

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA
ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grau en Ciències Ambientals



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITÈCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

**Relación suelo-planta del *Limonium
dufourii* en la Devesa del Saler en
malladas óptimas y en malladas de
reciente recuperación para
reintroducirlo**

TREBALL FINAL DE GRAU

Autor:

Sergio Lillo Plaza

Tutors:

Josep Vicent Llinares Palacios

María del Pilar Donat Torres

Tutor externo:

Francisco collado

Agradecimientos

Me gustaría agradecer este trabajo de final de carrera a mi tutor, Josep, porque a pesar de tener mucho trabajo y solicitudes de otros trabajos, fue mi tutor incluso cuando le comuniqué mi intención de hacerlo tarde. Además de destinar más horas de las remuneradas a ayudarme con dicho trabajo.

También me gustaría agradecer este trabajo a mis padres por pagar mis estudios a pesar de suponer un gran esfuerzo y en conjunto a todos mis profesores de la carrera que me han sido de gran ayuda y siempre han mantenido un trato muy agradable y cercano conmigo y mis compañeros. Por todo esto, gracias.

Resumen

Se ha realizado esta investigación para facilitar la reintroducción de la planta *Limonium dufourii* (Girard) O. Kuntze en la zona de la Devesa del Saler (València, España), con la realización de mapas de las características de la conductividad, humedad y temperatura del suelo más óptimas para el desarrollo de la especie.

Este proyecto pretende ser de gran importancia para que los futuros encargados de la reintroducción puedan hacerlo de forma más precisa y que haya un mayor porcentaje de éxito en la germinación de la especie, la cual se encuentra en peligro crítico de extinción.

Para realizar dicha investigación primero se han muestreado las características de las malladas donde se encuentra *Limonium dufourii*, a continuación se muestrea con el mismo procedimiento las malladas en las que se planea reintroducir. Una vez se tienen todos los datos, se pasan al programa ArcGIS, el cual es un software que sirve para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica; es mediante este programa que se han realizado los mapas.

Como resultado final se obtienen un total de 12 mapas, un mapa por cada característica (conductividad, humedad y temperatura) y de las cuatro malladas (la Malladeta, el Racó de l'Olla, l'Hospitalet y la mallada a recuperar), se toman los valores de la zona con *L. dufourii* y mediante la comparación con las otras opciones se ha encontrado que dentro de la mallada a recuperar, la zona A, seguida por la C, D y el Norte de la zona E, son los mejores espacios para reintroducir la especie.

Palabras clave

Limonium dufourii, mallada, Albufera, conductividad, humedad, temperatura, Dehesa del Saler, reintroducción.

Abstract

This research has been carried out to facilitate the reintroduction of the *Limonium dufourii* (Girard) O. Kuntze plant in the area of the Devesa del Saler (València, Spain), with the realization of maps that highlight the conductivity, humidity and temperature of the soil most adequate for the development of the species.

This project aims to be of great importance so that future attempts to reintroduce the species can be done with more precision and a greater percentage of success in the germination of the species, which is in critical danger of extinction.

To carry out this investigation, the characteristics of the interdunar depression where *Limonium dufourii* is found have been sampled, then the interdunar depression in which it is planned to be reintroduced are sampled with the same procedure. Once all the data is available, it is introduced into the ArcGIS program, which is a software that can capture, edit, analyze, process, design, publish and print geographical information; - It is through this program that the maps have been made.

As a final result, a total of 12 maps were made, one map for each characteristic (conductivity, humidity and temperature) and of the four interdunar depression (the Malladeta, the Racó de l'Olla, l'Hospitalet and the interdunar depression to recuperate), they take the data from the area with *L. dufourii* and by comparison with the other options it has been found that within the interdunar depression to recuperate, zone A, followed by C, D and North of zone E, are the best spaces to reintroduce the species.

Key words

Limonium dufourii, interdunar depression, Albufera, conductivity, humidity, temperature, Dehesa of Saler, reintroduction.

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Descripción	3
2.1 <i>Limonium dufourii</i>	3
2.2 Medio físico	4
2.2.1 Localización	4
2.2.2 Clima	5
2.2.3 Hidrología	6
2.2.4 Geología	7
2.2.5 Edafología	7
2.2.6 Geomorfología	8
2.2.7 Vegetación	9
3. Objetivo	9
4. Materiales	9
5. Metodología	10
5.1 Muestreo de la zona	10
5.1.1 Mallada la Malladeta	10
5.1.2 Mallada de l'Hospitalet	12
5.1.3 Mallada del Racó de l'Olla	12
5.1.4 Mallada a recuperar	14
5.2 Elaboración de los mapas	15
6. Resultados	16
6.1 Mallada la Malladeta	16
6.2 Mallada de l'Hospitalet	20
6.3 Mallada del Racó de l'Olla	24
6.4 Mallada a recuperar	28
7. Conclusión	32
8. Referencia bibliográfica	33

1. Introducción

La importancia de este proyecto se debe al peligro crítico de extinción que sufre *Limonium dufourii* (Girard) O. Kuntze, que sólo se encuentra en su hábitat natural en la Albufera de Valencia, más específicamente en la mallada de la Malladeta, en la zona de Torreblanca (Castelló), y en Cullera y Sagunto. Es un endemismo exclusivamente valenciano.

La razón de que esta especie de *Limonium* esté tan amenazada es debida a que tan sólo puede permanecer en ecosistemas muy específicos y salinos, donde la competencia entre las plantas es elevada. El problema que tienen los ecosistemas salinos es que al encontrarse en zonas costeras reciben una fuerte presión urbanística y estos ecosistemas acaban desapareciendo por la acción antropica, además de ser hábitats muy fragmentados lo que genera que no exista intercambio genético entre poblaciones.

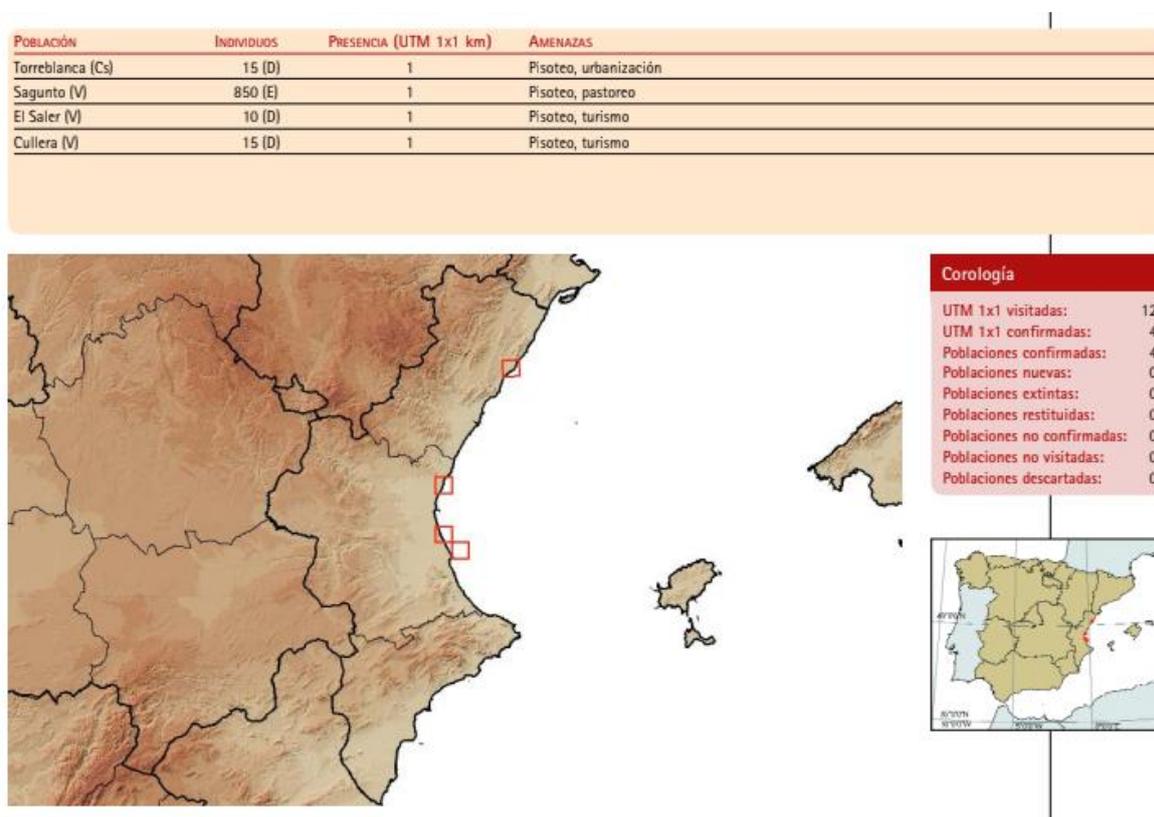


Figura {1}. Imagen extraída del Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular en España.

A la hora de muestrear, se observó que en la mallada del Racó de l'Olla, se encuentra una especie de *Limonium* descubierta recientemente, el *Limonium albuferae*, esta especie se descubrió en el año 2016 y se diferencia de *Limonium dufourii* en que es una mata leñosa más grande, con las hojas acabadas en punta y no es pilosa. En dicha zona se puede observar que junto a la población de *L. albuferae* bastante asentada había lo que parecían dos especímenes de *L. dufourii* germinando.

La fragmentación y la destrucción del hábitat del Saler donde se encuentra el *L. dufourii* se debe al intento de urbanización de la albufera, el cual se aprobó el 4 de marzo de 1965, con el Plan Parcial de Ordenación Urbana. El Plan empezó a fraguarse cuando el ayuntamiento de València escoge la finca de la Devesa del Saler como el lugar para la construcción de una ciudad dedicada al sector turismo, como Benidorm, eran los años 60 y el turismo de “sol y playa” estaba en pleno auge (Llorens, 2015).

La Devesa se encontraba protegida como parque natural hasta que en 1964 es afectada por el Plan Parcial de ordenación, que se aprobó de forma oficial en 1965 y comienzan las obras. Lo primero en una obra es la preparación del terreno, y las malladas donde habita el *dufourii* son depresiones del terreno, las cuales se nivelaron utilizando arenas. Así es como se enterraron y se perdieron un gran número de individuos de la especie (Llorens, 2015).

Debido al gran impacto que suponían estas obras comenzó la oposición ciudadana, dicha oposición se manifestó a través de múltiples alegaciones presentadas en los trámites de información pública, de esta forma se consigue detener el proceso de subastas. El mayor problema viene con que hasta el año 1977 España tenía un régimen dictatorial, por lo que los recursos para oponerse a la administración eran muy escasos. No fue hasta el 1979 con la democracia, que el ayuntamiento de Valencia encarga a un equipo técnico multidisciplinar la redacción de los Estudios Previos, en estos estudios se plantearon cuatro alternativas (Llorens, 2015).

La alternativa escogida en 1980 fue la número tres, que consistía en mantener lo construido y no permitir nuevas construcciones mientras se trata de rehabilitar las zonas dañadas pero sin acabar, y una de esas zonas fue la mallada donde se encuentra actualmente el *Limonium dufourii*, en esta zona se retiraron las arenas y se trató de dejar el suelo con la misma composición que tenía, retiraron la mayor cantidad posible de materiales que usaron para el soterramiento y reintrodujeron mucha de la flora que hay actualmente . Este Plan Especial se aceptó de forma oficial y definitiva en 1983 y se mantuvo en vigor hasta 1992 (Llorens, 2015).

Este trabajo de fin de grado planea ser de utilidad práctica a otro proyecto, para replantar el *dufourii* en aproximadamente dos años. Para obtener un presupuesto se plantea obtener la ayuda del FEDER (Fondo Europeo de Desarrollo Regional) que tiene como objetivo fortalecer la cohesión socioeconómica dentro de la Unión Europea corrigiendo los desequilibrios entre sus regiones. El FEDER se ha diseñado para reducir los problemas sociales y **medioambientales** en las áreas urbanas (Lecarte y Kolodziejcki, 2019). Es precisamente por este motivo por el que sería viable obtener su ayuda. Actualmente el Monte de la Dehesa del Saler forma parte del Parque Natural de la Albufera además de entrar en la normativa de los respectivos PRUG (Plan Rector de Uso y Gestión) y PORN (Plan de Ordenación de los Recursos Naturales).

