	Menor
<i>Medicago sp.</i>	treboles				Herbáceo	Menor
<i>Mercurialis annua</i>	Malcoraje				Herbáceo	Menor
<i>Olea europaea</i>	Olivera				Arbóreo	Menor
<i>Ophrys speculum</i>	Orquídea abeja				Herbáceo	Menor
<i>Opuntia ficus-indica</i>	Chumbera				Arbustivo	Invasora/Exótica
<i>Oxalis pes-caprae</i>	Agrio				Herbáceo	Invasora
<i>Phagnalon saxatile</i>	Manzanilla yesquera				Herbáceo	Menor
<i>Phoenix dactylifera</i>	Palmera datilera				Arbóreo	Invasora/Exótica
<i>Phragmites australis subsp. australis</i>	Carrizo				Herbáceo	Invasora/Exótica
<i>Pinus halepensis</i>	Pino carrasco				Arbóreo	Menor
<i>Pinus pinea</i>	Pino piñonero				Arbóreo	Menor
<i>Piptatherum miliaceum</i>	Mijo mayor				Herbáceo	Menor
<i>Plantago sp.</i>					Herbáceo	Menor
<i>Plectranthus sp.</i>	Incienso				Arbustivo	Menor
<i>Punica granatum</i>	Granado				Arboreo	Menor
<i>Rhamnus lycioides</i>	Espino negro				Arbustivo	Menor
<i>Ruta chalepensis</i>	Ruda				Arbustivo	Menor
<i>Salsola genistoides</i>	Salsola				Arbustivo	Menor
<i>Salsola vermiculata</i>	Caramill				Arbustivo	Menor
<i>Sedum sediforme</i>	raim de pastor				Herbáceo	Menor
<i>Sideritis leucantha</i>	Rbogato				Herbáceo	Menor
<i>Sonchus sp.</i>	Cerraja				Herbáceo	Menor
<i>Stipa tenacissima</i>	Esparto				Herbáceo	Menor
<i>Suaeda vera</i>	Almajo dulce				Herbáceo	Menor
<i>Thymelaea hirsuta</i>	Bufalaga				Arbustivo	Menor



**Anexo 2.** Especies vegetales presentes en la zona según la Base de Datos de la Biodiversidad (cuadrículas 1x1 km 30SYH1644 y 30SYH1744).

<b>ESPECIE</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOM COMÚ</b>
<i>Aizoon hispanicum</i>		
<i>Amaranthus albus</i>		
<i>Anabasis articulata</i>		
<i>Anacyclus valentinus</i>	Manzanilla valenciana	Panigroc valencià
<i>Artemisia lucentica</i>	Ontina	Donzell
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>		
<i>Asparagus horridus</i>	Esparraguera	Esparraguera de menjar
<i>Atriplex glauca</i>		
<i>Atriplex halimus</i>		
<i>Atriplex prostrata</i>		
<i>Bassia scoparia ssp. scoparia</i>		
<i>Beta macrocarpa</i>		
<i>Caesalpinia spinosa</i>		
<i>Centaurium tenuiflorum</i>		
<i>Cichorium intybus</i>	Achicoria silvestre	Cama-roja
<i>Conyza bonariensis</i>		
<i>Conyza sumatrensis</i>	Mata negra	Coniza
<i>Diplotaxis eruroides</i>	Rabaniza blanca	Ravenell
<i>Diplotaxis lagascana</i>	Jaramago de yesar	Ravenissa groga
<i>Dittrichia viscosa</i>	Julivarda	Olivarda
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>		
<i>Eryngium campestre</i>	Cardo corredor	Panical
<i>Frankenia corymbosa</i>		
<i>Fumana ericoides</i>	Esteperola	Jarilla
<i>Gnaphalium luteoalbum</i>		
<i>Halogeton sativus</i>		
<i>Inula crithmoides</i>		
<i>Limonium angustibracteatum</i>	Saladilla fina	Ensopeguera
<i>Limonium delicatulum</i>	Espantazorras	Ensopeguera
<i>Limonium furfuraceum</i>	Limonio	Saladella
<i>Limonium parvibracteatum</i>	Limonio alicantino	Ensopeguera alacantina
<i>Lobularia maritima</i>		
<i>Lycium intricatum</i>		
<i>Lygeum spartum</i>	Albardín	Espart
<i>Malva sylvestris</i>	Malva común	Malvera
<i>Mesembryanthemum crystallinum</i>		
<i>Mesembryanthemum</i>		



<b><i>nodiflorum</i></b>		
<b><i>Moricandia arvensis</i></b>	Collejón	Colletxó
<b><i>Oxalis pes-caprae</i></b>	Agrios	Agret
<b><i>Phragmites australis ssp. australis</i></b>		
<b><i>Pinus halepensis</i></b>	Pino carrasco	Pi blanc
<b><i>Pistacia lentiscus</i></b>	Lentisco	Llentiscle
<b><i>Plantago coronopus</i></b>	Cuerno de ciervo	Cervina
<b><i>Plantago crassifolia</i></b>		
<b><i>Polycarpon tetraphyllum ssp. tetraphyllum</i></b>		Policarp
<b><i>Portulaca oleracea</i></b>	Verdolaga	Verdolaga
<b><i>Rubia peregrina ssp. longifolia</i></b>		
<b><i>Ruppia maritima</i></b>		
<b><i>Salsola genistoides</i></b>		
<b><i>Sarcocornia fruticosa</i></b>		
<b><i>Sonchus maritimus</i></b>		
<b><i>Sonchus tenerrimus</i></b>	Cerraja tierna	Lletsó
<b><i>Spergularia marina</i></b>		
<b><i>Spergularia media</i></b>		
<b><i>Stipa capensis</i></b>		
<b><i>Suaeda spicata</i></b>		
<b><i>Suaeda vera</i></b>		
<b><i>Tamarix canariensis</i></b>		
<b><i>Thymelaea hirsuta</i></b>	Borja marina	Bufalaga hirsuta
<b><i>Zygophyllum fabago</i></b>		



**Anexo 3.** Especies de fauna presentes en la zona según la Base de Datos de la Biodiversidad (cuadrícula de 10 x 10 km 30SYH14).

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM COMÚ	ESTADO LEGAL
<i>Alytes obstetricans</i>	Sapo partero común	Tòtil	
<i>Bufo calamita</i>	Sapo corredor	Gripau corredor, renoc corredor	Amenazada
<i>Pelobates cultripes</i>	Sapo de espuelas	Gripau cavador, renoc cavador	Amenazada
<i>Pelodytes punctatus</i>	Sapillo moteado común	Gripauet, renoquet	Amenazada
<i>Pelophylax perezi</i>	Rana común	Granota verda	Amenazada
<i>Anas platyrhynchos</i>	Ánade azulón	Collverd	Amenazada
<i>Marmaronetta angustirostris</i>	Cerceta pardilla	Rosseta	Amenazada
<i>Tadorna tadorna</i>	Tarro blanco	Ánec blanc, tadorna	Amenazada
<i>Apus apus</i>	Vencejo común	Falcia	Amenazada
<i>Apus pallidus</i>	Vencejo pálido	Falcia pàl.lida	Amenazada
<i>Charadrius alexandrinus</i>	Chorlitejo patinegro	Corriol camanegre	Amenazada
<i>Charadrius dubius</i>	Chorlitejo chico	Corriolet	Amenazada
<i>Sternula albifrons</i>	Charrancito común	Mongeta	Amenazada
<i>Himantopus himantopus</i>	Cigüeñuela común	Camallonga	Amenazada
<i>Recurvirostra avosetta</i>	Avoceta común	Alena	Amenazada
<i>Columba livia</i>	Paloma bravía	Colom roquer	Amenazada
<i>Columba palumbus</i>	Paloma torcaz	Todó	Amenazada
<i>Streptopelia decaocto</i>	Tórtola turca	Tórtora turca	Amenazada
<i>Streptopelia turtur</i>	Tórtola europea	Tórtora	Amenazada
<i>Merops apiaster</i>	Abejaruco europeo	Abellerol	Amenazada
<i>Upupa epops</i>	Abubilla	Puput, palput	Amenazada
<i>Cuculus canorus</i>	Cuco común	Cucut	Amenazada
<i>Aquila fasciata</i>	Águila-azor perdicera	Aguila de panxa blanca	Amenazada
<i>Falco tinnunculus</i>	Cernícalo vulgar	Soliguer	Amenazada
<i>Alectoris rufa</i>	Perdiz roja	Perdiu	Amenazada
<i>Gallinula chloropus</i>	Gallineta común	Polla d'aigua	Amenazada
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	Carricero común	Xitxarra de canyar	Amenazada
<i>Calandrella rufescens</i>	Terrera marismeña	Terrerola rogenca	Amenazada
<i>Galerida cristata</i>	Cogujada común	Cogullada vulgar	Amenazada
<i>Galerida theklae</i>	Cogujada montesina	Cogullada fosca	Amenazada
<i>Pica pica</i>	Urraca	Blanca	Amenazada
<i>Carduelis carduelis</i>	Jilguero europeo	Cadenera, cagarnera	Amenazada
<i>Carduelis chloris</i>	Verderón común	Verderol	Amenazada
<i>Serinus serinus</i>	Verdecillo	Gafarró	Amenazada