Limonium dufourii actualmente debido a su escasez está protegido en la Comunidad Valenciana como planta de protección estricta. Está incluido en el Catalogo Valenciano de

especies de Flora Amenazada en la categoría de especies en peligro de extinción (DOCV, 2009). Gracias a esta protección se conservan sus semillas en bancos de germoplasma, se han establecido microrreservas, como la mallada de la Malladeta, se desarrollan protocolos de micropropagación y conservación además de realizar estudios sobre su variabilidad genética.

Esta planta crece en malladas y acantilados marítimos calcáreos. En la zona del Saler tan sólo se pueden encontrar en las malladas debido a que no hay acantilados. Las malladas son depresiones interdunares, compuestas por limos y arcillas; al tener dicha composición son bastante impermeables y suelen acumular el agua y se encharcan durante la época de lluvia además de estar muy próximas al nivel freático, por lo que presentan un alto porcentaje de humedad. Al estar situadas en zonas próximas a la costa son hábitats salinos, cuando llueve las sales se filtran, pero al ser muy impermeables se quedan a unos 20 cm de la superficie, cuanto más tiempo pasa sin que llueva las sales suben hasta la superficie por ósmosis.

2. Descripción

2.1 *Limonium dufourii*

Limonium dufourii se trata de un endemismo de la Comunidad Valenciana, actualmente se encuentra en peligro crítico de extinción, debido a la alta presión por las actividades antrópicas. Pero todo esto ya está definido en la introducción, por lo que nos centraremos en los aspectos más técnicos.

Limonium dufourii se identifica por ser:

Una hierba perenne, densamente pelosa, de hasta 50 cm de altura. Hojas 3-6 x 1 cm, en roseta basal, verdes durante la floración, obovado-espátuladas, obtusas, con 1-3 nervios. Inflorescencia ramosa, con ramas estériles. Espigas 12-20 mm, gruesas. Espiguillas 7-8 mm de longitud, muy densamente dispuestas (10 o más por centímetro). Brácteas de las espiguillas, densamente pelosas; la externa 2,8-3,1 x 2,8-3 mm; la interna 5,4-5,9 x 4,8-5,4 mm. Cáliz 5,2-6,2 mm de longitud. Pétalos 8-9 mm, de color azul-violáceo (Crespo et al., 1998).

Biológicamente se trata de una:

Planta apomíctica, facultativamente alógama. Produce numerosas espiguillas con 3-4 flores, a menudo en decenas de espigas con 10-20 espiguillas cada una. Los frutos son monospermos y una vez maduros quedan encerrados en el cáliz, que participa en la diáspora (Crespo et al., 1998).

Datos generales:

- Altitud: 2-10 m
- Hábitat: Saladares de marjales litorales y repisas limoso-arenosas de acantilados marítimos calcáreos
- Biotipo: Hemicriptófito rosulado
- Biología reproductiva: Monoica autoincompatible
- Floración: VI-VIII
- Fructificación: VII-IX
- Expresión sexual: Hermafrodita alógama
- Polinización: Entomófila facultativa
- Dispersión: Zoócora (mirmecócora) y anemócora
- Nº cromosomático: $2n = 27$
- Crecimiento clonal: Apomixis

Limonium dufourii convive en las malladas con otras plantas acostumbradas a altas concentraciones de sales y humedad, como, por ejemplo; *Salicornia sp.*, *Inula crithmoides* L., *Plantago crassifolia* Forssk, *Arthrocnemum macrostachyum* (Moric.) Moris in Moris & Delponte, *Juncus subulatus* Forssk, *Juncus maritimus* Lam. y *Artemisia caerulescens* L. (Crespo et al., 1998).

2.2 Medio físico

2.2.1 Localización

Las zonas muestreadas se encuentran en el Parque Natural de la Albufera, se trata de uno de los humedales costeros más importantes de España, cuenta con 21.120 ha y se sitúa a 10 km al sur de Valencia. Tiene un gran valor ecológico debido a su complejidad y a que alberga una gran cantidad de especies en peligro de extinción y muy específicas de la zona.

En específico las zonas muestreadas pertenecen a la Dehesa del Saler, esta se extiende a través de la restinga, que cierra la laguna de la Albufera. Debido a la localización tan especial que tiene, se puede encontrar desde el bosque mediterráneo y maquia, a zonas dunares, malladas y saladares, además de formaciones palustres. Es en las malladas donde se han realizado los muestreos, ya que es donde crece la planta, en concreto se han hecho en las siguientes cuatro malladas indicadas mediante el sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) y el sistema de referencia ETRS89-UTM Zona 30:

- La mallada de la Malladeta (X (mín.)=732.011,28m Y (mín.)=4.356.701,72m X (máx.)=732.216m Y (máx.)=4.356.857,29m)
- Mallada a recuperar* (X (mín.)=731.470,19m Y (mín.)=4.357.360,54m X (máx.)=731.928,12m Y (máx.)=4.357.811,33m)

- Mallada del Racó de l'Olla (X (mín.)=730.891,7 m Y (mín.)=4.357.682,46m X (máx.)=731.097,25m Y (máx.)=4.357.838,03m)
- Mallada de l'Hospitalet (X (mín.)=730.885,16m Y (mín.)=4.357.976,92m X (máx.)=731.296,12m Y (máx.)=4.358.436,65m).

*Se recuperan todas, es un nombre que se le ha dado para poder diferenciarla.

2.2.2 Clima

El clima en la zona próxima a València destaca por ser típicamente mediterráneo. Este clima se caracteriza por tener inviernos suaves y veranos calurosos. Es un clima seco en cuanto a precipitaciones, con temporadas de lluvia, generalmente entre septiembre y octubre. Aun así, las malladas destacan por retener el agua, ya que son zonas bastante impermeables, por lo que presentan una alta humedad.

Periodo: 1981-2010

Altitud (m): 11

Latitud: 39° 28' 50" N

Longitud: 0° 21' 59" O

Tabla {1}. Datos obtenidos a partir de AEMET (Agencia Estatal de Meteorología)

Mes	T	TM	Tm	R	H
Enero	11,8	16,4	7,1	37	64
Febrero	12,5	17,1	7,8	36	64
Marzo	14,4	19,3	9,6	33	63
Abril	16,2	20,8	11,5	38	62
Mayo	19,0	23,4	14,6	39	65
Junio	22,9	27,1	18,6	22	66
Julio	25,6	29,7	21,5	8	67
Agosto	26,1	30,2	21,9	20	68
Septiembre	23,5	27,9	19,1	70	67
Octubre	19,7	24,3	15,2	77	67
Noviembre	15,3	19,8	10,8	47	66
Diciembre	12,6	17,0	8,1	48	65
Año	18,3	22,8	13,8	475	65

- **T** Temperatura media mensual/anual (C°)
- **TM** Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- **Tm** Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- **R** Precipitación mensual/anual media (mm)
- **H** Humedad relativa media (%)

La estación meteorológica se encuentra en Valencia, lo suficientemente cerca para que sea representativa. Destaca la media de temperatura suave, unos 18,3 °C, una precipitación relativamente baja y aun con las precipitaciones concentradas en un periodo corto, se mantienen una humedad relativa media constante durante el año.

2.2.3 Hidrología

La albufera forma parte del convenio Ramsar al tratarse de una de las zonas más importantes internacionales en cuanto a los humedales, también es la zona más emblemática de la cuenca del Júcar. De las 21000 ha que dispone el parque natural, 15000 son campos de arroz, los cuales necesitan un importante aporte hídrico (Bustos, 2018).

El agua que entra en el lago de la Albufera proviene de dos fuentes principalmente, se trata de la escorrentía superficial de la cuenca hidrográfica y del agua subterránea que proviene del sistema acuífero de la Plana de Valencia. En lo relativo a las salidas, tienen sobre todo más importancia la evaporación y el desagüe a través de la gola de Pujol, Perellonet y del Perelló (Mondría, 2003).

Uno de los aspectos más importantes en cuanto al agua de la Albufera, es la contaminación que ha habido en el lago, se trata de una eutrofia generada desde el auge de la industria en la periferia de Valencia del siglo 20, que emitía sus efluentes, llenos de residuos químicos a las acequias que desembocaban en el lago de la Albufera sin control alguno sobre sus propiedades o la cantidad de sustancias nocivas. Esto acabó en un aumento de los nutrientes y creó un exceso de algas, lo que se conoce como eutrofización. El problema de la eutrofización es que con la aparición de un exceso de organismos, hay un mayor consumo del oxígeno disuelto, además hay un incremento en la putrefacción, por lo que puede afectar a los olores de la zona. Las condiciones anóxicas que se producen en el fondo generan bacterias que producen toxinas que pueden resultar letales para la fauna local.

El aspecto positivo es que desde entonces se pusieron en práctica medidas para controlar los residuos que se generan y llegan a la Albufera, también se construyeron EDARs (Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales) para los residuos de los municipios colindantes y se ha conseguido mejorar la calidad del agua. Aún es cierto que no se han recuperado por completo los niveles que tenía anteriormente y mucho menos el ecosistema o los macrófitos que formaban parte de este. El problema viene con que este tipo de ecosistemas acuáticos son

muy vulnerables a los cambios y pueden degradarse en un periodo de tiempo muy corto, pero se necesita una gran cantidad de tiempo para su recuperación.

2.2.4 Geología

La albufera se trata de una zona deprimida desde el mioceno, antiguamente el agua del mar albergaba todo el territorio que hay entre las desembocaduras del río Turia y Xuquer, formando un golfo. Como en la península las corrientes llevan los sedimentos de Norte a Sur y además coincide con que hay una baja pendiente en la Plana de Valencia, poco a poco con los aportes del río Turia, se fue formando la restinga, que acabó cerrando el Golfo y formando la Albufera. Con el tiempo las aportaciones de sedimentos del río Júcar fueron colmatando el lago (Mondría, 2003).

Es en esta restinga en la cual se encuentra la Devesa del Saler, una zona arenosa, con vegetación muy diferenciada y con zonas con una alta concentración de sales, debido al aporte de sales que lleva consigo el viento.

2.2.5 Edafología

En la zona de la Devesa principalmente encontramos tres factores, dependiendo del porcentaje en el que se encuentran estos factores corresponde a los diferentes suelos que se pueden encontrar. Los factores son la textura arenosa, el hidromorfismo y la salinidad, dependiendo de estos factores se forman tres grandes grupos de suelos en la Dehesa, los cuales son (Sanchís, et al., 1998):

- Arenosoles: dentro de los Arenosoles cabe destacar que según la clasificación FAO-UNESCO de 1988, los arenosoles de la Devesa se clasifican como arenosoles calcáreos y son los más abundantes dentro de la Devesa. Estos están presentes sobre todo en los cordones dunares, tanto el delantero como el interior, al tener una ausencia de materiales finos, como son los limos y las arcillas, realizan un pobre intercambio catiónico, mediante el cual el material coloidal, orgánico y mineral se unen íntimamente, sirviendo como nutrientes para las plantas además de regular las propiedades del suelo (Sanchís, et al., 1998).

La parte mineral está principalmente formada por arena cuarzosa, la característica de la alta infiltración, se ve compensada con la escasa profundidad del nivel freático, permitiendo el acceso de las plantas por medio de las raíces, cosa que no ocurre en las dunas (Sanchís, et al., 1998).

Estos suelos tienen un gran tamaño de poros, facilitando la aireación, unido al bajo poder calorífico del cuarzo que hace que se caliente fácilmente y que haya unas

temperaturas más cálidas, crea unas condiciones idóneas para una rápida oxidación y mineralización de la materia orgánica (Sanchís, et al., 1998).

La textura arenosa afecta a la cantidad de nutrientes, ya que al no haber fracciones finas, que son las responsables de la actividad química y las que constituye las fuentes de nutrientes, estos suelos son de forma natural poco fértiles (Sanchís, et al., 1998).

- Suelos hidromorfos: este factor tiene una gran importancia en la formación de suelos como los Gleysols calcáricos y si además está el factor de la salinidad se forman Solonchaks gleycos. Las áreas hidromórficas corresponden con las zonas deprimidas, las cuales tienen el nivel freático muy próximo a la superficie, la capa superficial está formada por arenosoles, la cual permanece prácticamente inalterable por la presencia de agua, pero la situación cambia a mayor profundidad, aparecen diferencias debido a que el agua llena los poros creando condiciones anaeróbicas (Sanchís, et al., 1998).

Esto crea una diferenciación de los horizontes que no teníamos con los arenosoles. El primer horizonte que se ha comentado sería el arenoso, es la capa más superficial (horizonte A), el segundo horizonte al estar en contacto con la zona freática presenta a oscilaciones, en este horizonte se producen reacciones de oxidación y reducción (Sanchís, et al., 1998).