<i>Delichon urbicum</i>	Avión común	Oroneta cuablanca, oronell	Amenazada
<i>Hirundo daurica</i>	Golondrina dáurica	Oroneta cua-rogenca	Amenazada
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina común	Oroneta	Amenazada
<i>Riparia riparia</i>	Avión zapador	Parpalló	Amenazada
<i>Lanius meridionalis</i>	Alcaudón real	Capsot botxí	Amenazada
<i>Lanius senator</i>	Alcaudón común	Capsot	Amenazada
<i>Motacilla alba</i>	Lavandera blanca	Cueta blanca	Amenazada
<i>Motacilla flava</i>	Lavandera boyera	Cueta groga	Amenazada
<i>Ficedula hypoleuca</i>	Papamoscas cerrojillo	Papamosques blanquet	Amenazada
<i>Monticola solitarius</i>	Roquero solitario	Merla blava, solitari	Amenazada
<i>Muscicapa striata</i>	Papamoscas gris	Papamosques gris, mastegatxets	Amenazada
<i>Oenanthe hispanica</i>	Collalba rubia	Còlbia terrera, còlbia rossa	
<i>Oenanthe leucura</i>	Collalba negra	Còlbia negra	Amenazada
<i>Saxicola torquatus</i>	Tarabilla común	Bitxà comú	Amenazada
<i>Parus major</i>	Carbonero común	Totestiu	Amenazada
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión común	Teuladí	Amenazada
<i>Phylloscopus bonelli</i>	Mosquitero papialbo	Mosquiter pàl.lid	Amenazada
<i>Cettia cetti</i>	Ruiseñor bastardo	Rossinyol bord	Amenazada
<i>Sturnus unicolor</i>	Estornino negro	Estornell negre	Amenazada
<i>Cisticola juncidis</i>	Cisticola buitrón	Trist	Amenazada
<i>Sylvia conspicillata</i>	Curruca tomillera	Busquereta trencamates	Amenazada
<i>Sylvia melanocephala</i>	Curruca cabecinegra	Busquereta capnegra	Amenazada
<i>Sylvia undata</i>	Curruca rabilarga	Busquereta cuallarga	Amenazada
<i>Cercotrichas galactotes</i>	Alzacola rojizo	Rossarda	Amenazada
<i>Turdus merula</i>	Mirlo común	Merla	Amenazada
<i>Turdus viscivorus</i>	Zorzal charlo	Griva	Amenazada
<i>Jynx torquilla</i>	Torcecuello euroasiático	Formiguer	Amenazada
<i>Picus viridis</i>	Pito real	Picot verd	Amenazada
<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Zampullín común	Escabussonet	Amenazada
<i>Athene noctua</i>	Mochuelo europeo	Mussol comú	Amenazada
<i>Bubo bubo</i>	Búho real	Brúfol, duc	Amenazada
<i>Otus scops</i>	Autillo europeo	Xot	Amenazada
<i>Tyto alba</i>	Lechuza común	Òliba	Amenazada
<i>Vulpes vulpes</i>	Zorro rojo	Rabosa	Amenazada
<i>Meles meles</i>	Tejón	Teixó	Amenazada
<i>Mustela nivalis</i>	Comadreja	Mostela	Amenazada
<i>Genetta genetta</i>	Gineta	Geneta	Amenazada
<i>Erinaceus europaeus</i>	Erizo europeo	Eriçó comú	Amenazada
<i>Lepus granatensis</i>	Liebre ibérica	Llebre	Amenazada