A continuación, se encuentra un horizonte que siempre está por debajo de la capa freática, por lo tanto, apenas se puede encontrar oxígeno, el cual se infiltra muy lentamente por difusión (Sanchís, et al., 1998).

Estos suelos necesitan una vegetación muy específica, capaz de soportar la asfixia radicular, como por ejemplo podrían ser las malladas en las cuales no hay un exceso de salinidad (Sanchís, et al., 1998).

- Suelos salinos: cuando además de condiciones hidromorfas se juntan altas concentraciones de sal, los suelos son los llamados Solonchaks gleycos. El agua presente en estas zonas es de origen marino, cuando llega el verano y las pocas lluvias, el agua se evapora y las sales suben a la superficie, llegando a formar incluso capas de sal en la superficie (Sanchís, et al., 1998).

2.2.6 Geomorfología

Actualmente la zona de la Dehesa es una estrecha franja costera, a pesar de ser estrecha se puede diferenciar 4 subambientes: <http://www.parquesnaturales.gva.es/es/web/pn-l-albufera/la-restinga>.

- La playa: se trata de una playa bastante uniforme a lo largo del sistema, es una playa que se encuentra en recesión debido a la disminución de sedimentos a raíz de la construcción del puerto de Valencia, el cual se encuentra más al Norte y ejerce de barrera para los sedimentos.
- El cordón de dunas delanteras: es el más afectado por la actividad humana, cuenta con poca vegetación y se aprecia una degradación debido a los surcos que hacen los bañistas al cruzar hacia la playa, por estos “senderos” es más fácil que se erosione la duna con el efecto del viento.
- El cordón dunar interior, es más antiguo que el cordón dunar delantero y este sí que se encuentra bien asentado y altamente colonizado por una densa vegetación de pinar y matorral.
- Las malladas: se encuentran entre los cordones dunares, y como se ha definido son depresiones interdunares, con suelos altamente impermeables y de fácil encharcamiento ya que también están muy próximos al nivel freático.

2.2.7 Vegetación

Dependiendo de la humedad, salinidad, compactación y otras características del suelo, en las malladas se instalan diferentes comunidades vegetales. En las zonas estudiadas la vegetación está constituida por juncales de *Juncus maritimus* y de *Schoenus nigricans*; en menor medida aparece *Juncus acutus*. En las zonas más secas donde se pueden llegar a formar costras salinas los juncales son desplazados por comunidades de plantas crasifolias y por limonios o saladillas. Las especies más abundantes son *Suaeda spicata* y *Salicornia ramosissima*, estando también presente *Inula crithmoides*, *Plantago crassifolia*.

3. Objetivo

El objetivo general del proyecto es la creación de mapas de los valores de conductividad, humedad y temperatura tanto de la mallada en la que está instalado el *Limonium dufourii* como en las que se planea su reintroducción.

4. Materiales

Para la fase de muestreo se utilizaron los siguientes materiales:

- Lector HH2, se trata de un medidor de mano para lecturas instantáneas y almacenamientos de datos.

- Sensor WET, mide el contenido en agua, la conductividad y la temperatura, en tan solo 5 segundos obtiene los valores de estas tres variables tan importantes para el crecimiento de las plantas.
- Dos cintas métricas.
- Plantillas para los datos.
- Mapas A3 de las malladas para tomar apuntes.
- Localizador GPS

Una vez se recogen todos los datos, tan solo se necesita el programa ArcGIS.

5. Metodología

Para la elaboración de este proyecto se ha dividido la metodología en dos partes. El muestreo de la zona y la elaboración de los mapas.

5.1 Muestreo de la zona

Para muestrear se eligieron cuatro zonas:

La mallada la Malladeta, en esta zona es donde se podía encontrar el *Limonium dufourii*, por lo que es la zona que seleccionada como modelo.

5.1.1 Mallada la Malladeta



Figura {2}. Imagen extraída del visor cartográfico de la Generalitat Valenciana. Escala 1/1000 de la mallada de la Malladeta



La mallada tiene una gran superficie, pero el *Limonium dufourii* tan solo crece en las áreas clareadas, donde no crece el resto de plantas debido a que son zonas con una mayor salinidad. Para muestrear estas áreas se midió un punto por cada metro cuadrado; para hacerlo se extendieron cintas métricas en línea recta y cada metro que se avanzaba se medía medio metro a la izquierda y a la derecha de la cinta métrica. Para obtener los valores se clavaba en el suelo el sensor y se medían los tres valores que obtiene, la humedad, la conductividad y la salinidad. Mediante dicho método se muestrearon las zonas que se aprecian en la imagen de la izquierda, en las cuales se podía encontrar el *L. dufourii*, pero tan sólo se encuentra en estas zonas de los claros, ya que más al Norte deja de aparecer.

Figura {3}. Puntos de muestreo. Elaboración propia

Más tarde se midió la zona que se muestra a continuación:



Figura {4}. Puntos de muestreo. Elaboración propia

Para medir la zona que aparece en la figura 4 se fue haciendo una estimación visual a cada metro, y apuntando en el mapa los puntos que se midieron, debido a que más al Sur se encuentra el *Limonium dufourii* se consideró que podía ser una zona apta para el desarrollo de la especie.

Las siguientes malladas se tratan de las zonas donde se podría introducir el *L. dufourii*.

5.1.2 Mallada de l'Hospitalet.



Figura {5}. Imagen extraída del visor cartográfico de la Generalitat Valenciana. Escala 1/1000 de la mallada de l’Hospitalet

Esta zona como se puede apreciar desde la imagen satélite cuenta con una extensión de aclarados mucho más grande que en las anteriores, por lo que no se podía realizar el mismo método que en la Malladeta, ya que costaría una cantidad de tiempo inmensa. Para medir la zona, se parte de un punto georeferenciado y se va midiendo hacia el Sur siguiendo paralelo la línea entre la mallada y la vegetación de pinos, se medían los puntos hacia el Sur cada 5 pasos, los cuales se una vez medidos correspondían a 4,5 m de forma aproximada, de forma perpendicular se medía hacia el este cada 10 pasos, los cuales corresponden a unos 9 m aproximadamente.

5.1.3 Mallada del Racó de l’Olla

La mallada del Racó de l’Olla, cuenta con una población de *Limonium albuferae*, es fácilmente distinguible de *Limonium dufourii*, puede tratarse de una buena zona para la recuperación del *dufourii* porque en el año 2018 se han visto unos pocos ejemplares.

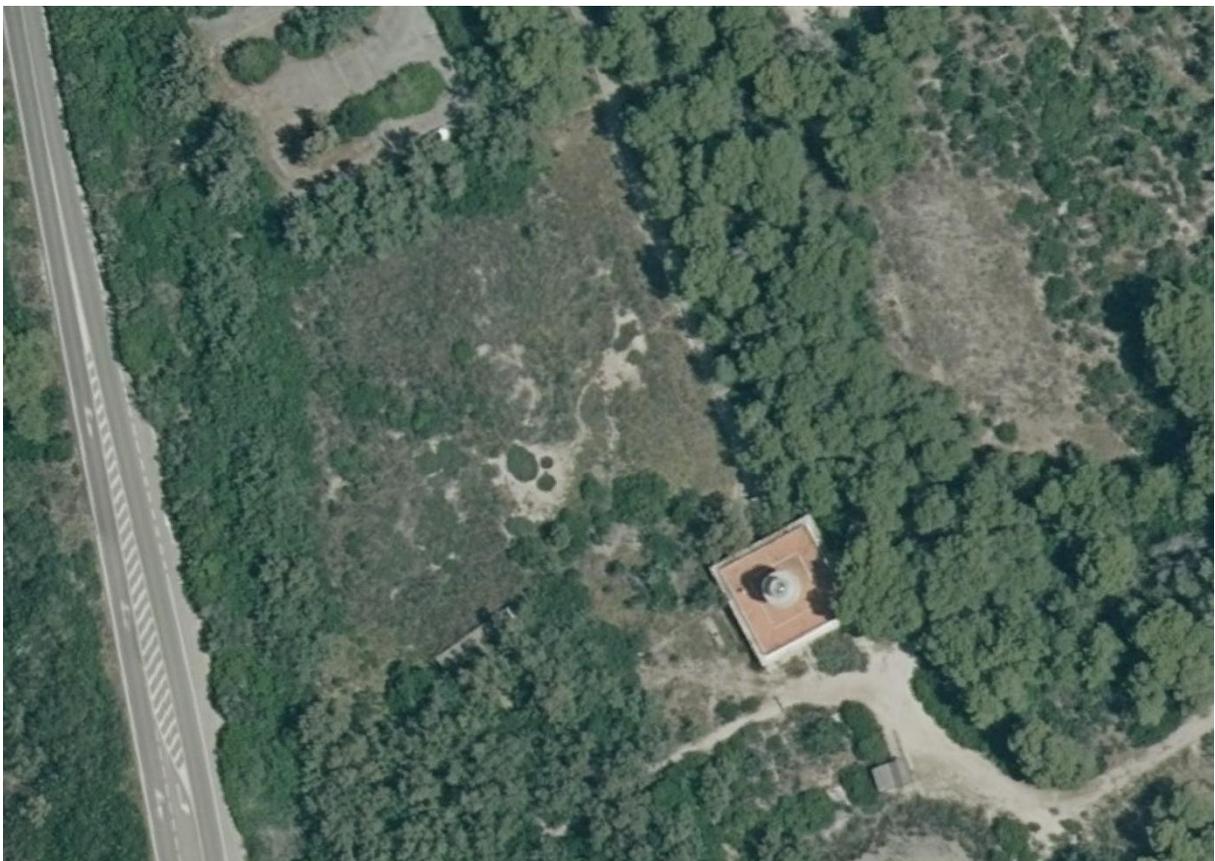


Figura {6}. Imagen extraída del visor cartográfico de la Generalitat Valenciana. Escala 1/500 de la mallada del Racó de l’Olla



Figura {7}. Puntos de muestreo. Elaboración propia

Esta mallada al tener una superficie menor, se muestreó con las cintas métricas cada metro cuadrado de las zonas más representativas de las áreas aclaradas. Aquí a la izquierda se observan los puntos muestreados.

5.1.4 Mallada a recuperar.



Figura {8}. Imagen extraída del visor cartográfico de la Generalitat Valenciana. Escala 1/2000 de la mallada a recuperar

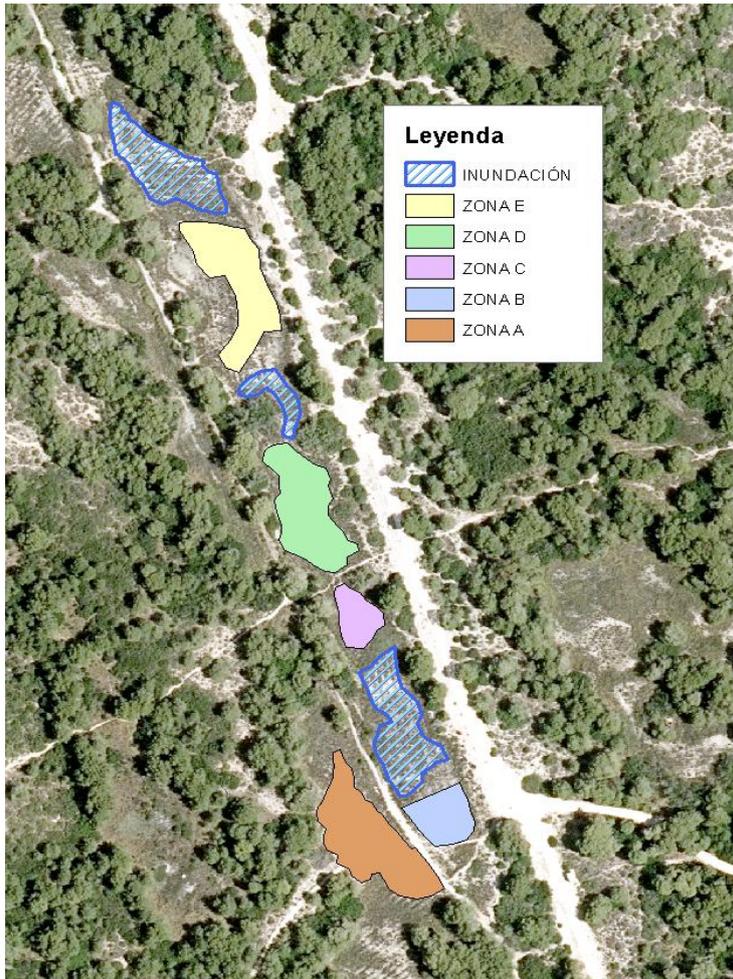


Figura {9}. Puntos de muestreo. Elaboración propia

Debido a la gran extensión de esta mallada se dividió en 5 zonas (A, B, C, D y E). En todas las zonas se midió cada 5 pasos, es lo que equivale a cada 4,5 m aproximadamente. La zona A se midió sin problemas, pero casi toda la zona B se tuvo que descartar, ya que más al Norte de esta la elevada cantidad de humedad y de limos hacía imposible la medición. Este mismo problema lo pudimos encontrar en la zona C, por lo que no se pudieron obtener demasiados datos. Entre la zona D y E hubo una gran superficie que fue imposible de muestrear debido a que permanecía inundado y lo mismo ocurría por encima de la zona E.

5.2 Elaboración de los mapas

Para crear los mapas se tienen que seguir los siguientes pasos:

1. Introducir los puntos.
2. Asignar a cada punto su identificación y sus valores de conductividad, humedad y temperatura.
3. Se crea un fichero Shapefile para que haga de “molde” del claro donde se encuentran los puntos.
4. Utilizar la herramienta de interpolación Kriging (ESRI, 2019), que utiliza métodos geoestadísticos, se basa en modelos estadísticos que incluyen la autocorrelación. De esta forma obtenemos un mapa de los diferentes valores. La fórmula utilizada para obtener los datos es la siguiente:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

$Z(s_i)$ = el valor medido en la ubicación i

λ_i = una ponderación desconocida para el valor medido en la ubicación i

s_0 = la ubicación de la predicción

N = la cantidad de valores medidos

5. Por último, para ajustar el mapa de valores a la zona deseada, se utiliza el fichero Shapefile para que haga su función como molde.

6. Resultados

6.1 Mallada la Malladeta

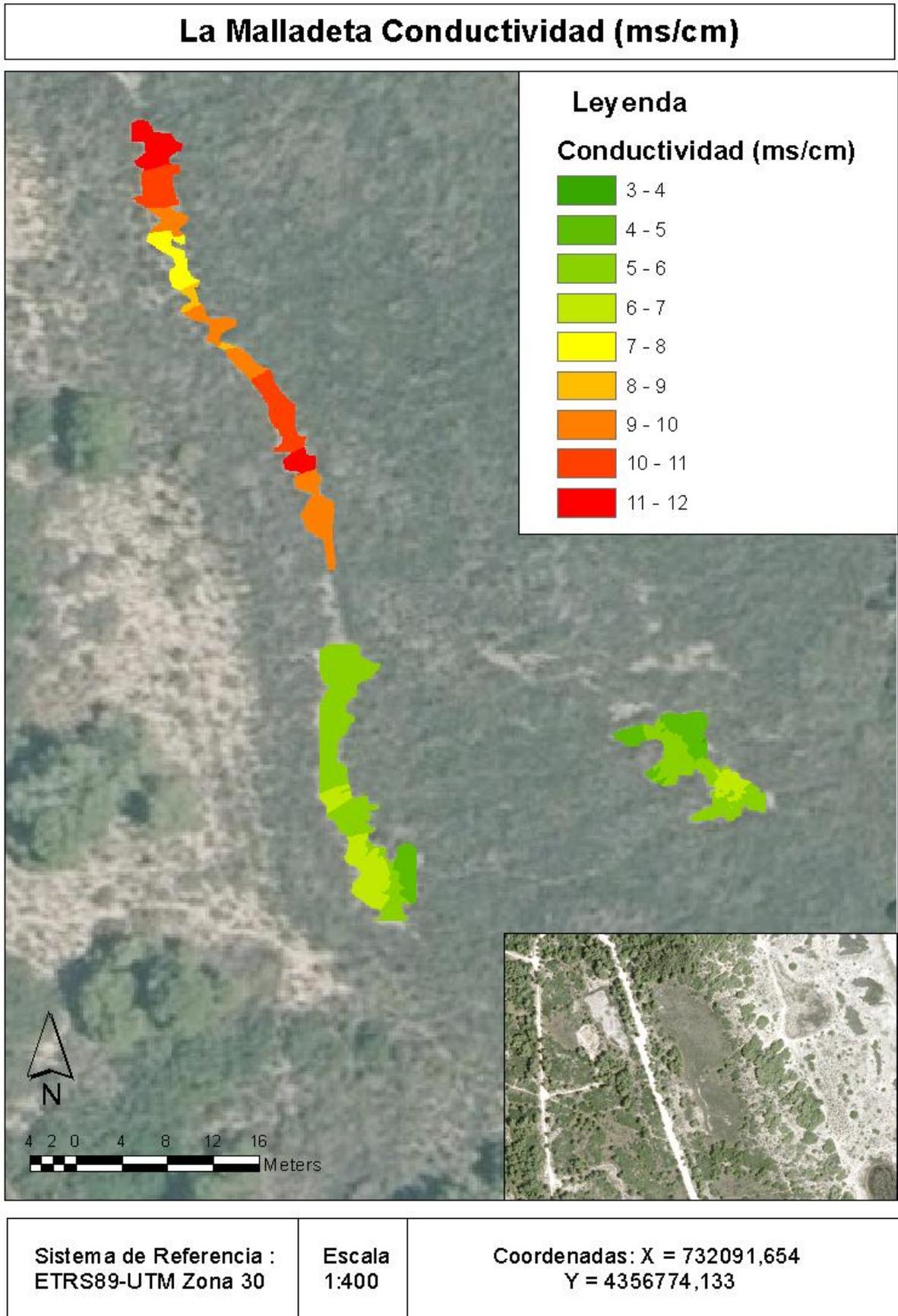
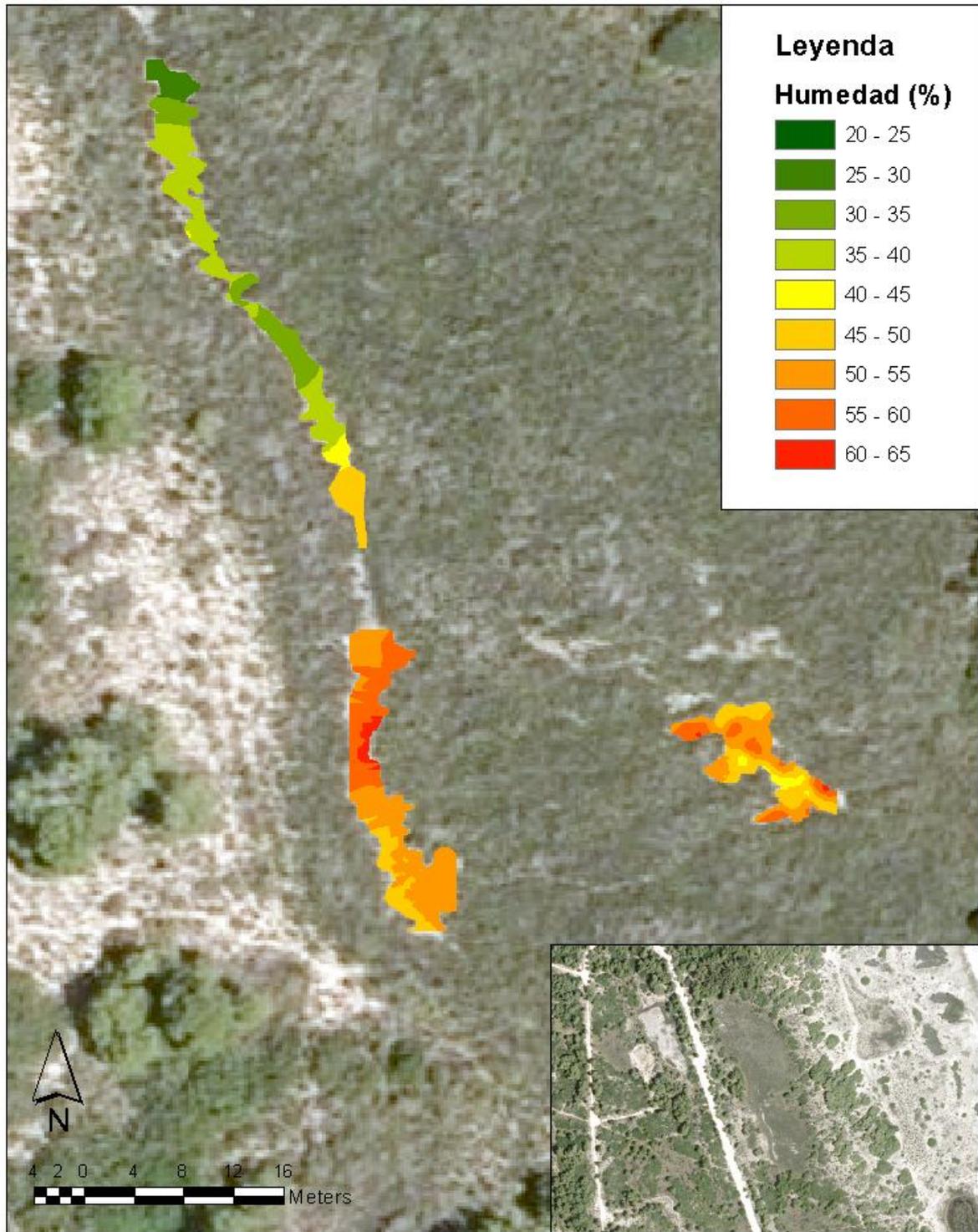


Figura {10}. Mapa de la conductividad en la Malladeta. Elaboración propia.

La Malladeta Humedad (%)



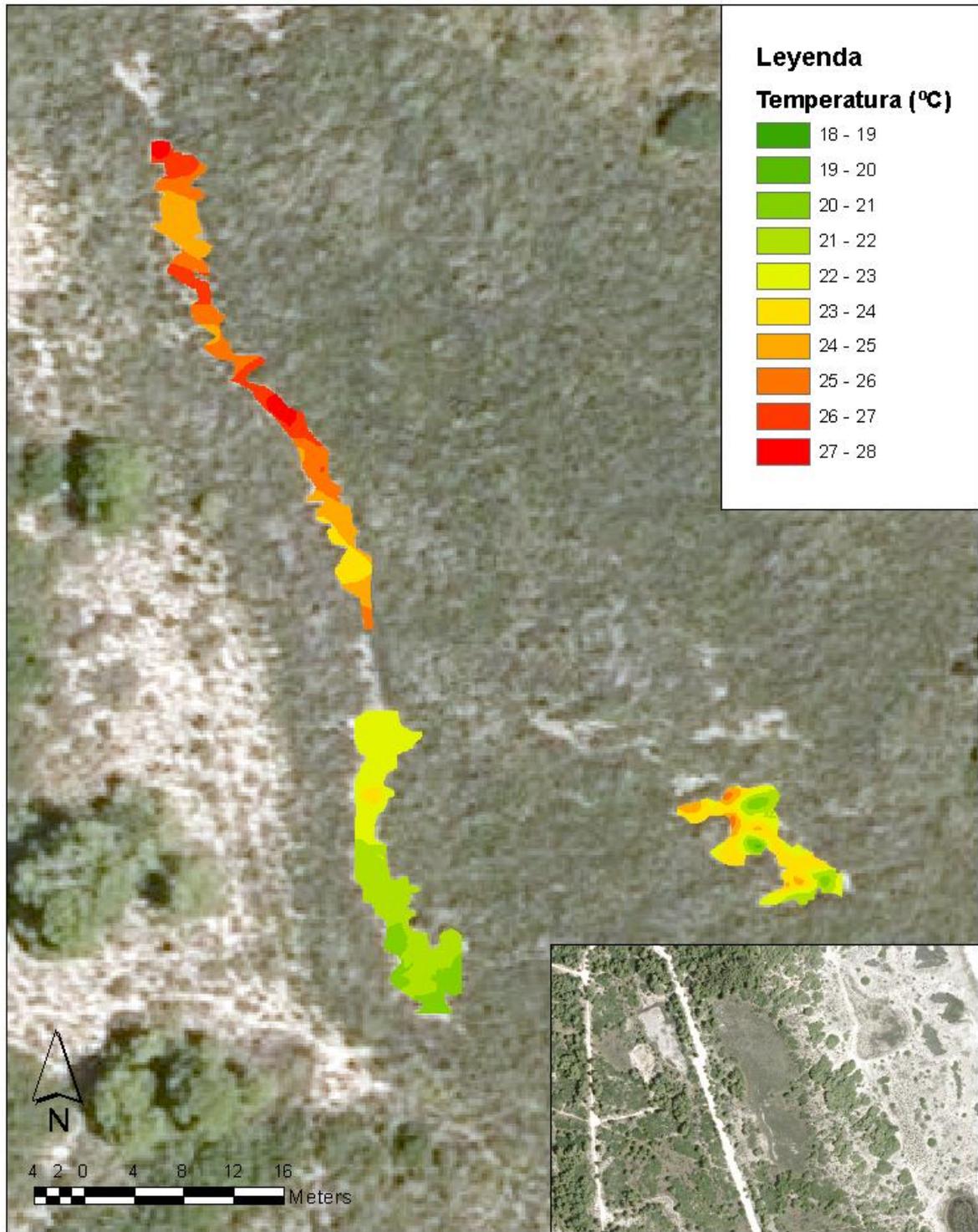
Sistema de Referencia :
ETRS89-UTM Zona 30

Escala
1:400

Coordenadas: X = 732091,654
Y = 4356774,133

Figura {11}. Mapa de la humedad en la Malladeta. Elaboración propia.

La Malladeta Temperatura (°C)



Sistema de Referencia :
ETRS89-UTM Zona 30

Escala
1:400

Coordenadas: X = 732091,654
Y = 4356774,133

Figura {12}. Mapa de la temperatura en la Malladeta. Elaboración propia.

En lo relativo a la conductividad medida en decisiemens partido metros (dS/m) de la Malladeta, se aprecia una clara diferenciación entre las zonas de la mallada, ya que en los claros donde se encuentra el *Limonium dufourii* hay un intervalo de conductividad entre 4 y 7 dS/m. Al principio del proyecto se barajaba la posibilidad de replantar en el claro más al Norte, al encontrarse en la misma mallada se pensaba que sería una zona óptima, pero presenta unos valores más altos de conductividad que donde se encuentra el *dufourii*. Además, como se observa más adelante hay algunas zonas más óptimas en lo relativo a la conductividad. Hay que remarcar que un suelo se considera salino cuando sobrepasa los 4 dS/m.

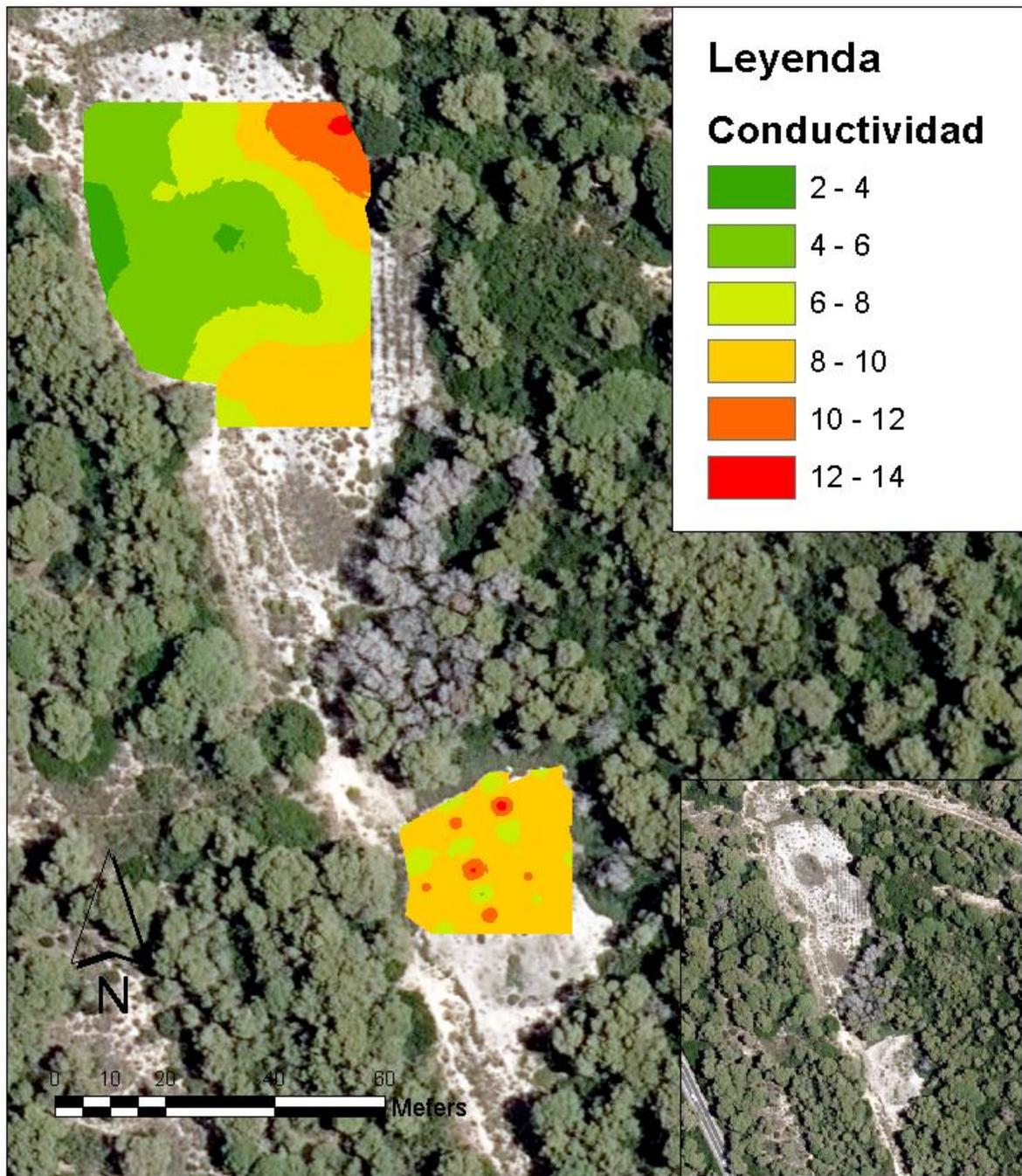
Al igual que la conductividad, la humedad, medida en porcentaje de contenido volumétrico de agua, muestra un comportamiento parejo, mientras que en la zona donde se encuentra el *L. dufourii*, el intervalo de humedad es de 40 a 65 (%), mientras que la zona más al Norte donde no hay *dufourii*, el intervalo de humedad pasa a estar entre 20 y 50 (%).

Exactamente lo mismo ocurre con la temperatura medida en grados centígrados, en el que las dos zonas se encuentran claramente diferenciadas, la zona donde se encuentra la planta presenta un intervalo de temperaturas entre los 18 y 23 °C, mientras que más al Norte suben desde los 23 a los 28°C.

Podemos concluir que la zona más óptima para el desarrollo de la planta es la que presenta una conductividad entre 4 y 7 dS/m, una humedad entre el 40 y el 60 % y temperaturas alrededor de 18 y 23 °C (para la fecha en la que se muestrea, 17/04/19). Estos datos van a servir como modelo para la reintroducción en las siguientes malladas.

6.2 Mallada de l'Hospitalet

L'Hospitalet Conductividad (ms/cm)



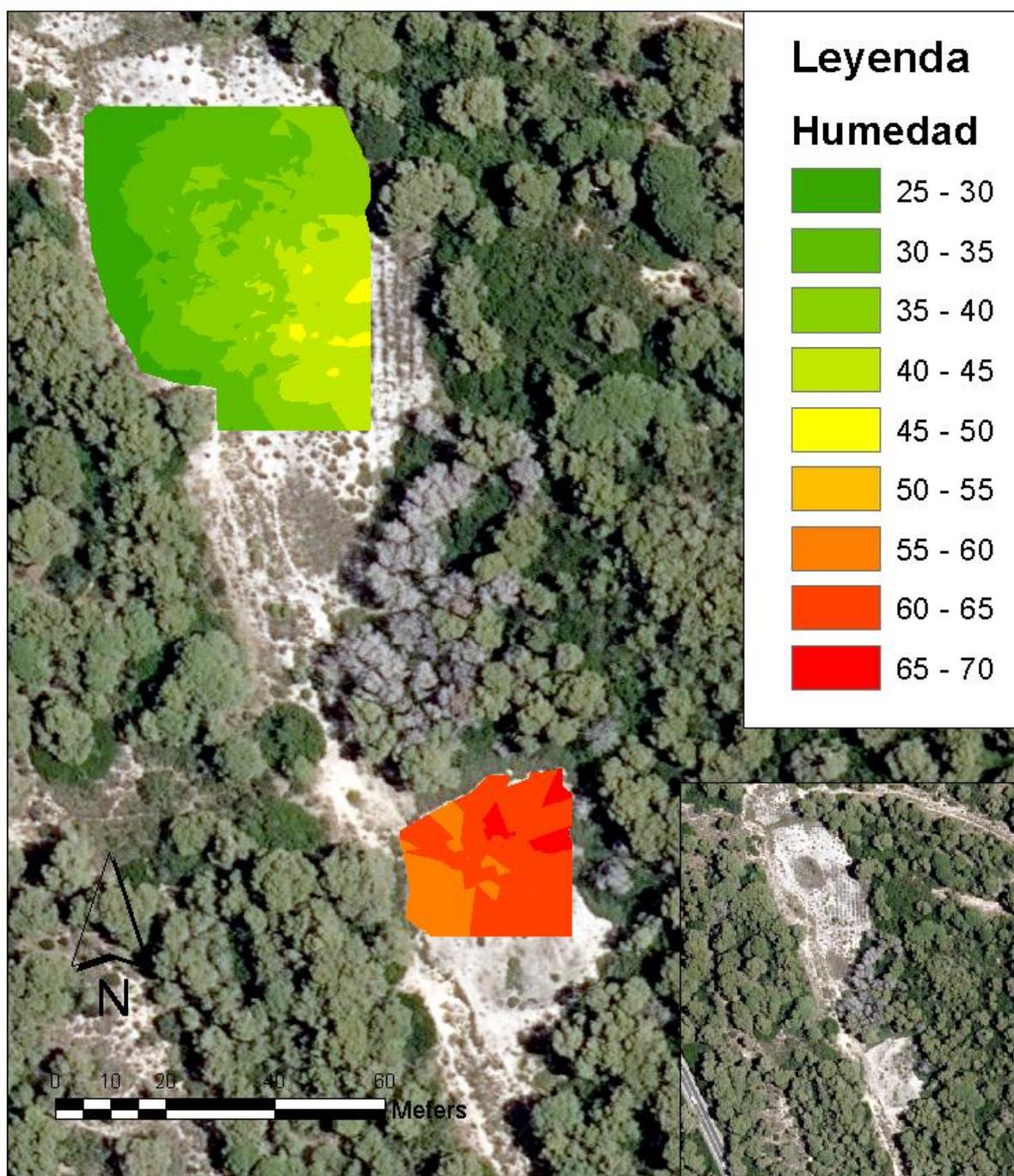
Sistema de Referencia:
ETRS89-UTM Zona 30

Escala
1:949

Coordenadas: X = 731022,999
Y = 4358305,95

Figura {13}. Mapa de la conductividad en l'Hospitalet. Elaboración propia.

L'Hospitalet Humedad (%)



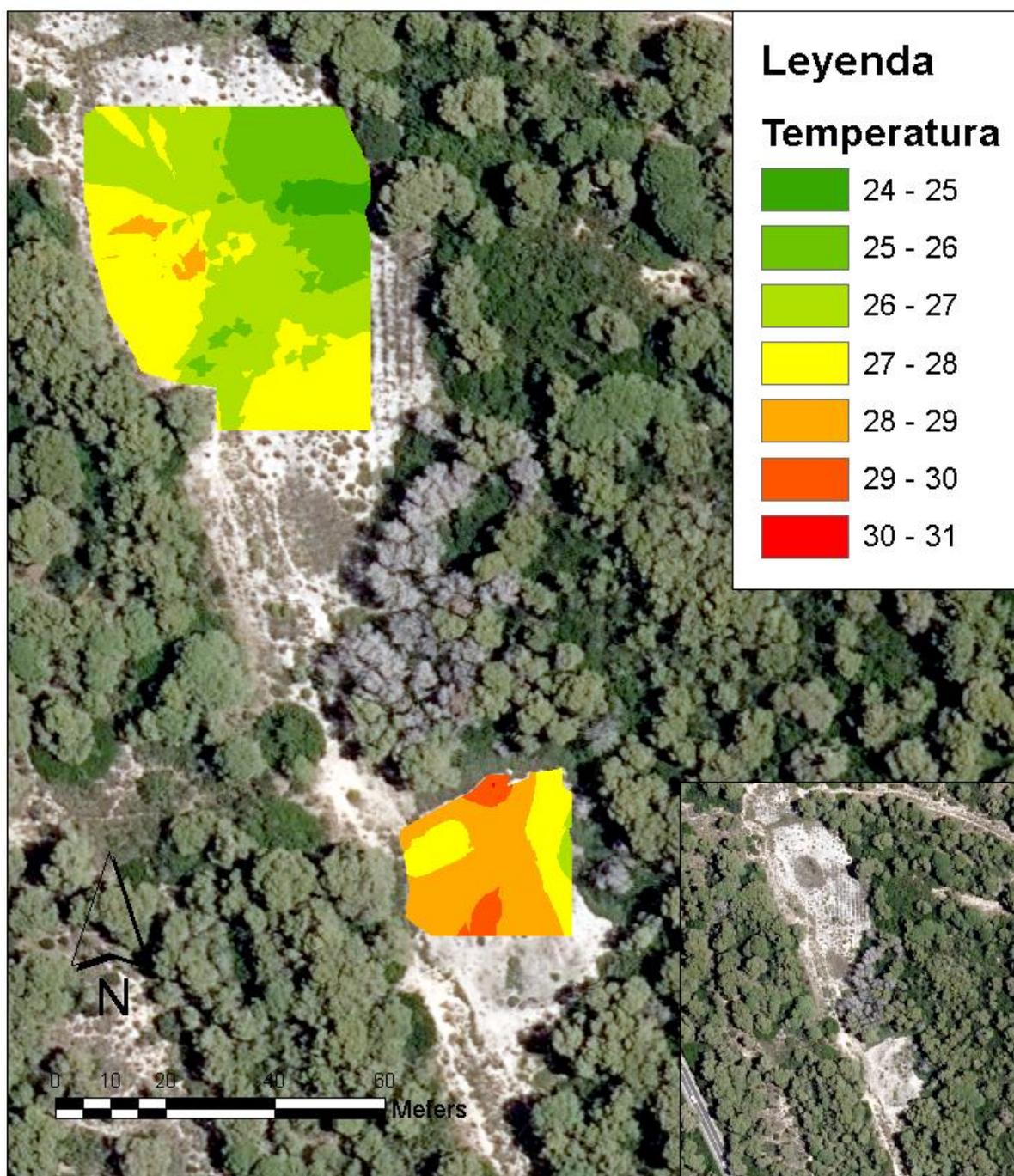
Sistema de Referencia:
ETRS89-UTM Zona 30

Escala
1:949

Coordenadas: X = 731022,999
Y = 4358305,95

Figura {14}. Mapa de la humedad en l'Hospitalet. Elaboración propia.

L'Hospitalet Temperatura (°C)



Sistema de Referencia:
ETRS89-UTM Zona 30

Escala
1:949

Coordenadas: X = 731022,999
Y = 4358305,95

Figura {15}. Mapa de la temperatura en l'Hospitalet. Elaboración propia.

Para elegir qué zonas son más óptimas para la introducción del *Limonium dufourii* se va a comparar con la anterior mallada, en la cual podemos encontrar la planta. En cuanto a la conductividad se puede apreciar en la zona más al Norte, como se encuentran espacios con las condiciones óptimas de salinidad, estos espacios se concentran mayoritariamente por el centro y el extremo Norte.

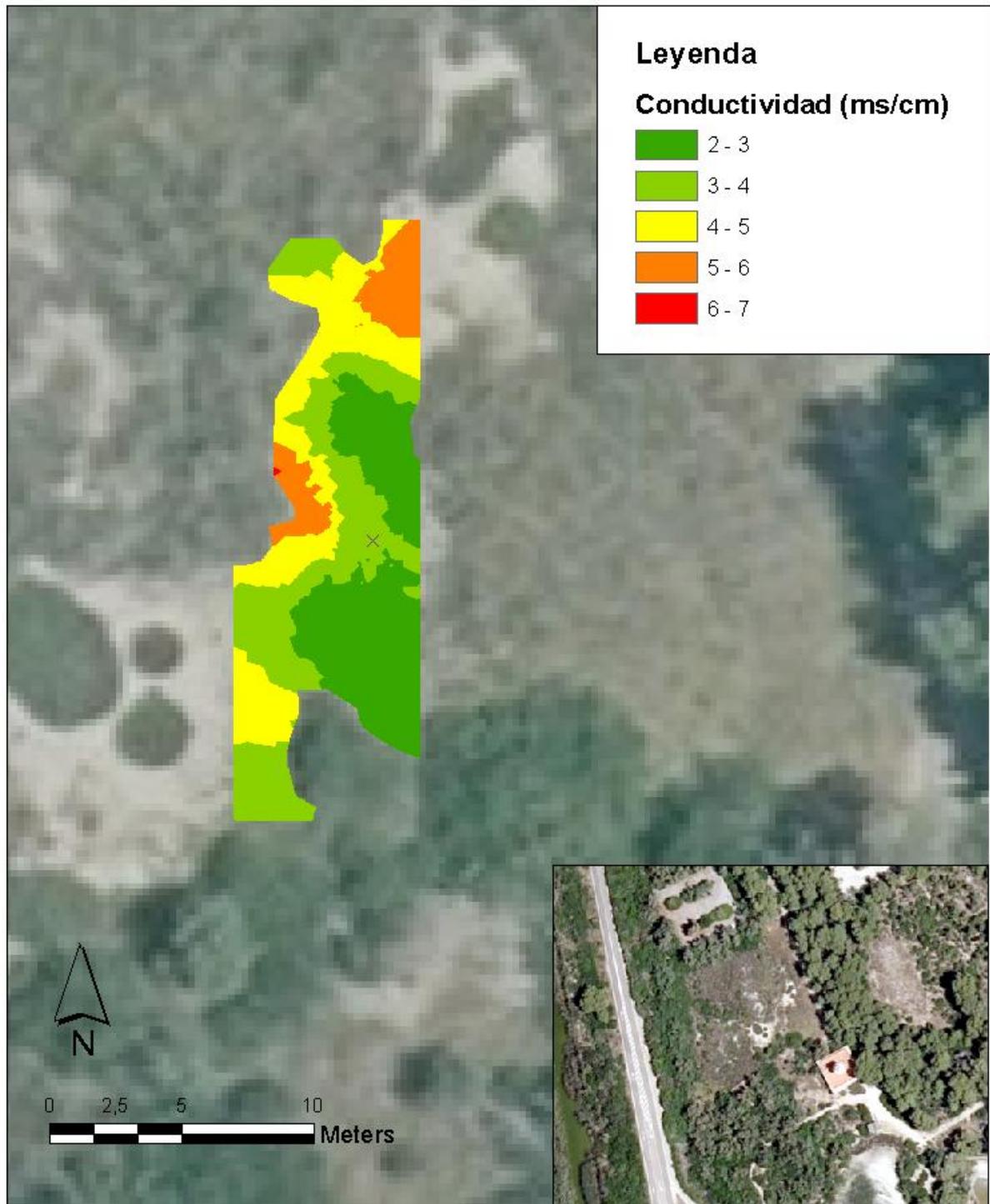
En la zona que se encuentra más al Sur se pueden observar ciertas anomalías, ya que parece que la salinidad se encuentre concentrada en ciertos puntos, además, aun con las anomalías, la zona presenta unas concentraciones de sal más elevadas que las óptimas.

En lo relativo a la humedad, la zona Norte presenta un intervalo de humedad entre 25 a 50 (%), va aumentando la humedad cuanto más se acerca al Este. La zona Sur presenta unas condiciones más húmedas, con intervalos desde el 50 al 70 (%).

La temperatura en la zona Norte también presenta variación respecto a la Sur, habiendo unas temperaturas más altas en la zona Sur, con intervalos de los 26 a los 30 °C, mientras que más al Norte los intervalos van de los 24 a los 28 °C.

6.3 Mallada del Racó de l'Olla

Racó de l'Olla Conductivitat (°C)



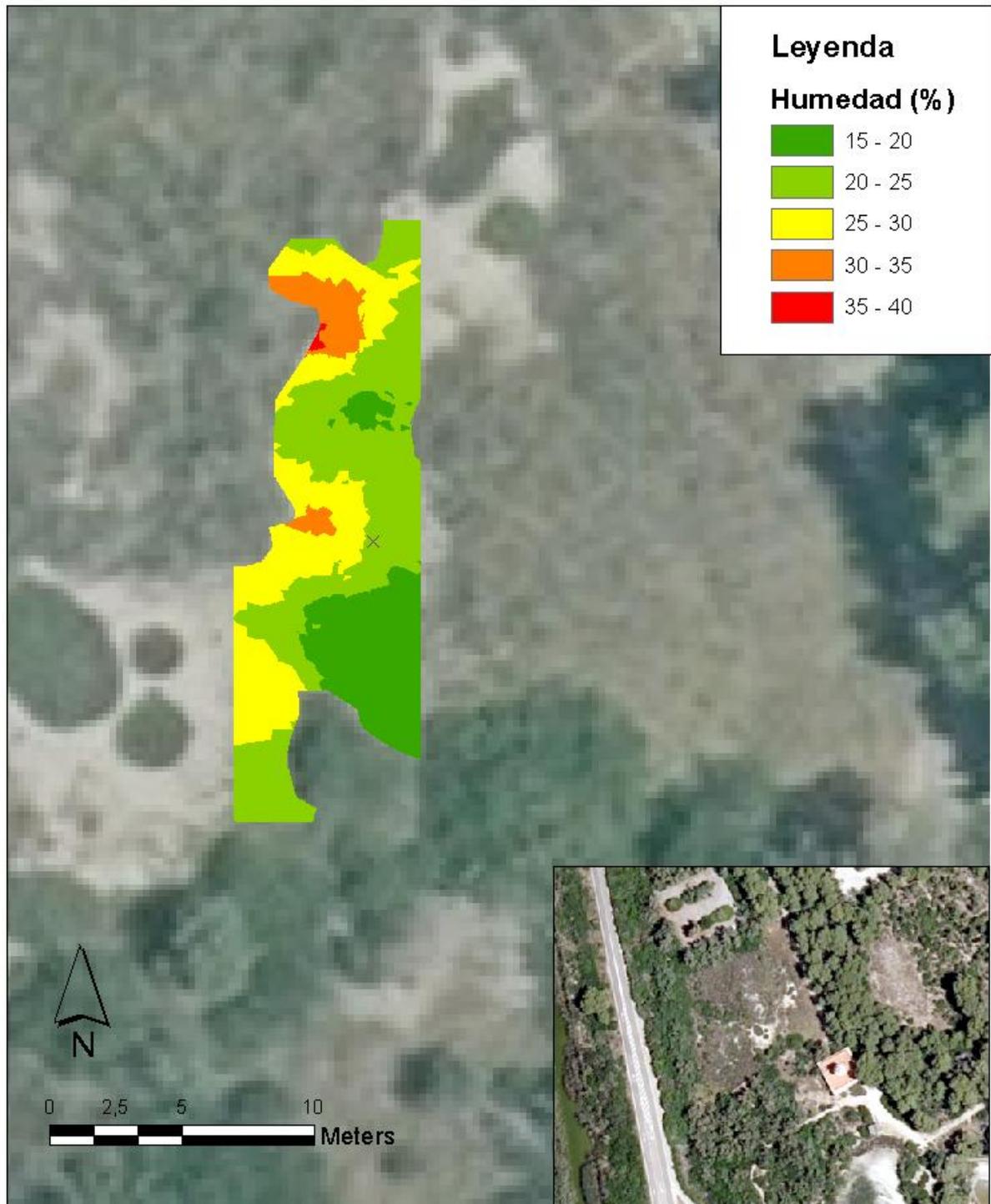
Sistema de Referencia:
ETRS89-UTM Zona 30

Escala
1:191

Coordenadas: X = 731028,281
Y = 4357744,618

Figura {16}. Mapa de la conductivitat en el Racó de l'Olla. Elaboració pròpia.

Racó de l'Olla Humedad (%)



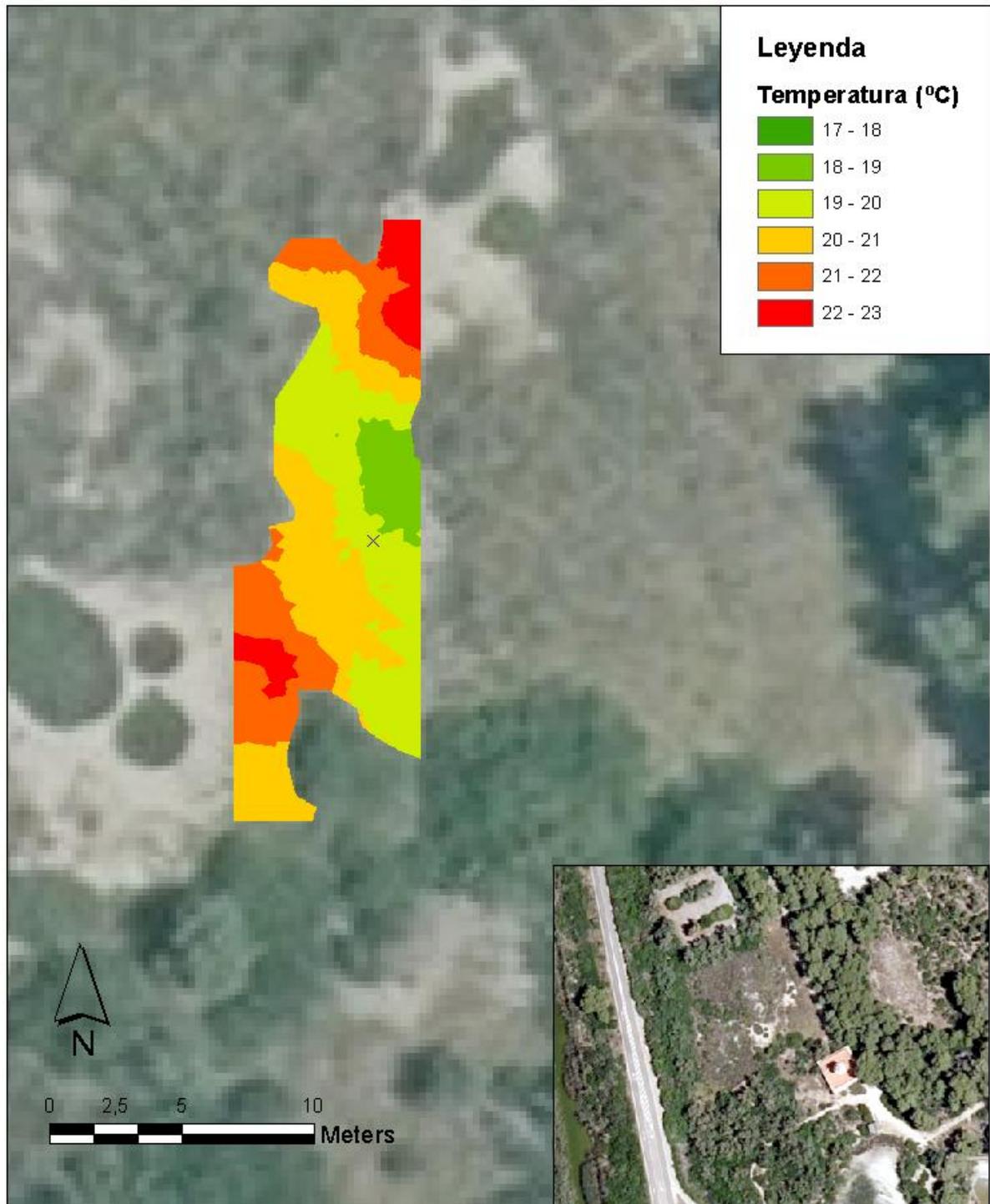
Sistema de Referencia:
ETRS89-UTM Zona 30

Escala
1:191

Coordenadas: X = 731028,281
Y = 4357744,618

Figura {17}. Mapa de la humedad en el Racó de l'Olla. Elaboración propia.

Racó de l'Olla Temperatura (°C)



Sistema de Referencia:
ETRS89-UTM Zona 30

Escala
1:191

Coordenadas: X = 731028,281
Y = 4357744,618

Figura {18}. Mapa de la temperatura en el Racó de l'Olla. Elaboración propia.

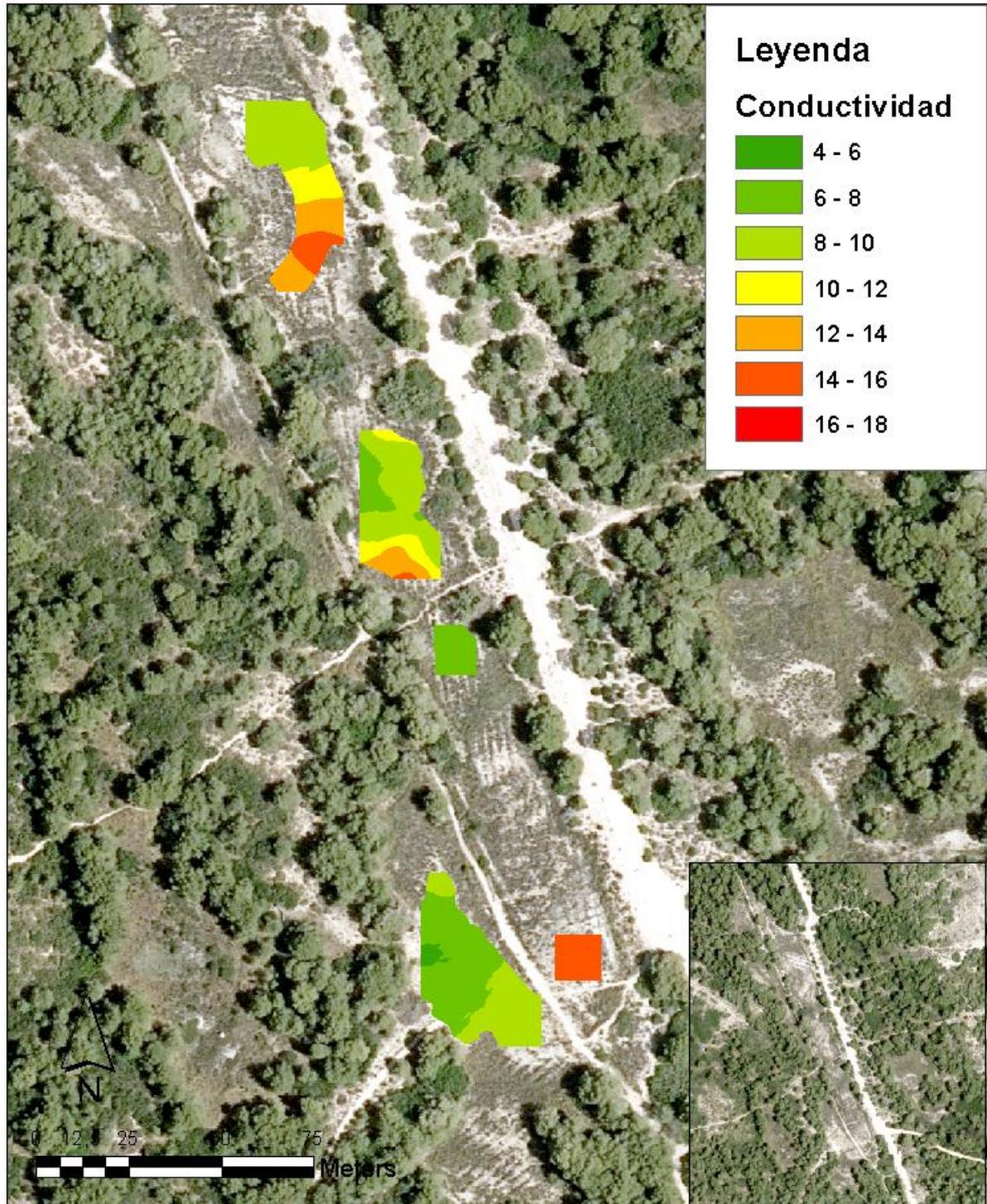
El mapa de la conductividad revela una curiosa relación, ya que en las zonas que presentan una menor conductividad, era donde se encontraba *Limonium albuferae*, esta especie a pesar de tener una mayor resistencia al estrés salino que el *L. dufourii*, germina mejor en zonas menos salinas que el *L. dufourii*, esto podría explicar por qué solo se puede encontrar el *L. albuferae* en esa zona (Albors, 2018). La zona donde se puede encontrar una conductividad más óptima es en la Zona Norte-Este, donde hay una mayor profundidad y aumenta la conductividad.

El mayor problema viene con la humedad, ya que se trata de una mallada con una humedad más baja de lo normal. De hecho, a la hora de muestrear los puntos se han tenido que descartar algunos por falta de humedad, ya que el sensor a una humedad menor del 15 % no puede registrar los datos.

El comportamiento de la temperatura está en relación con la vegetación. La vegetación consigue disminuir la temperatura al ofrecer sombra al suelo y así evita los cambios bruscos de temperatura, además este comportamiento se puede ver muy bien en el mapa de las temperaturas, donde los claros presentan unas temperaturas más altas.

6.4 Mallada a Recuperar

Mallada a Recuperar Conductividad (ms/cm)



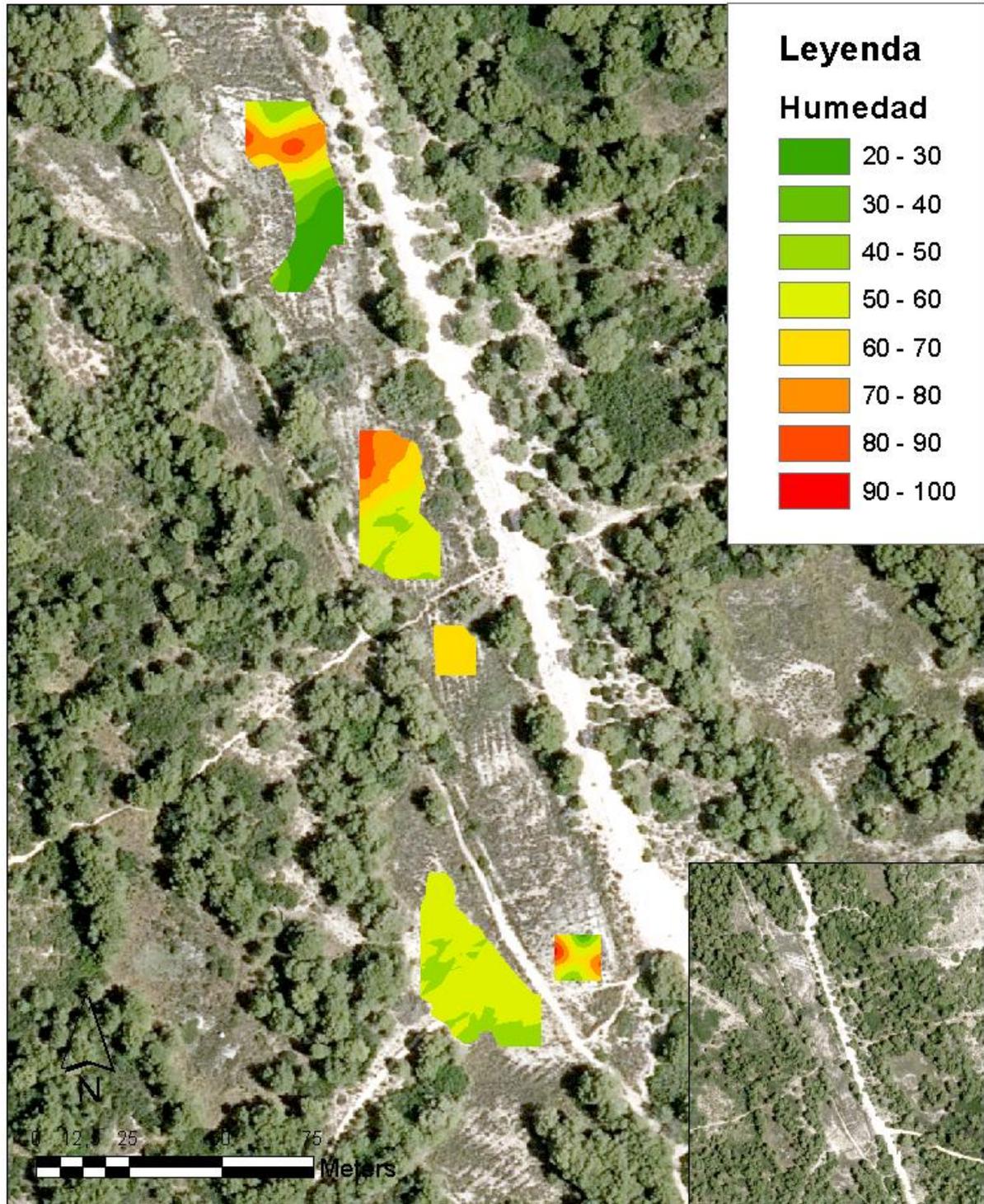
Sistema de Referencia:
ETRS89-UTM Zona 30

Escala
1:355

Coordenadas: X = 731707,824
Y = 4357586,545

Figura {19}. Mapa de la conductividad en la Mallada a recuperar. Elaboración propia.

Mallada a Recuperar Humedad (%)



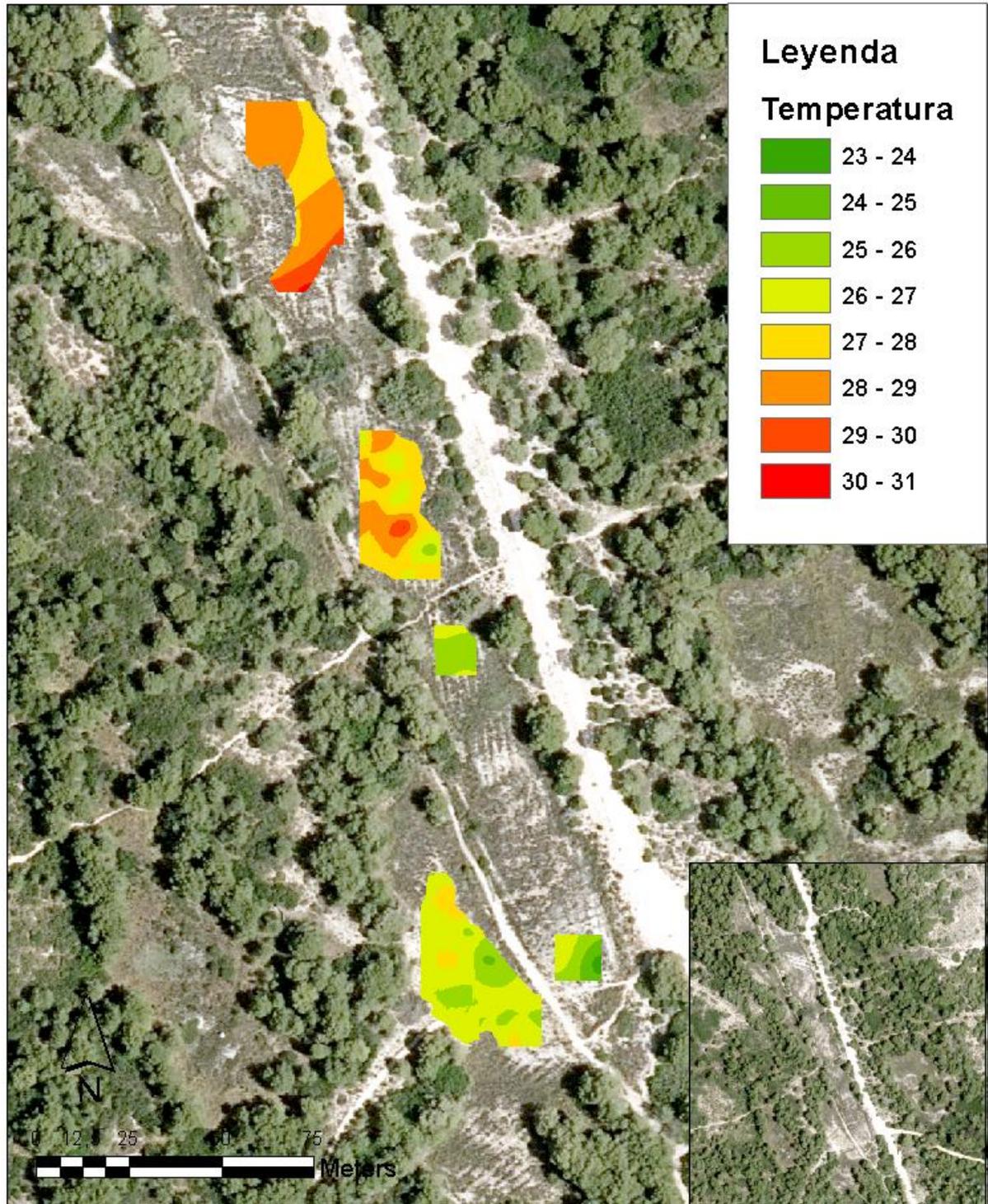
Sistema de Referencia:
ETRS89-UTM Zona 30

Escala
1:355

Coordenadas: X = 731707,824
Y = 4357586,545

Figura {20}. Mapa de la humedad en la Mallada a recuperar. Elaboración propia.

Mallada a Recuperar Temperatura (°C)



Sistema de Referencia:
ETRS89-UTM Zona 30

Escala
1:355

Coordenadas: X = 731707,824
Y = 4357586,545

Figura {21}. Mapa de la temperatura en la Mallada a recuperar. Elaboración propia.

Por último, se van a comparar las diferentes zonas de la mallada a Recuperar:

- Zona A. En esta zona la conductividad presenta unas condiciones óptimas, con valores que van desde los 4 a los 10 dS/m. La humedad también consigue reunir los valores óptimos, teniendo en su gran mayoría una humedad entre 50 y 60 % y algunos espacios de 40 a 50 %. Para acabar, las temperaturas, se muestran con valores más elevados que en la Malladeta, pero esto se debe a que se tuvo que muestrear 2 meses más tarde (03/06/19), aun así, se observa unas temperaturas más frescas que en el resto.
- Zona B. La conductividad en esta zona presenta unos valores demasiado elevados, entre los 14 y 16 dS/m, por lo que no es una zona muy apta para la replantación.
- Zona C. Aquí la conductividad tiene unos valores perfectos, entre 6 y 8 dS/m. La humedad está un poco por encima de lo más adecuado pero muy cerca de los valores, por lo que aún se considera apta y lo mismo pasa con la temperatura.
- Zona D. La inmensa mayoría de esta zona reúne las condiciones más óptimas, la diferencia está en que la zona más al Sur es más adecuada por su humedad, pero no en cuanto a la conductividad la zona Norte es más adecuada, por lo que por el centro podría ser el mejor espacio.
- Zona E. Por último, la mitad Norte de la zona contiene unas medias entre 8 y 10 dS/m, pero tiene el mismo problema que hay en la zona D, ya que la zona Norte tiene una humedad demasiado alta. Además, las temperaturas son más altas que en resto de zonas.

7. Conclusión

Para concluir este proyecto se han ordenado las malladas de acuerdo con los resultados obtenidos, el orden de las zonas para introducir el *Limonium dufourii* de menos adecuado a más.

- La Malladeta. Como se ha manifestado anteriormente, se pensaba que en la zona más al Norte se podría considerar como una buena zona, pero a pesar de ser la mallada donde se ha confirmado la presencia de *L. dufourii* en el Saler, más al Norte las condiciones, tanto de conductividad, como humedad y temperatura son totalmente diferentes del suelo en el que se encuentra el *dufourii*, por lo que sería mejor plantearse la recuperación de la especie en otras malladas.
- Racó de l'Olla. Esta mallada no cuenta con una superficie muy grande, pero era una buena opción debido a la presencia de otro endemismo como es el *Limonium albuferae*, pero la zona que tiene una mejor conductividad tiene una humedad demasiado baja, por eso es mejor buscar una zona que reúna todas las características.
- L'Hospitalet. Esta mallada se divide en dos zonas, la zona Norte y la Sur. La zona Sur no reúne las cualidades necesarias, pero en cambio la zona Norte por el centro tiene una conductividad adecuada, la humedad está cerca de los valores más óptimos. Es

por estos motivos que puede ser una buena zona, pero considero que aún hay otra mejor.

- Mallada a Recuperar. Y por último esta sería la mejor zona. Esto se debe a que hay una gran extensión de superficie y diferentes zonas, la zona A reúne unas características casi idénticas a las que tiene el *Limonium dufourii* en la Malladeta, por lo que es la mejor zona para replantar. Además, las zonas C, D y el Norte de la zona E aunque no coincidan exactamente con las mejores condiciones, sí que reúnen unas características lo bastante adecuadas.

8. Referencias bibliográficas

Albors, A. (2018). Estudio sobre la tolerancia al estrés salino en dos endemismo valencianos del género *Limonium*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad Politécnica de Valencia.

Ayuntamiento de Valencia (2019). Itinerario paisajístico. Servicio Devesa-Albufera [En línea]. [Consulta: 3 de agosto 2019] Disponible en: http://albufera.valencia.es/sites/default/files/itinerario_paisajistico.pdf.

Bustos R.E. (2018). Seguimiento hidrológico de l'Albufera de Valencia. [En línea] [Consulta: 15 agosto 2019]. Disponible en: <https://docplayer.es/57898046-Seguimiento-hidrologico-de-l-albufera-de-valencia.html>.

Crespo, M. B. & M. D. LLédo (1998). El género *Limonium* en la Comunidad Valenciana. Conselleria de Medi Ambient, Generalitat Valenciana. Valencia.

Delgado, J.L.R., Pérez, V.A. y Duato, (1998). Los suelos de la Devesa de la Albufera. [En línea]. [Consulta: 21 agosto 2019]. Disponible en: <http://www.albufera.com/parque/sites/default/files/descargas/lossuelosdevesa.pdf>.

DOCV (2009). DECRETO 70/2009, de 22 de mayo, del Consell, por el que se crea y regula el Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas y se regulan medidas adicionales de conservación. DOCV núm. 6021, 26 mayo 2009.

ESRI (2009). Cómo funciona Kriging—Ayuda | ArcGIS for Desktop. [En línea]. [Consulta: 26 agosto 2019]. Disponible en: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm>.

Lecarte, J. y Kolodziejski, M., (2019). El Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). [En línea]. [Consulta el 6 de agosto 2019] Disponible en: <http://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/95/el-fondo-europeo-de-desarrollo-regional-feder->.

Llorens, F.M., (2015). M.D.S., Diagnóstico de planeamiento: el Monte de la Dehesa del Saler, ordenación del destino turístico. [En línea]. [Consulta: 11 agosto 2019]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/62045/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Mondría, G.M. (2003). Estudio para el desarrollo sostenible de l'Albufera de Valencia, estudio histórico de l'Albufera. [En línea] [Consulta: 21 julio 2019]. Disponible en: http://www2.chj.gob.es/albufera/01_WEB_ED/01_AV_DSAV/01_GD/01_DOCUMENTOS%5C01_RI1%5CRI1_04_1%5C7241-IN-OA-RI1_01_4-001-Ed01.pdf.

Mondría G.M. (2003). Estudio para el desarrollo sostenible de l'Albufera de Valencia, geología. [En línea] [Consulta: 30 julio 2019]. Disponible en: http://www2.chj.gob.es/albufera/01_WEB_ED/01_AV_DSAV/01_GD/01_DOCUMENTOS/01_RI1/RI1_03_4/7241_ES_HI_RI1_03_4_geologia1.pdf.

Mondría G.M. (2003). Estudio para el desarrollo sostenible de l'Albufera de Valencia, Generación de series temporales de entradas al lago a partir de los datos del seguimiento de la planificación hidrológica. [En línea], [Consulta: 25 agosto 2019]. Disponible en: https://typsa.net/albufera/01_WEB_ED/01_AV_DSAV/01_GD/01_DOCUMENTOS/01_RI1/RI1_03_5/002/7241-IN-HI-RI1_03_5-002.pdf.

Parques Naturales de la Comunidad Valenciana (2019). Flora y vegetación. L'Albufera. Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural. Generalitat Valenciana. [En línea]. [Consulta: 8 de agosto 2019]. Disponible en: <http://www.parquesnaturales.gva.es/es/web/pn-l-albufera/flora-y-vegetacion>.

Parques Naturales de la Comunidad Valenciana (2019). La restinga. L'Albufera. Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural. Generalitat Valenciana. [En línea]. [Consulta: 10 de agosto 2019]. Disponible en: <http://www.parquesnaturales.gva.es/es/web/pn-l-albufera/la-restinga>.

Pérez García, M. R. Universitat Politècnica de València. Ingeniería del agua. [S.I.], v. 18, n. 1, p. ix, sep. 2014. ISSN 1886-4996. Disponible en: <https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/3293>.