<b><i>Oryctolagus cuniculus</i></b>	Conejo	Conill	Amenazada
<b><i>Microtus duodecimcostatus</i></b>	Topillo mediterráneo	Talpó comú	Amenazada
<b><i>Mus musculus</i></b>	Ratón casero	Ratolí comú	Amenazada
<b><i>Mus spretus</i></b>	Ratón moruno	Ratolí mediterrani	Amenazada
<b><i>Rattus norvegicus</i></b>	Rata parda	Rata comuna	Amenazada
<b><i>Rattus rattus</i></b>	Rata negra	Rata negra	Amenazada
<b><i>Crocidura russula</i></b>	Musaraña gris	Musaranya comuna	Amenazada
<b><i>Suncus etruscus</i></b>	Musgaño enano	Musaranya nana	Amenazada
<b><i>Blanus cinereus</i></b>	Culebrilla ciega	Serpeta cega	Amenazada
<b><i>Coronella girondica</i></b>	Culebra lisa meridional	Serp lisa meridional	Amenazada
<b><i>Hemorrhois hippocrepis</i></b>	Culebra de herradura	Serp teuladina	Amenazada
<b><i>Macroprotodon brevis</i></b>	Culebra de cogulla occidental	Serp de garriga	Amenazada
<b><i>Malpolon monspessulanus</i></b>	Culebra bastarda	Serp verda	Amenazada
<b><i>Natrix maura</i></b>	Culebra viperina	Serp pudenta	Amenazada
<b><i>Rhinechis scalaris</i></b>	Culebra de escalera	Serp blanca	Amenazada
<b><i>Hemidactylus turcicus</i></b>	Salamanquesa rosada	Dragonet	Amenazada
<b><i>Acanthodactylus erythrurus</i></b>	Lagartija colirroja	Sargantana cua-roja	Amenazada
<b><i>Podarcis hispanica</i></b>	Lagartija ibérica	Sargantana ibèrica	Amenazada
<b><i>Psammotromus algirus</i></b>	Lagartija colilarga	Sargantana cuallarga	Amenazada
<b><i>Psammotromus edwardsianus</i></b>	Lagartija cenicienta	Sargantana cendrosa	Amenazada
<b><i>Timon lepidus</i></b>	Lagarto ocelado	Fardatxo	Amenazada
<b><i>Chalcides bedriagai</i></b>	Eslizón ibérico	Lluenta	Amenazada
<b><i>Tarentola mauritanica</i></b>	Salamanquesa común	Andragó	Amenazada
<b><i>Mauremys leprosa</i></b>	Galápago leproso	Tortuga d'aigua ibèrica	Amenazada



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

**Anexo 4.** Portada de la memoria de Máster presentado por la alumna Esther Muries Berenguer.

UNIVERSIDAD DE ALICANTE  
FACULTAD DE CIENCIAS  
MÁSTER EN GESTIÓN Y RESTAURACIÓN DEL MEDIO NATURAL



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

**“USO DE AGUAS DEPURADAS EN RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE ENTORNOS URBANOS”**

“USE OF TREATED WATERS IN ECOLOGICAL RESTORATION OF URBAN AREAS”

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER  
SEPTIEMBRE 2017

Autora: Esther Muries Berenguer  
Directores: Jordi Cortina I Segarra e Ignacio Casals del Busto.  
Tutor: Jordi Cortina I Segarra.  
**DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA**



ciencias UA  
MÁSTER EN GESTIÓN Y RESTAURACIÓN DEL MEDIO NATURAL  
FACULTAD DE CIENCIAS  
UNIVERSIDAD DE ALICANTE



### Anexo fotográfico



**Foto 1.** Panorámica de la zona adyacente al barrio de San Gabriel en la que se muestra el inicio de la posible prolongación de la vía Parque y el talud que separa el Parque del barrio.



**Foto 2.** Panorámica de la zona que ocuparía el área de recreo y el humedal cercanos a la zona deportiva de La Cigüeña.



**Foto 3.** Emplazamiento de un futuro mirador con vistas sobre el palmeral de San Gabriel, la dársena y la ciudad de Alicante. Se puede observar la escasez de suelo en las partes altas de la Sierra.



**Foto 4.** Vista panorámica de la Sierra del Porquet, con El Palmeral de San Gabriel, las instalaciones portuarias y el Castillo de Santa Bárbara al fondo.



**Foto 5.** Localización de uno de los dos accesos al Parque, desde El Palmeral de San Gabriel. Esta zona es la de mayor acumulación de especies exóticas.



**Foto 6.** Bancales abandonados en la zona adyacente al barrio de San Gabriel. Estos espacios, de cota baja, con buena acumulación de suelo y ya muy alterados resultan idóneos para la plantación de especies leñosas con riego.



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante