



FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE LA FLORA VASCULAR Y ALGAL DEL PARAJE NATURAL CLOTS DE LA SAL (Novelda, Alicante)

**TRABAJO DE FIN DE GRADO
CURSO ACADÉMICO 2023-2024**

**DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA APLICADA
ÁREA DE BOTÁNICA**

AUTORA: ESTHER GONZÁLEZ PÉREZ

TUTORA: ESTHER BERRENDERO GOMEZ

COTUTORA: ANTONIA D. ASECIO MARTÍNEZ

MODALIDAD: EXPERIMENTAL

CODIGO DE INVESTIGACIÓN RESPONSABLE (COIR): TFG.GCA.EBG.EGP.240411

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco en este Trabajo de Fin de Grado al Área de Botánica (Departamento de Biología Aplicada), por darme la oportunidad de conocer más en profundidad la flora. A mi tutora en este trabajo, Esther Berrendero por brindarme su apoyo y comprensión, y por dejarme participar en el proyecto coordinado Cyan2Bio (PID2021-126564OB-C33), a mi compañera Cristina por ayudarme siempre y a la Universidad Miguel Hernández (Campus de Elche) por hacer posible este trabajo.

Gracias al Ayuntamiento de Novelda y a la Consejería del Medio Ambiente por la información proporcionada sobre el lugar de estudio.

Me gustaría agradecer a mi familia el apoyo y cariño que siempre he recibido por su parte, con una mención especial a mi hermano Toni, compañero de vida y durante estos años de carrera, también de clase.

Gracias Rubén, por creer en mi cuando yo no lo hacía.



RESUMEN.

Los Clots de la Sal es un paraje natural formado por pequeñas pozas de aguas sulfurosas y ferrosas, a lo largo del curso del Río Vinalopó. Recientemente ha sido declarado Paraje Natural Municipal junto con el monte de la Mola por presentar relevantes valores medioambientales, históricos, culturales y sociales. Con motivo de la declaración de esta figura de protección, el equilibrio entre el uso y conservación de este paraje natural puede verse alterado, por ejemplo, por el aumento de la afluencia de visitantes o de las actividades lucrativas. El objetivo de este trabajo de Fin de Grado es identificar la flora vascular y algal presentes en este paraje natural, prestando un mayor interés a las cianobacterias, como primer paso para desarrollar acciones dirigidas a su protección y conservación. Para ello, se realizaron dos muestreos en el lugar de estudio con el fin de recoger muestras de agua para realizar análisis físico-químicos y muestras biológicas para llevar a cabo la identificación de las especies mediante el uso de guías taxonómicas y comparar los resultados obtenidos con los registrados en estudios antiguos, conociendo así el estado actual de la flora algal y vascular. Además, nos permitirá aumentar nuestro conocimiento sobre la diversidad de especies vegetales de los Clots de la Sal que ayudarán a poner en valor la biodiversidad de los ambientes salinos y conocer si las poblaciones vegetales se verán afectadas por la mejora de los accesos y aumento de la afluencia de visitantes.

Palabras claves: Cianobacterias, protección, biodiversidad, conservación.

ABSTRACT.

The Clots de la Sal is a natural area formed by small pools of sulfurous and ferrous waters, along the course of the Vinalopó River. It has recently been declared a Municipal Natural Site along with Monte de la Mola for presenting relevant environmental, historical, cultural and social values. Due to the declaration of this protection figure, the balance between the use and conservation of this natural area may be altered, for example, by the increase in the influx of visitors or lucrative activities. The objective of this Final Degree Project is to identify the vascular and algal flora present in this natural area, paying greater interest to cyanobacteria, as a first step to develop actions aimed at its protection and conservation. To this end, two samplings were carried out at the study site in order to collect water samples to carry out physical-chemical analyzes and biological samples to carry out the identification of the species through the use of taxonomic guides and compare the results obtained with those recorded in ancient studies, thus knowing the current state of the algal and vascular flora. In addition, it will allow us to increase our knowledge about the diversity of plant species in the Clots de la Sal, which will help to value the biodiversity of saline environments and to know if plant populations will be affected by improved access and increased influx of visitors.

Key words: Cyanobacteria, protection, biodiversity, conservation

INDICE

INTRODUCCION	6
ANTECEDENTES	13
OBJETIVOS	14
MATERIAL Y MÉTODOS	15
A. Búsqueda bibliográfica	15
B. Descripción zona de estudio	16
C. Realización de muestreos	17
D. Análisis de material algal	18
E. Análisis de flora terrestre	20
F. Análisis físico-químico del agua	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
A. Climatología	21
B. Resultados de los análisis del agua	24
C. Resultados de muestras biológicas: cianobacterias y diatomeas	27
D. Resultados de identificación de flora vascular	31
CONCLUSIONES	35
PROYECCIÓN FUTURA	36
BIBLIOGRAFÍA	37

INTRODUCCIÓN.

Según el último informe de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) de Riesgos de Desastres Interconectados (Eberlr y col., 2023), se estima que cerca de un millón de especies se encuentran actualmente en peligro de extinción debido a las amenazas ambientales existentes. Este proceso se ve acelerado, observándose un aumento del número de especies vulnerables en los ecosistemas, lo que desencadena un efecto dominó de pérdida de biodiversidad.

El término biodiversidad se define como *“la variabilidad de organismos vivos de cualquier origen, incluidos los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; incluye diversidad dentro de una especie, entre especies y entre ecosistemas”*, según el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) (ONU, 1992). Se distinguen varios tipos, según se hable de biodiversidad genética, que es la variabilidad genética dentro de cada especie; ecológica, que es la variabilidad entre las especies y los ecosistemas y la biodiversidad biológica, que sería la variabilidad de los organismos vivos incluyendo los ecosistemas de los que forman parte.

Actualmente, la biodiversidad se ha convertido en una de las principales preocupaciones para la sociedad debido a la pérdida y deterioro de los hábitats y ecosistemas, así como por la situación de las especies que se encuentran en peligro de extinción o en gran vulnerabilidad. Como se observa en la Figura 1, la biodiversidad es crucial para el desarrollo y evolución de nuestro planeta y sociedad, ya que nos proporciona beneficios y servicios ambientales esenciales, como la polinización de las plantas por animales polinizadores como abejas, mariposas o colibríes. Sin ellos, la reproducción de más del 80% de las plantas con flores en el mundo se vería comprometida.



Figura 1-Importancia de la biodiversidad. Fuente: Elaboración propia.

Otros beneficios incluyen la provisión de medicamentos y productos que ayudan a curar enfermedades, así como el suministro de alimentos y materia prima. Y desde el punto de vista

ambiental, es importante destacar que las plantas capturan dióxido de carbono de la atmósfera, tan perjudicial para nosotros, y que los bosques regulan el clima y las temperaturas.

Para entender el origen del interés en la biodiversidad, debemos remontarnos a 1992, año en que se celebraron las Conferencias de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo en Rio de Janeiro, Brasil. Estas conferencias, también conocidas como la Cumbre de la Tierra o del Clima, reunieron a representantes políticos, científicos y organizaciones no gubernamentales de todo el mundo (Jeffries, 2005). Durante estas conferencias, se reconoció la necesidad de tomar acciones para frenar la extinción de especies y la pérdida de hábitats sin comprometer el desarrollo de la sociedad. Así, se comenzó a hablar de desarrollo sostenible, definido como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones (ONU, 2023). Además, se estableció una agenda con protocolos de actuación y legislación exclusiva para proteger la biodiversidad.

En 1993 se estableció la Convención sobre la Diversidad Biológica, aprobada a día de hoy por 174 países, aunque no todos la han ratificado, como es el caso de Estados Unidos. Esta convención abordó el impacto negativo de las actividades humanas sobre la biodiversidad, siendo el acuerdo internacional más importante en cuanto al mantenimiento, conservación y protección de la biodiversidad. Además, fue la primera vez que se alcanzó un acuerdo global unificador que reconocía a la biodiversidad como un interés común para la humanidad (Gaston y Spicer, 1998).

Las amenazas que causan la pérdida de la biodiversidad son muy diversas, como se muestra en la Figura 2. Entre ellas, destaca la pérdida y fragmentación de los hábitats por la deforestación, la urbanización y la conversión de tierras para la agricultura (cambios en el uso del suelo), ya que la reducción de hábitats naturales impide que las especies se desplacen y accedan a recursos vitales, e incluso puede



Figura 2. Amenazas de la biodiversidad. Fuente: Elaboración propia.

llegar a afectar al flujo genético entre la descendencia de las especies. Otra causa significativa de pérdida de biodiversidad es la acidificación de los océanos, provocada por el aumento del dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, lo que hace que el agua de los océanos absorba exceso de CO₂, disminuyendo su pH. Esto afecta de forma directa e indirecta a las especies marinas, como sucede con la disminución de las poblaciones de crustáceos debido a la menor disponibilidad de carbonato cálcico (CaCO₃) necesario para la formación de sus conchas. La sobreexplotación de recursos naturales, como la sobrepesca, la caza excesiva y la recolección de animales y plantas también contribuye a la disminución de la biodiversidad, así como, los cambios en los ciclos biogeoquímicos (nitrógeno, fósforo y carbono) causados por actividades humanas, como la agricultura intensiva y la quema de combustibles fósiles, que afectan la fertilidad del suelo, así como a la calidad del agua y de la atmósfera. Los seres vivos no se distribuyen uniformemente en el planeta, pudiendo haber en determinadas regiones una concentración de organismos. Por otro lado, las áreas con gran riqueza de especies no necesariamente coinciden con las zonas con mayor número de especies endémicas, que son aquellas que se encuentran en un lugar o región específica (Santillan, 2020). En 1998, el ecólogo británico Norman Myers utilizó por primera vez el término de *hotspot* o puntos calientes de biodiversidad, para referirse a regiones con altas concentraciones de especies endémicas que se enfrentan a la destrucción de sus hábitats, causada principalmente por actividades humanas. Inicialmente, Myers identificó 10 puntos críticos que cumplían estas características en el mundo (Myers, 1988). En 1990, este número aumentó a 18, y en el año 2000, un artículo publicado junto con la organización medioambiental de Conservación Internacional incrementó la cifra a 28. Este artículo es importante porque incorporó la biogeografía, reconociendo que las especies de plantas y animales están distribuidas de manera curiosa. Ya en 2020, Conservación Internacional actualizó el número de *hotspots* a los 36 que existen actualmente, entre los que se encuentran la Cuenca Mediterránea y la Macaronesia.

La Cuenca Mediterránea alberga aproximadamente 25.000 especies de flora, de las cuales el 60% son endémicas (UICN, 2023). En ella se distinguen dos áreas principales de diversidad vegetal, una oriental que engloba a Turquía y a Grecia, y otra occidental, que comprende a Marruecos y a la Península Ibérica y dentro de esta última, destacan las zonas de clima semiárido del centro y sur de la provincia Alicante, consideradas las de mayor concentración de especies endémicas de la Península Ibérica. La gran mayoría de los endemismos observados en la provincia se encuentran gravemente amenazados, como sucede con *Limonium santapolense* o *Thymus hyemalis* (Martínez y col., 2005), especies que deben protegerse debido a la riqueza que aporta a la diversidad en España.

Según el último informe de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), de las 157.190 especies evaluadas a nivel mundial para la Lista Roja de Especies Amenazadas, el 28% están amenazadas (MITECO & UICN Comité Español, 2023). Esta lista, establecida en 1964, se ha consolidado como la fuente más completa a nivel mundial sobre el estado de conservación de especies de animales,

hongos y plantas. Actúa como un indicador clave de la salud global de la biodiversidad y más allá de ser un inventario de especies y sus estados, es una herramienta crucial para informar y estimular acciones de conservación de la biodiversidad y la implementación de cambios en políticas, esenciales para proteger los recursos naturales necesarios para la supervivencia humana. Proporciona datos detallados sobre la distribución geográfica, el tamaño poblacional, la ecología del hábitat, las amenazas y estrategias de conservación, proporcionando una base científica para la toma de decisiones en conservación y protección de la biodiversidad. En esta lista, las especies se catalogan desde las que necesitan menos atención (Preocupación Menor) hasta las que se encuentran extintas (Extinto).

A nivel global, las plantas constituyen el taxón más amenazado. Según la UICN, un total de 400 especies vegetales se encuentran en las categorías más elevadas de riesgo. Estas especies son principalmente autóctonas, es decir, pertenecen al lugar en el que se encuentran, pero pueden encontrarse fuera de su lugar de origen. Entre las especies destacadas se encuentran el helecho del género *Asplenium* y diversas especies de plantas de los géneros *Limonium* y *Silene*. Y en los últimos años, al aumentar el interés por conocer si las algas también sufren pérdida de diversidad, se han ido incorporado a este listado algunas especies, principalmente especies marinas de la clase Phaeophyceae (algas pardas) como *Desmarestia tropica* (Miller y col, 2007) pero a fecha de hoy, son muy pocas las especies evaluadas (18) si las comparamos con las especies de flora (66535) y fauna (89856).

En España, también se ha implementado la Lista Roja de Especies Amenazadas, donde se han catalogado un total de 9.073 especies. Entre ellas, 193 se encuentran en peligro crítico, 418 en peligro y 493 son vulnerables. A pesar de que la flora sea el grupo taxonómico más amenazado, también es el menos protegido, ya que hay 106 especies de plantas catalogadas como en peligro crítico que no están protegidas por ningún catálogo del territorio español, como muestra la Figura 3. Un ejemplo de especie

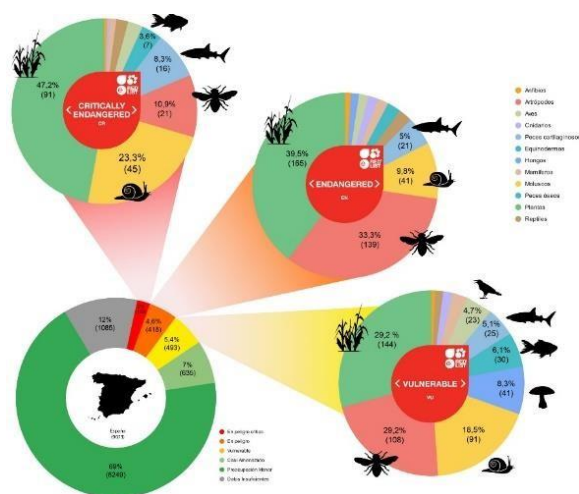


Figura 3-Situación de las especies en España. Fuente: UICN.

vegetal que se encuentra en peligro crítico de extinción y sí está protegida, contando con un plan de recuperación, puede ser *Cistus heterophyllus* (Jara de Cartagena) (UICN, 2023).

A nivel europeo, se han desarrollado programas e iniciativas para conservar y proteger la biodiversidad, entre ellas la Agenda 2030, que establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Uno de los objetivos destacados es el ODS 15, referente a "Vida de ecosistemas terrestres". Este objetivo se centra en proteger, restaurar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques, combatir la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de biodiversidad (Cumbre de los ODS, 2023).

A nivel nacional, destacan otras iniciativas como la Legislación Nacional de Conservación de la Biodiversidad (BOE-A-2007-21490), la cual define políticas y acciones específicas para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad en el país. Esta legislación identifica áreas clave para la conservación y la promoción de la investigación científica y educación ambiental. Además, cada comunidad autónoma cuenta con su propia legislación ambiental y puede establecer áreas protegidas mediante el desarrollo de planes de conservación y gestión específicos. Estas acciones incluyen programas de monitorización y seguimiento de la biodiversidad para identificar posibles amenazas, tomar medidas correctivas y llevar a cabo programas de educación ambiental y sensibilización pública. Por ejemplo, cada comunidad autónoma puede desarrollar su propia Lista Roja, que incluye especies de flora y fauna presentes en su territorio, como sucede con el Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas (Generalitat Valenciana, 2023), que evalúa el estado de conservación de las especies que habitan en sus entornos. Otras estrategias de conservación se muestran en la Figura 4.



Figura 4- Estrategias de conservación. Fuente: elaboración propia.

Los parques naturales protegidos son otra estrategia de conservación de la biodiversidad, que según Corraliza y col. (2002) nacieron con la filosofía de permitir y compatibilizar los tres ejes sobre el que asienta este tipo de espacios: la conservación del medio natural y su biodiversidad, el aprovechamiento ordenado de los recursos y el uso público de la naturaleza.

En España, hay una gran cantidad de espacios naturales, siendo uno de los países de Europa con mayor terreno protegido. Según la IUCN, un Espacio Natural Protegido es un área geográfica definida, reconocida, dedicada y gestionada mediante medios legales, con el objetivo de una conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ambientales.

La ley que regula estos espacios es la Ley 42/2007, que en su Capítulo II establece que para que un entorno sea considerado espacio natural protegido, debe contener sistemas o elementos naturales representativos, singulares, frágiles, amenazados o de especial interés ecológico, científico, paisajístico, geológico o educativo, y estar dedicados a la protección y el mantenimiento de la diversidad biológica, la geodiversidad y los recursos naturales y culturales asociados. Estos espacios naturales se clasificarán en: Parques, Reservas Naturales, Áreas Marinas Protegidas, Monumentos Naturales, Paisajes Protegidos (Ley 42/2007 BOE-A-2007-21490).

En la actualidad, en España se han identificado 900 espacios naturales protegidos, entre los cuales 13 han sido catalogados como parques nacionales y 128 como parques naturales, regionales o rurales (Figura 5). Además, el 22% del territorio español forma parte de la red Natura 2000, un conjunto de áreas protegidas establecidas para conservar la biodiversidad y los hábitats naturales en Europa (Boletín de la A.G.E nº 39, 2005). El territorio ocupado por parques y paisajes protegidos en España constituye el 76.6% de la superficie total protegida, siendo los parques naturales los más abundantes, con 109 espacios protegidos distribuidos en más de mil municipios (93/42/CEE, 1992). En la Comunidad Valenciana, se encuentra una superficie protegida de 23.255 km², lo que representa el 9% del total de

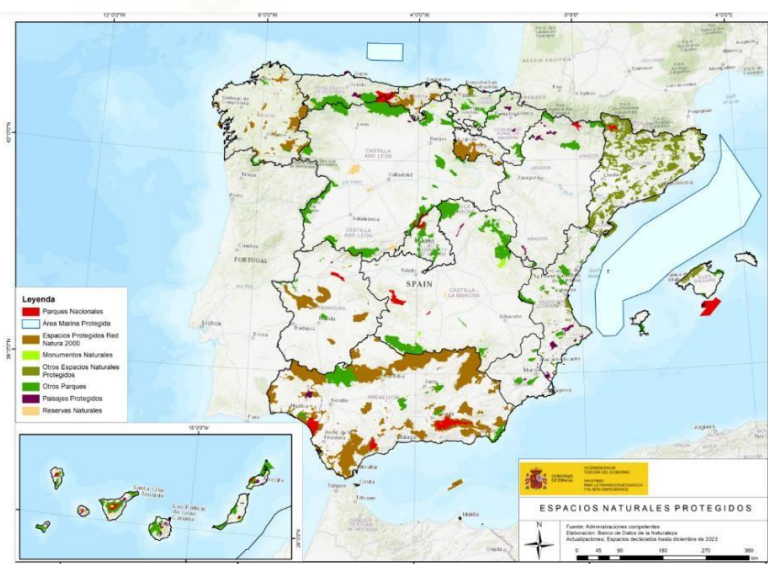


Figura 5. Espacios protegidos de España. Fuente: MITECO.

la superficie protegida en España. Esta área incluye parques naturales como el Carrascal de la Font Roja, las Lagunas de la Mata o las Salinas de Santa Pola, reservas naturales como del Cabo de San

Antonio, o parajes naturales municipales como Los Clots de la Sal de Novelda, todos ellos situados en la provincia de Alicante.

Algunos de los espacios naturales mencionados anteriormente presentan condiciones ambientales extremas, donde se desarrollan ecosistemas únicos en los que las especies que se ven obligadas a desarrollar adaptaciones para sobrevivir. Este tipo de ambientes se caracterizan por tener parámetros con rangos extremadamente altos o bajos de temperatura, radiación, presión, alcalinidad, disponibilidad de agua, salinidad, concentración de solutos, dióxido de carbono o azufre. Además, se enfrentan a diversas amenazas que pueden provocar la degradación o pérdida de estos ecosistemas. Por ejemplo, son sensibles a la variabilidad climática, el aumento de la temperatura y la intensificación de fenómenos como sequías, lo que puede provocar desequilibrios ecológicos significativos y comprometer la adaptabilidad de las especies a estos entornos extremos. Además, la fragmentación del hábitat, la urbanización descontrolada o la introducción de especies invasoras hacen que las especies endémicas o adaptadas a condiciones extremas sean especialmente vulnerables a estos cambios. Otras amenazas que sufren estos hábitats se pueden observar en la Figura 6.



Figura 6. Amenazas de ambientes extremos. Fuente: Elaboración propia.

La conservación de estos hábitats es crucial para preservar la biodiversidad y proteger las especies que dependen de ellos para su supervivencia. Un ejemplo claro son las zonas semiáridas e hipersalinas del Sureste Español, donde encontramos plantas halófitas adaptadas a vivir en ambientes con alta concentración de sales. Estos entornos incluyen marismas y saladares, en los que las plantas prosperan al desarrollar adaptaciones morfológicas, fisiológicas y bioquímicas que les permiten tolerar y crecer en condiciones de alta salinidad.

En España, la importancia ecológica y la abundancia de estos ambientes han llevado a la realización de numerosos estudios sobre sus hábitats salinos y la vegetación halófitas correspondiente. Un ejemplo

destacado de estos ambientes es el de las Salinas de Santa Pola en Alicante, donde se puede observar la riqueza y diversidad de estas plantas, destacando *Limonium santapolense*, especie que únicamente habita en este espacio natural. Pero todavía existen numerosos entornos naturales que no han recibido la misma atención como sucede en los Clot de Sal en Novelda. Por otro lado, los estudios de biodiversidad existentes se han centrado en la vegetación halófila, habiendo poca o ninguna información sobre algas como las diatomeas y cianobacterias, a pesar del papel fundamental que desempeñan como productores primarios de los ecosistemas.



ANTECEDENTES.

Se han llevado a cabo acciones de protección para evitar la pérdida de diversidad de la flora, como la elaboración de Listas Rojas de Especies Amenazadas exclusivamente de flora vascular. Pero a pesar de ello, alrededor del 48% de las especies en Peligro Crítico son plantas y la situación es mucho peor para las algas y cianobacterias que han recibido una menor atención. De modo que, las acciones de protección son insuficientes y menos prioritarias en comparación con la fauna, lo que refleja una falta de apoyo de las instituciones dedicadas a la conservación de la biodiversidad (MITECO & UICN Comité Español, 2023).

Los estudios que se han realizado sobre la flora en España se han enfocado principalmente en trabajos florísticos como el realizado por Cabezudo y col., (2022), que es el primer catálogo sobre la flora vascular del Parque Natural de la Sierra de las Nieves de Andalucía, o bien trabajos enfocados al desarrollo de estrategias globales para la conservación de la flora amenazada (Muñoz-Rodríguez y col., 2016; Rodríguez-Rodríguez y col., 2018). En menor medida, se han desarrollado trabajos en zonas áridas o semiáridas, donde la vegetación halófila es representativa. La mayor parte de estos estudios se centran en el interior del país, como en Andalucía (Bueno y col., 2020; Vicente y col., 2020) y en Albacete, donde destacan los trabajos realizados por Moreno sobre el género *Limonium* en los Saladares de Cordovilla, Agramón y Laguna de Alboraj (Moreno y col., 2018) o estudios de divulgación enfocados en la importancia ecológica de estas especies, y de la estructura ecológica y funcional de las comunidades vegetales en ambientes salinos mediterráneos (Moreno, 2018).

En la provincia de Alicante, los estudios florísticos también se han centrado en la vegetación halófila. Se han focalizado, por ejemplo, en Santa Pola, como se evidencia en el trabajo de Ventosa y col., (2014) estudiando el *Limonium santapolense* (Monllor y col., 2018; Al Hassan y col., 2017) o en la Serra Gelada estudiando la *Linaria arabiniana* (Crespo y col., 1994). Sin embargo, existen muchas áreas con características similares de las cuales no se han realizado suficientes estudios, como la Laguna Salada de Calpe o el recientemente nombrado Paraje Natural Municipal de Novelda, los Clots de la Sal.

Los estudios sobre flora algal se centran principalmente en macroalgas marinas, como se evidencia en el trabajo de Schroeder (2019) o en el estudio sobre algas bentónicas marinas del norte de España realizado por Calvo y col., (1999). En cuanto a las cianobacterias, se ha realizado numerosos estudios taxonómicos, toxicológicos o diversidad en una amplia variedad de hábitats como en ríos calcáreos (Berrendero y col., 2008, Mateo y col., 2010, Berrendero y col., 2016), embalses (Cires y col., 2020, Asencio, 2013) o en cuevas (Asencio, 2010). También se han realizado trabajos en áreas áridas o semiáridas, donde se han estudiado la diversidad de cianobacterias que forman costras biológicas. Destaca, por ejemplo, el trabajo de Roncero-Ramos y col., (2019), el cual aborda la restauración de

suelos secos en España utilizando la cepa de cianobacteria *Noctoc* sp. Asimismo, se han llevado a cabo investigaciones sobre la diversidad de microalgas simbióticas en costras de suelos yesíferos de la Península Ibérica, como lo evidencia el estudio realizado por Moya y col., (2020).

Aunque se han realizado numerosos estudios sobre cianobacterias, que han supuesto un avance significativo en el conocimiento de la diversidad de este grupo, todavía faltan por explorar lugares como las regiones áridas y semiáridas o zonas hipersalinas, ambientes extremos en los que las cianobacterias tienen que enfrentarse a una serie de amenazas significativas. Además, el aumento global de las condiciones áridas y secas debido al impacto del cambio climático y el aumento de la presión humana, afectará a nuestro medio ambiente, hecho que plantea desafíos sin precedentes para la supervivencia de las cianobacterias. Por eso es crucial reconocer su papel fundamental en el ecosistema e identificarlas con el fin de preservar su diversidad en el entorno en el que habitan.

OBJETIVOS.

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es mejorar nuestro conocimiento sobre la flora algal y vascular de ambientes salinos del sureste de España como los Clots de la Sal, prestando un mayor interés a las cianobacterias presentes en este tipo de ambiente, con el propósito de preservar este entorno tras su reciente declaración como Paraje Natural Municipal, que implica entre otras amenazas una mayor afluencia de visitantes.

Objetivos específicos.

- ✓ Estudiar la diversidad de la flora algal mediante un inventario detallado de las especies de cianobacterias y diatomeas presentes en los Clots de la Sal.
- ✓ Evaluar la diversidad de la flora vascular en este paraje natural, identificando las especies existentes.
- ✓ Analizar el impacto del turismo en la biodiversidad de flora algal y vascular, observando los cambios a lo largo del tiempo.
- ✓ Comprobar la variación de la biodiversidad de la zona de estudio en el tiempo, comparándola con estudios anteriores.

MATERIALES Y METODOS.

A. Búsqueda bibliográfica.

Antes de realizar la búsqueda bibliográfica de artículos y estudios científicos, se ha elaborado un mapa conceptual para determinar las palabras claves, que servirán de guía para realizar este trabajo. Así, se han identificado como temas relevantes los relacionados con la importancia de la biodiversidad, centrándose en la flora, las amenazas que enfrenta, las figuras de protección de los espacios naturales y los ambientes extremos, especialmente la flora halófila y las microalgas como las cianobacterias que habitan en climas áridos y semiáridos, como es el caso de Alicante.

Las palabras clave empleadas se muestran en la Figura 7, entre ellas destacan “biodiversidad”, “flora halófila”, “ambientes hipersalinos”, “clima semiárido” y “cianobacterias”.

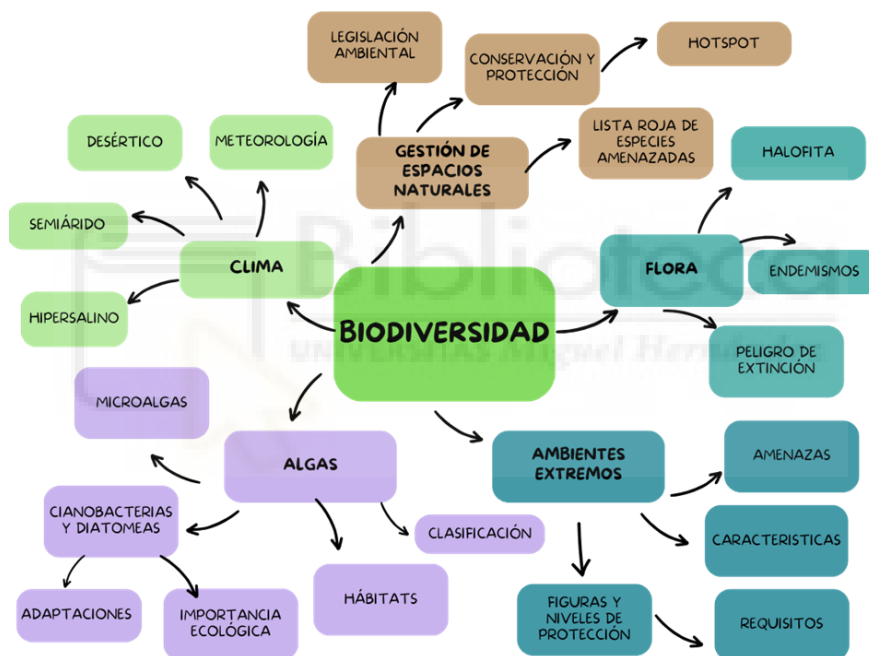


Figura 7. Mapa conceptual del trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Se utilizaron diversas fuentes de información, incluyendo bases de datos científicas como Web of Science, Google Scholar, y el gestor bibliográfico Mendeley, con biblioteca propia del grupo de investigación. También, se ha consultado páginas web de instituciones académicas y científicas relevantes, como AEMET (Agencia Estatal de Meteorología), junto a páginas web de instituciones gubernamentales e institucionales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Generalitat Valenciana, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), la UICN y el Boletín Oficial del Estado (BOE). Además, se ha recibido información por parte del Ayuntamiento de Novelda y su concejalía de Medio Ambiente. La búsqueda se realizó en idioma español e inglés, para garantizar la inclusión de estudios relevantes para el tema a investigar.

B. Descripción de la zona de estudio.

Se ha seleccionado como área de estudio los Clots de la Sal en Novelda, ubicada en el sureste español, en la provincia de Alicante, como se muestra en la Figura 8A. Este lugar atraviesa las sierras subbéticas valencianas, por donde fluye el río Vinalopó en su tramo medio, como se aprecia en la Figura 8C. El límite septentrional del área lo conforman las Sierras de las Pedrizas y el Cid, mientras que el límite occidental está marcado por la Sierra de Horna, y en el centro de la zona se encuentra el Cerro de la Mola. El clima de esta región es mediterráneo árido, con una precipitación media de 315,7 litros por año, y se encuentra en una altitud de 241 metros sobre el nivel del mar.



Figura 8. (A) Ubicación en España, (B) Ubicación del Clot Negro, (C) Vista aérea del Clot Negro.

Fuente: Elaboración propia.

El Paraje Natural Municipal consta de dos lagunas diferentes: el Clot Roig y el Clot Negro (Figura 8B). Este estudio se enfoca en el Clot Negro, que tiene un caudal aproximado de 20 a 30 L/s. Las aguas en este lugar son hiposulfurosas y se caracterizan por la presencia y diversidad de cianofíceas. Estas aguas tienen su origen en un acuífero que tiene una superficie de 7 km². Los límites del acuífero están definidos por afloramientos o subafloramientos diapíricos triásicos, que constituyen las barreras naturales del acuífero. La descarga de agua a través de esta fuente es directamente consecuencia de una falla (I.G.M.E., 1982).

En cuanto a la geología, el área está compuesta principalmente por materiales como arenisca, margas y calizas. Se destacan los glaciares cuaternarios, las arcillas triásicas del Keuper y las formaciones superficiales como los aluviones y los abanicos, formados por la escorrentía superficial. Y durante muchos años, la población de Novelda ha utilizado estas pozas con fines recreativos e incluso terapéutico, basándose en creencias antiguas sobre las propiedades químicas que ayudan a tratar enfermedades de la piel (Pérez, 1885).

Los Clots representan los hábitats más valiosos de Novelda debido a sus numerosos endemismos. Destaca la presencia de un coleóptero acuático endémico del sureste español que habita en medios hipersalino. En cuanto a la fauna, se pueden avistar diversas especies, incluyendo murciélagos, el sapo partero (*Alytes obstetricans*), la lagartija colirroja (*Acanthodactylus erythrurus*), la culebrilla ciega

(*Blanus cinereus*), el Búho real (*Bubo bubo*) o el mochuelo europeo (*Athene noctua*), entre otras. Además, dentro de este entorno natural, se pueden encontrar especies de plantas protegidas, tales como *Astragalus hispanicus*, *Bupleurum gibraltarium*, *Dictamnus hispanicus* y *Hypericum ericoides*, entre muchas otras.

La información obtenida sobre el clima de este paraje natural ha sido obtenida de páginas web oficiales como AEMET, en la estación meteorológica de Novelda, comparando los datos con Meteoblue. Para la información sobre la fauna, geología e hidrología, se ha recurrido a la documentación facilitada por el ayuntamiento.

C. Realización muestreos.

Con el fin de conocer la biodiversidad de cianobacterias, diatomeas, y la flora vascular del Clot Negre, se llevaron a cabo dos muestreos, uno realizado en marzo de 2022 y el otro en octubre de 2023. En la Figura 9 se observa una vista panorámica de la zona donde se recogieron muestras de agua para los análisis físico-químicos y material biológico en ambas campañas de muestreo, mientras que sólo en el segundo muestreo, que fue en el que participe, se recogieron también muestras de flora vascular.



Figura 9. Zona de muestreo del Clot Negre. Fuente: Elaboración propia.

Durante los muestreos, el primer paso fue la recogida de muestras de agua. Para ello, se seleccionó el centro de la poza como único punto de muestreo. El procedimiento es el siguientes: se sumergió un bote de polietileno de boca ancha con tapa y obturador de 1 litro de capacidad, ligeramente inclinado en contra de la dirección de la corriente para evitar en la medida de lo posible el burbujeo al llenarlo. Parte del agua se filtró en el lugar utilizando un filtro de 0,22 micra y otra parte se guardó sin filtrar en botes de polietileno de 50 cc. Es fundamental que previamente al muestreo, todos los recipientes sean lavados con una solución de HCl 10% en el laboratorio para evitar la contaminación de la muestra y una vez en el lugar de muestreo, es necesario realizar lavados con agua de la poza del bote de recogida

del agua. Todas estas muestras se almacenaron en una nevera portátil con bloques de hielo para mantener las muestras frías hasta su transporte al laboratorio.

Para la recogida de material biológico, se seleccionó un fragmento de tapete microbiano situado al borde del riachuelo principal que conecta el Clot Negre con el río Vinalopó, como se muestra en la Figura 10A. Dado que el tapete microbiano suele estar bastante adherido al suelo, se utiliza una pala para cortar el fragmento y recogerlo. Posteriormente, se guarda el material biológico recogido en una bolsa hermética y se almacena en una nevera que permita mantener una temperatura constante de 4°C, evitando su degradación hasta la llegada al laboratorio.



Figura 10. Recogida de material biológico y flora vascular. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la flora vascular, se documentó la vegetación que rodeaba la poza y los alrededores del Clot. Se tomaron fotografías, registrando en una plantilla el número de foto, el punto de referencia donde se tomó la fotografía y la especie vegetal correspondiente. Algunas especies se identificaron en el lugar del muestreo con la ayuda de guías taxonómicas como el Manual para la determinación de la flora valenciana (Mateo y Crespo, 2009), las Claves de flora ibérica plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares (Castroviejo, 2001) y La vegetación y el paisaje en las tierras valencianas (Costa, 1999). Con las especies que no se pudieron identificar *in situ*, se tomaron muestras para su posterior identificación en el laboratorio, como se observa en la Figura 10B.

D. Análisis de material algal.

Una vez en el laboratorio, los tapetes microbianos recogidos fueron fotografiados y se les asignó un código para su identificación. Con la ayuda del bisturí se raspó la zona del tapete con mayor concentración de cianobacterias (señalada en la Figura 11 con una flecha). El material extraído se suspendió en 20 ml de medio de cultivo CHU nº 10 modificado sin nitrógeno (Chu, 1942), que es un medio de cultivo específico para cianobacterias y con baja concentración de nutrientes, especialmente de nitrógeno y fósforo. La Tabla 1 muestra su composición.

Tabla 1. Composición del medio de cultivo Chu No.10D. Fuente: Elaboración propia.

COMPONENTES	MEDIO DE CULTIVO Chu No.10D
$K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$	0.023mM
Na_2 -EDTA	0.010mM
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.101mM
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	0.244mM
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	0.009mM
$NaHCO_3$	0.188mM
H_3BO_3	11.56 μ M
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	0.229 μ M
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.193 μ M
$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	0.028 μ M
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.079 μ M
$CoSO_4 \cdot 7H_2O$	0.037 μ M

Este medio de cultivo se elabora en condiciones estériles, utilizando reactivos de alta pureza, agua destilada y materiales previamente esterilizados. A cada medio se le puede agregar el antibiótico cicloheximida, alcanzando una concentración final de 0,1 g/L en el medio. Este antibiótico actúa sobre células eucariotas, inhibiendo el crecimiento de hongos, levaduras y algas verdes, lo que favorece el desarrollo de cianobacterias, haciéndolas más competitivas. Se esteriliza mediante filtros estériles con un diámetro de 0,2 μ m. Debido a que la cicloheximida se degrada fácilmente a altas temperaturas, se añade al medio una vez que este se ha enfriado tras el proceso de autoclavado (Elosegi, A y col., 2009).



Figura 11. Tapete microbiano. Fuente: Elaboración propia.

El material biológico suspendido se homogeneizó para preparar diferentes alícuotas de concentración similar. Una de ellas se fijó con formol a una concentración final del 4% y se guardó en oscuridad a 4°C para la posterior observación al microscopio. Otra de las alícuotas, se transfirió a tubos tipo Eppendorfs de 2ml. Estas muestras se centrifugaron para eliminar el sobrenadante y guardar el pellet resultante a

-80°C para los análisis moleculares. Por último, una tercera alícuota se guardó a 4°C para realizar los aislamientos de las cianobacterias en distintos tipos de cultivo.

En este estudio se utilizó únicamente la alícuota fijada con formol para su observación al microscopio óptico, *Euromex Microscopen BV*, modelo 3036, equipado con una cámara fotográfica, lo que permitió tomar fotografías mediante el programa *ImageFocus* de las cianobacterias y diatomeas presentes en las muestras, para proporcionar una idea preliminar de la diversidad que se puede encontrar en los tapetes microbianos estudiados. Una vez completado este proceso, se lleva a cabo la identificación de las especies observadas con la ayuda de guías taxonómicas específicas de cianobacterias (Komárek y Anagnostidis, 1999; Komárek y Anagnostidis, 2005; Komárek 2013) y de diatomeas (Prygiel, J., y Coste, M, 2000), así como páginas web especializadas, como la base de datos en línea de géneros de cianobacterias CyanoDB2 (Hauer y Komárek, 2023) y galería de imágenes de ficología del grupo de Botánica de la Universidad de Bohemia del Sur (Phycology.cz).

E. Análisis de la flora vascular.

En lo que respecta a las muestras de flora terrestre recolectadas en la zona de estudio y que no se pudieron identificar en el lugar, se transportan al laboratorio en papel para evitar su deterioro. Utilizando guías taxonómicas específicas de la flora mediterránea, se procede a su identificación. Posteriormente, se registran las especies identificadas en una tabla que será detallada en la sección de resultados.

F. Análisis físico-químicos del agua.

Las muestras de agua recogidas de la poza se transportan al laboratorio en una nevera para conservar la temperatura. Una vez en el laboratorio, se congela en el ultracongelador a -80°C tanto el agua filtrada *in situ* como el agua sin filtrar, con el fin de preservarlas para análisis y estudios futuros.

Una parte del agua filtrada de la poza se envió al laboratorio del Servicio de Apoyo Técnico a la Docencia y a la Investigación (SADTI), de la propia Universidad Miguel Hernández, ubicado en el Campus de Orihuela. Se analizaron las muestras mediante cromatografía iónica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

A.-Climatología.

El Clot Negre es una de las pozas que forman parte del Paraje Natural Municipal “Clots de la Sal y Monte de la Mola”. Su aparición cerca del margen izquierdo del río Vinalopó parece que puede ser debida a la existencia de una falla que facilita que las aguas subterráneas salgan a la superficie en ese punto (Memoria Justificativa. Propuesta de declaración del Paraje Natural Municipal “Clots de la Sal y Monte de La Mola”, 2014). De hecho, en el segundo muestreo, se observaron pequeños charcos de apenas 20 cm alrededor del Clot Negre, donde se observaba un pequeño burbujeo, igual al que se había observado en el centro del propio Clot.

Para conocer la climatología de la zona de estudio, se han recopilado los datos meteorológicos de la estación meteorológica más cercana situada en el núcleo urbano de Novelda. Los datos recopilados corresponden a las temperaturas y precipitaciones de los años 2022 y 2023, para englobar los dos muestreos realizados. Estos datos son presentados en las Figuras 12 y 13.

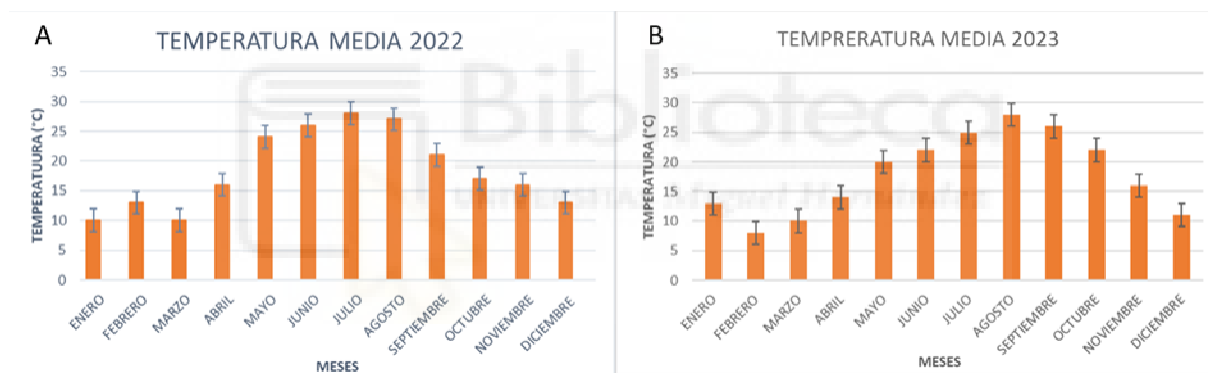


Figura 12. Temperatura media mensual promedio y desviación (A) en 2022; (B) en 2023.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura anterior, en cuanto al año 2022 (Figura 12A), las temperaturas se encuentran entre los 10°C en enero, hasta los 28°C en julio. Reflejando la típica climatología del área mediterránea, caracterizada por ser fresca en invierno y calurosa en verano. En el año 2023, las temperaturas oscilaron desde los 8°C en febrero hasta los 28°C en agosto, como se muestra en la Figura 12B, reflejando también, la típica climatología del área mediterránea. En cuanto a la diferencia de temperaturas medias entre los años 2022 y 2023, y a pesar de ser muy similares, destaca el cambio observado en febrero de 2023, donde hay una disminución de temperatura.

A lo largo de los años, se ha observado variaciones en la temperatura en el municipio de Novelda. Destaca una temperatura mínima absoluta de -1,5°C en febrero de 2012, mientras que se registró una

temperatura máxima absoluta de 43,5°C en julio del 2022, según datos históricos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

Un estudio realizado en el año 1885 por el Médico Recacedo Pérez Bernabéu sobre los Clots de la Sal de Novelda proporciona datos sobre las temperaturas registradas en la zona de estudio en ese año, como se puede observar en la Tabla 2. Estos datos son expresados como temperatura media mensual, tomada a las 9 de la mañana de cada día durante 5 temporadas, utilizando exclusivamente los datos de los meses de verano. Durante estas temporadas, los veranos fueron bastante secos, aunque se destaca que el mes de agosto siempre resulta más caluroso y seco, con la excepción del año 1885, en el que se registraron muchas precipitaciones (Pérez, 1885). El año con las temperaturas más altas fue 1881, alcanzando una media de 30°C en agosto, mientras que en 1880 se registraron las temperaturas más bajas de este estudio.

Tabla 2. Temperatura media de los años 1880-2023 y media de las temperaturas por temporada.

AÑO	MESES	TEMPERATURA MEDIA(°C)	MEDIA DE TEMPERATURAS (°C)
1880	JUNIO	22	24
1880	JULIO	22	
1880	AGOSTO	27	
1880	SEPTIEMBRE	25	
1881	JUNIO	20	25,25
1881	JULIO	29	
1881	AGOSTO	30	
1881	SEPTIEMBRE	22	24,25
1882	JUNIO	21	
1882	JULIO	26	
1882	AGOSTO	27	
1882	SEPTIEMBRE	23	24,25
1883	JUNIO	20	
1883	JULIO	26	
1883	AGOSTO	27	
1883	SEPTIEMBRE	24	25
1884	JUNIO	22	
1884	JULIO	27	
1884	AGOSTO	27	
1884	SEPTIEMBRE	24	25,75
2022	JUNIO	26	
2022	JULIO	28	
2022	AGOSTO	27	
2022	SEPTIEMBRE	22	26,75
2023	JUNIO	26	
2023	JULIO	29	
2023	AGOSTO	28	
2023	SEPTIEMBRE	24	

La Tabla 2, además de mostrar las temperaturas medias obtenidas en el estudio de 1885, incluye las temperaturas medias estudiadas en los dos años en los que se realizaron los muestreos (2022 y 2023). Como podemos observar los meses con las temperaturas más elevadas están resaltados en rojo, y los meses con las temperaturas más bajas están en azul, dejando los datos intermedios en blanco.

También contiene la media de las temperaturas de cada temporada, lo que nos permite evaluar el aumento gradual de la temperatura a lo largo de los años.

Al calcular la media de todas las temporadas, y compararlas, se aprecia un incremento gradual de las temperaturas desde el año 1880 hasta 2023, con la excepción de 1881. No existen datos suficientes ni otros estudios que sugieran el motivo por el cual el año 1881 experimentó temperaturas tan altas en contraposición con los años anteriores y posteriores de esa época.

En relación con las precipitaciones de 2022, como se puede observar en la Figura 13A, el mes con mayor cantidad de precipitaciones es marzo, mientras que el mes con menor precipitación es agosto. Estos datos son característicos del clima mediterráneo, donde se esperan numerosas precipitaciones durante los meses de invierno en comparación con los meses de verano, que suelen ser mucho más secos.

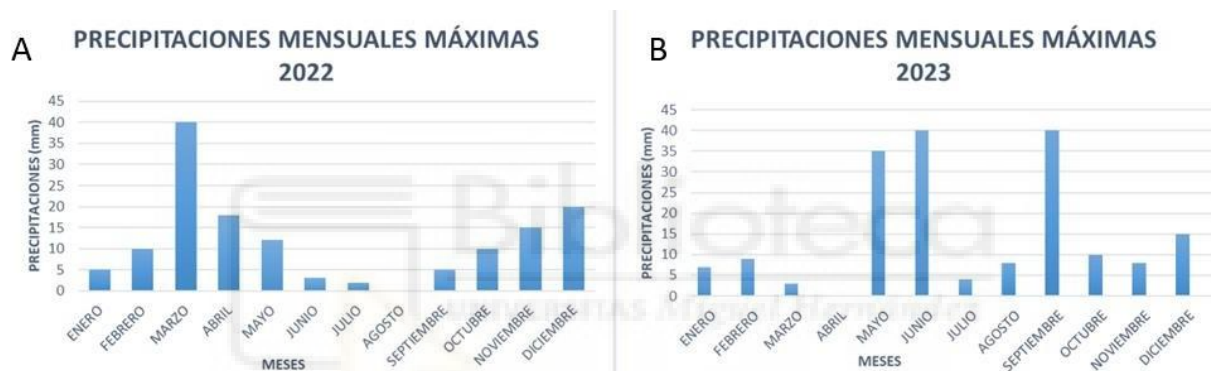


Figura 13. Precipitaciones máximas mensuales (A) en 2022; (B) en 2023. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al año 2023, se registran los datos mostrados en la Figura 13B, donde las precipitaciones mensuales máximas de los meses con mayor cantidad de precipitaciones son junio y septiembre mientras que el mes con menos precipitaciones es abril. El cambio brusco entre meses cercanos, pasando de 0 mm de precipitaciones a 40 mm, es representativo del clima semiárido de Alicante.

Destaca la gran diferencia de precipitaciones entre los años 2022-2023, ya que, en 2022 como se ha explicado anteriormente, las precipitaciones fueron más numerosas en invierno que en verano, mientras que en 2023 sucede lo contrario.

Se dispone de poca información sobre las precipitaciones de los años 1880-1884 del estudio mencionado anteriormente, ya que no se contaba con los medios suficientes para su registro. En la Figura 14 se presenta una tabla del propio estudio donde se detallan los días de lluvia durante los meses de las temporadas. Según el estudio, se observaron inviernos y primaveras con escasas precipitaciones, así como veranos breves con algunas tormentas intensas. Por otro lado, en otoño se registraron lluvias hacia finales de septiembre y principios de octubre.

TEMPORADAS	lujiosos.	
1880 {	Junio	1
	Julio	1
	Agosto . . .	4
	Setiembre	2
1881 {	Junio	1
	Julio	3
	Agosto . . .	»
	Setiembre	3
1882 {	Junio	3
	Julio	4
	Agosto . . .	3
	Setiembre	2
1883 {	Junio	3
	Julio	2
	Agosto . . .	1
	Setiembre	»
1884 {	Junio	8
	Julio	3
	Agosto . . .	1
	Setiembre	7

Figura 14. Días lluviosos en los Clots de la Sal desde el año 1880 hasta 1884. Fuente: Pérez (1885)

En comparación con lo descrito en el estudio sobre las precipitaciones entre los años 1880 y 1884, se observa una diferencia notable en los inviernos. Mientras que la Figura 13 muestra que la temporada de invierno es la que registra mayor cantidad de precipitaciones, el estudio de 1885 menciona inviernos secos y con escasa lluvia.

B.-Resultados de los análisis del agua.

El Clot Negre presenta aguas claras, muy duras (7450 mg L-1 CaCO₃), con una conductividad de 174 μ Scm-1 y un pH próximo al 6,8. En cuanto a la temperatura del agua, los valores de la campaña de marzo(2022) y octubre (2023) fueron similares, 22°C y 21°C respectivamente.

Con respecto a la mineralización de las aguas, el Clot Negre posee una alta concentración de sales en disolución, de modo que las muestras tuvieron que ser diluidas antes de su análisis para no dañar el equipo de cromatografía iónica. Así, se obtuvieron valores altos de calcio de 1240 mg L-1 CaCO₃, pero sobre todo de sodio, con valores superiores a los 25400 mg/L (25,4 ‰), que están por encima de los valores del mar Báltico, que oscila entre 6 – 18 ‰, siendo valores más propios de aguas salobres y más bajos que los niveles de las aguas del Mar Mediterráneo que varía entre 36 y 39 ‰ (AEDyR, 2020)

Los valores de la alcalinidad total observados estuvieron entorno a los 230 mg/L CaCO₃, valor ligeramente superior al observado en las aguas potables. Respecto a la presencia de los iones de hierro y fósforo, ambos estuvieron por debajo del límite de detección. En cuanto a los iones de K⁺ en las aguas, el valor fue de 57 mg/L, para los iones de Mn²⁺ y de Zn²⁺ fueron de 46 mg/L y 0,137 mg/L, respectivamente. Todos estos valores corresponden al análisis de las aguas recogidas en marzo de 2022, puesto que los de 2023 todavía estamos a la espera de recibir los resultados.

En los estudios realizados sobre las aguas de los Clots de la Sal por parte de la Concejalía de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Novelda (Memoria Justificativa. Propuesta de declaración del Paraje Natural Municipal “Clots de la Sal y Monte de La Mola”, 2014), se analizaron las aguas del Clot Negro. Los datos físico químicos se muestran en la Figura 15. Los análisis mostraron que estas aguas contenían alrededor de 28 gramos de sal en un litro de agua, lo que llevó a clasificar estas aguas como cloruradas sódicas sulfurosas. Estos datos están relacionados con la constitución geológica de la zona, donde el agua atraviesa bancos de selenita cargándose de sulfato de cal y pasando por capas con sustancias orgánicas, lo que resulta en la cesión de parte del oxígeno y la formación de ácido carbónico. El azufre se combina con el calcio para formar sulfuro cálcico, y el ácido carbónico descompone parte del sulfuro, produciendo sulfuro de hidrógeno, parte del cual, se libera con el ácido carbónico y otra parte permanece disuelta en el agua. Además, la alta concentración de cloruros se debe a los depósitos de sal de las aguas salinas que quedan tras su evaporación.

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS:			
Temperatura:	20 °C		
Conductividad a 19,4 °C:	163,5 mS		
Conductividad a 25 °C:	183,5 mS		
Salinidad:	error de medida por saturación del aparato		
PH:	6,9		
Turbidez:	0		
Potencial Redox:	0,4531 V		
RH	29,42413		
RESIDUO SECO			
Residuo seco a 105°:	174.902 mg/L		
Residuo seco a 180°:	172.820 mg/L		
Residuo seco a 600°:	164.630 mg/L		
SUSTANCIAS DISUELTAS			
ANIONES			
Cloruros (Cl-):	93.651,3 mg/L	2641,903 meq/L	94,35 % meq
Bicarbonatos (HCO3-):	256,2 mg/L	4,199 meq/L	0,15 % meq
Nitratos (NO3-):	1,544mg/L	0,025meq/L	0% meq
Sulfatos (SO4=):	7397,1 mg/L	154,006 meq/L	5,50 %meq
CATIONES			
Sodio (Na+):	62.791 mg/L	2731,409 meq/L	94,31% meq
Potasio (K+):	459,9 mg/L	11,948 meq/L	0,41% meq
Litio (Li+):	0,53mg/L	0,076 meq/L	0% meq
Calcio (Ca++):	1741,45 mg/L	86,898 meq/L	3% meq
Magnesio (Mg++):	800,53 mg/L	65,876 meq/L	2,27% meq
Hierro (Fe++):	3,10 ppm (mg/L)		
PROPIEDADES DERIVADAS			
Dureza:	7645 mg/L C03Ca		
Alcalinidad :	210 mg/L C03Ca		

Figura 15. Análisis físico-químicos del agua. Fuente: Ayuntamiento de Novelda.

En el estudio de 1885 mencionado anteriormente, también se realizaron análisis físico-químicos de las aguas de Los Clots, que revelaron la presencia de aproximadamente 60 gramos de residuo salino por cada medio litro de agua. En este estudio se destaca un análisis de las aguas de los Clots que data de 1858 llevado a cabo por Manuel García Baeza. Los resultados se presentan en la Figura 16.

UN LITRO DE AGUA	CONTIENE:
Gas sulfídrico disuelto en el agua.....	0'413 cúbicos.
Gas ácido carbónico y nitrógeno.....	Indicios.
Sulfato de sosa (anhidro).....	0'072 gramos.
id. de cal.....	0'102 »
Id. de magnesia.....	0'177 »
Bicarbonato de cal.....	0'084 »
Id. de magnesia.....	0'101 »
Alúmina y litina.....	0'114 »
Glerina ...	0'104 »
Silice.....	Indicios
Cantidad de sales en un litro	0'754 »

Figura 16. Análisis físico-químicos del agua en 1858. Fuente: (García, 1858)

Como se puede apreciar, los análisis realizados en 1885 y 1858, se centraron específicamente en la cantidad total de sales encontradas en las muestras, destacando la hipersalinidad de las aguas.

Este estudio destaca que ni los análisis realizados en 1885 ni los realizados en 1858 se realizaron al pie del Clot. Dudando así, de la veracidad de dichos análisis, ya que no daban explicación al sabor extremadamente salado que poseen las pozas. Además, la mineralización de las aguas no cuadraba con los resultados terapéuticos que se obtenían por entonces de estas pozas, ni con la mineralogía del terreno. Debido a estos inconvenientes realizaron de nuevo análisis del agua de los Clots junto con el licenciado en farmacia D. Ricardo Herrera, donde se demostró que un litro de agua evaporada contenía 28 gramos de producto salino, así como la abundante presencia de sulfatos y cloruros, que debido al sabor extremadamente salado de las aguas, suponen que estos en su mayoría se componen de sodio. Ante estos hechos, la Escuela de Minería realizó nuevos análisis de las aguas, verificando la presencia de 27 gramos de residuo salino en un litro de agua. Los resultados se muestran en la Figura 17.

UN LITRO DE AGUA	CONTIENE:
Acido sulfídrico.....	31 centímetros cúbicos.
Sulfato cálcico.....	1'052 gramos.
Carbonato cálcico.....	0'198 »
Id. magnésico.....	0'139 »
Cloruro sódico..	25'916 »
Id. potásico.....	0'027 »
Cloruro lítico.....	Indicios. »
Id. magnésico.....	0'613 »
Sulfuro sódico.....	Indicios. »
<i>Total</i>	27'945 »

Figura 17. Análisis físico-químicos de agua realizados por la Escuela de Minería. Fuente: Pérez (1885).

Según este estudio, no se encontró explicación que sugiera el motivo de la variación en los resultados en cuanto al ácido sulfhídrico y cantidad de sales disueltas, destacando la diferencia entre los análisis, y resaltando la dificultad de realizarlos debido a su hipersalinidad.

C.- Resultados de muestras biológicas: cianobacterias y diatomeas.

En las muestras del raspado de los tapetes microbianos recogidas del Clot Negre, se observaron al microscopio óptico diversas especies de cianobacterias (Figura 18) y diatomeas (Figura 19).

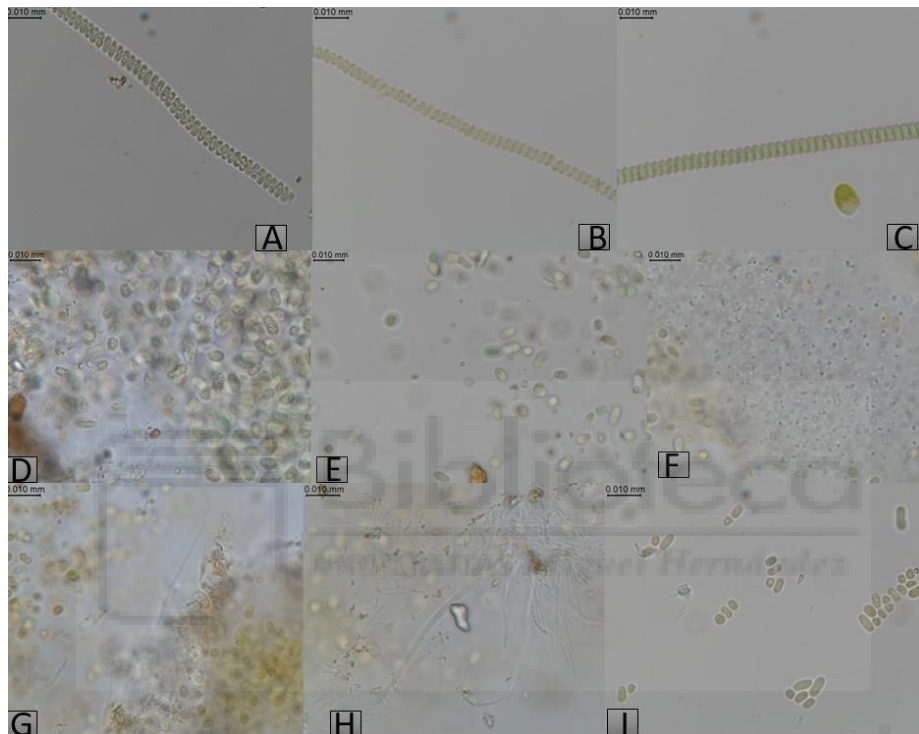


Figura 18. Fotografías de las cianobacterias identificadas en este estudio: (A) *Spirulina subsala*, (B) *Spirulina major*, (C) *Spirulina cf. labyrinthiformis*, (D) *Cyanothece halobia*, (E) *Cyanobium waterbury* (F) *Synechocistis sp.*, (G) *Phormidium cf. subfuscum*, (H) *Heteroleibleinia*, (I) *Cyanonephron elegans*.

Escala: 10 μ m, Fuente: Elaboración propia.

Debido al alto contenido de sales, las muestras tuvieron que ser tratadas previamente con una solución de EDTA (Ácido etilendiaminotetraacético) con el fin de mejorar la visualización de las cianobacterias al microscopio óptico. Se incubaron las muestras en dos concentraciones distintas de EDTA, una al 0.8 % y otra al 1.5%, durante 24 horas. Durante el tiempo de incubación, la solución de EDTA tuvo que ser cambiada periódicamente para evitar la saturación. No se observaron diferencias significativas entre ambos tratamientos, pero sí con respecto a las muestras biológicas sin tratar con EDTA.

Como se muestra en la Figura 18, las cianobacterias filamentosas, como es la *Spirulina*, se diferencian de las cianobacterias unicelulares, como es *Cyanothece halobia*, por ejemplo, por formar largas

cadena de tricomas, pudiendo ser rectas, onduladas o en espiral, mientras que las unicelulares tienen forma esférica, ovaladas o cilíndricas. En cuanto a la organización celular de las cianobacterias filamentosas, sus células están unidas de forma lineal formando filamentos que en ocasiones están rodeados por una vaina mucilaginoso, mientras que, en las cianobacterias unicelulares, cada célula existe de manera independiente, aunque pueden agruparse en colonias. Además, las cianobacterias filamentosas, en cuanto a tamaño, son mucho más grandes que las cianobacterias unicelulares, entre otras diferencias.

Para la identificación de las especies de cianobacterias, se han considerado sus características morfológicas, como la presencia de filamentos atenuados, la morfología de la colonia, la forma de las células vegetales, la presencia de vaina, la presencia o ausencia de pelos terminales, la presencia o ausencia de heterocitos (células especializadas en la fijación de N₂ atmosférico), desarrollo o no de acinetos (formas de resistencia para sobrevivir cuando las condiciones ambientales son desfavorables), presencia o no de ramificaciones, etc. Todas estas características morfológicas se han establecido como rasgos taxonómicos de referencia para la identificación de las cianobacterias en numerosos estudios.

En la Tabla 3, se muestran el listado de las cianobacterias identificadas en este estudio, diferenciando las especies encontradas en cada uno de los muestreos realizados. Como se puede observar en esta tabla, existe poca diferencia entre las especies observadas en los dos muestreos, siendo la especie *Spirulina major* la única especie que sólo se ha observado en el segundo muestreo. Cabe destacar que las especies más abundantes en Clot Negre han sido las cianobacterias unicelulares *Cyanobium halobia*, *Cyanobium waterbury* y *Synechocystis* sp., y en menor medida las cianobacterias filamentosas pertenecientes al género *Spirulina*, destacando la especie *Spirulina subsala*.

Tabla 3. Listado de cianobacterias identificadas en los muestreos de marzo 2022 (Muestreo 1) y octubre de 2023 (Muestreo 2). Nota: ND- no determinada.

TIPO	FAMILIA	SUBFAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	MUESTREO 1	MUESTREO 2
Cianobacteria filamentosas	Pseudanabaenaceae	Spirulinoideae	<i>Spirulina</i>	<i>Spirulina labyrinthiformis</i>	X	X
Cianobacteria filamentosas	Pseudanabaenaceae	Spirulinoideae	<i>Spirulina</i>	<i>Spirulina subsala</i>	X	X
Cianobacteria filamentosas	Pseudanabaenaceae	Spirulinoideae	<i>Spirulina</i>	<i>Spirulina major</i>		X
Cianobacteria filamentosas	Pseudanabaenaceae	Heteroleibleinioidea	<i>Heteroleibleina</i>	ND	X	X
Cianobacteria filamentosas	Phormidiaceae	Phormidiaceae	<i>Phormidium</i>	<i>Phormidium subfuscum</i>	X	X
Cianobacteria unicelular	Synechococcaeae	Aphanothecoideae	<i>Cyanothece</i>	<i>Cyanothece halobia</i>	X	X
Cianobacteria unicelular	Synechococcaeae	Aphanothecoideae	<i>Cyanobium</i>	<i>Cyanobium waterbury</i>	X	X
Cianobacteria unicelular	Synechococcaeae	Aphanothecoideae	<i>Synechocystis</i> sp	ND	X	X

En el caso del género *Spirulina*, las distintas especies se han diferenciado gracias a características morfológicas como la ausencia de espacios entre los giros, y los filamentos más delgados junto con un

menor tamaño de las células de la especie *Spirulina subsala* en comparación con las demás especies del género *Spirulina*. Además, la especie *Spirulina major* posee un giro hacia la izquierda, mientras que la especie *S. subsala* lo realiza hacia la derecha. Por otro lado, hay varias especies que no se han podido identificar con certeza, como sucede con *Phormidium subfuscum* y *Spirulina labyrinthiformis*, por lo que se muestra antes del nombre de su especie ``cf''. En cuanto a las cianobacterias unicelulares, se han diferenciado por el hecho de que la especie *Cyanonephron elegans* es más alargada y estrecha, y aparece agrupada en pequeñas colonias, mientras que la especie *Cyanibium waterbury* es más pequeña y no se encuentran agrupada formando colonias. Además, la especie *Cyanothece halobia* tiene una morfología más esférica que el resto de las especies halladas.

En cuanto a las diatomeas, los géneros más recurrentes son *Amophora* y *Cymbella*. En la Figura 19, se muestran las especies de diatomeas identificadas en este estudio.



Figura 19. Fotografías de diatomeas identificadas en el Clot Negro: (A) *Neidium cf ampliatum*, (B) y (C) *Cavinula cf cocconeiformis*, (D) *Amphipleura sp*, (E) *Cymbella tumida*, (F) *Amphora montana*, (G) *Encyonema elginense*, (H) *Amphora ovalis*. Fuente: Elaboración propia.

Para identificar a las diatomeas, se han considerado las siguientes características morfológicas: la forma de sus terminaciones, el frústulo (pared celular dura y porosa compuesta principalmente por sílice) que puede ser redondeado, cuadrado o alargado, y en su rafe o pseudorrafe, que pueden estar presentes o ausentes, entre otras características. En la tabla 4, se muestra un listado de las especies de diatomeas encontradas en los raspados de los tapetes microbianos recogidos en los dos muestreos realizados.

Tabla 4. Listado de Diatomeas identificadas en el muestro 1, realizado en marzo de 2022 y en el muestreo 2, realizado en octubre de 2023.

TIPO	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	MUESTREO 1	MUESTREO 2
Diatomea	Bacillariophyceae	<i>Encyonema</i>	<i>Encyonema elginense</i>	X	
Diatomea	Bacillariophyceae	<i>Amphora</i>	<i>Amphora montana</i>	X	X
Diatomea	Bacillariophyceae	<i>Cavinula</i>	<i>Cavinula cocconeiformis</i>	X	
Diatomea	Bacillariophyceae	<i>Neidium</i>	<i>Neidium ampliatum</i>	X	
Diatomea	Bacillariophyceae	<i>Amphora</i>	<i>Amphora ovalis</i>	X	X
Diatomea	Bacillariophyceae	<i>Amphipleura</i>	<i>Amphipleura sp</i>	X	
Diatomea	Bacillariophyceae	<i>Cymbella</i>	<i>Cymbella tumida</i>	X	

Destaca la diferencia de la diversidad de especies de diatomeas identificadas en el muestreo 1 y 2. Casi todas las especies halladas fueron identificadas en el primer muestreo, mientras que en el segundo muestreo solo se observaron dos especies distintas de diatomeas. No se puede saber con certeza el motivo de esta notable diferencia debido a la existencia únicamente de dos muestreos, y de la corta franja de tiempo en la que se han realizado.

Al comparar los resultados obtenidos en este estudio con los datos incluidos en la Propuesta de declaración del Paraje Natural Municipal “Clots de la Sal y Monte de La Mola” (2014) se observa diferencias significativas. Por ejemplo, en el caso de las cianobacterias, esta memoria se menciona la presencia y abundancia de cianobacterias unicelulares del género *Synechococcus* y *Aphanocapsa* y de la cianobacteria filamentosa no formadora de heterocitos *Oscillatoria*, especies no observadas en los muestreos realizados, pero no se muestran imágenes de estas cianobacterias ni aparece ninguna descripción para poder comparar nuestras observaciones. Tampoco mencionan cuando han recogido las muestras biológicas, dato importante pues puede haber variación de las especies en función de las estaciones del año. En el caso de las diatomeas sucede lo mismo. Así, en la memoria justificativa se incluyen la especie *Amphora ovalis*, y distintas especies pertenecientes a los géneros *Biddulphia*, *Achnantes* y *Gyrosigma*, las cuales no fueron observados en ninguno de los muestreos realizados después de la obtención de la figura de protección.

Las diferencias de diversidad de las cianobacterias y diatomeas observadas en la memoria justificativa antes de la declaración del área como Paraje Natural Municipal, con respecto a las encontrada en los muestreos realizados en 2022 y 2023, es difícil de explicar, ya que falta información sobre cómo y cuándo han realizado los muestreos.

En cuanto al estudio de 1885 sobre los Clots de la Sal mencionado anteriormente, no se disponía de material ni métodos adecuados para el estudio y análisis de microalgas, por lo que no tenemos información de dichos años sobre las cianobacterias en la zona de estudio.

D.- Resultados de la identificación de flora vascular.

Las especies de flora vascular más abundantes en la zona de estudio han sido: *Halimione portulacoides*, *Tamarix africana*, *Salsolium vermiculatae* y *Limonium cossonianum*. Estas especies se han encontrado prácticamente por todas las zonas que rodean la poza de Clot Negro donde se han realizado las identificaciones. Se muestran algunos ejemplos en la Figura 20.



Figura 20. Fotografías de flora vascular tomadas en el muestreo de 2023, (A) *Salsolium vermiculatae*, (B) *Tamarix africana*, (C) *Limonium cossonianum*, (D) *Asparagus*, (E) *Phragmites australis*, (F) *Halimione portulacoides*, (G) *Tamarix*. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Lista de especies de flora vascular identificada en el Clot Negro en 2023.

PUNTO DE MUESTREO	ESPECIES DE FLORA
CN_R1_2	<i>Herniaria fruticosa</i>
CN_R1_1	<i>Salsolium vermiculatae</i>
CN_R1_1	<i>Arundo donax</i>
CN_P	<i>Phragmites australis</i>
CN_R2_1	<i>Limonium cossonianum</i>
CN_R2_1	<i>Asparagus</i>
CN_R2_1	<i>Stipa tenacissima</i>
CN_R2_2	<i>Daphne oleoides</i>
CN_R1_3	<i>Reseda blanca</i>
CN_R1_3	<i>Tamarix africana</i>
CN_R3_1	<i>Thymelaea hirsuta</i>
CN_R3_1	<i>Halimione portulacoides</i>
CN_R4_1	<i>Teucrium libanitis</i>
CN_R4	<i>Fumana hispidula</i>
CN_R1	<i>Sideritis leucantha</i>
CN_R3_1	<i>Erica multiflora</i>
CN_R2	<i>Rhamnus lyciodes</i>
CN_R3	<i>Anthyllis terniflora</i>

En la Tabla 5, se muestra el listado completo de las especies de la flora vascular encontrada alrededor del Clot Negro durante el muestreo de 2023. Las especies encontradas son las típicas que podemos encontrar en ambientes áridos y semiáridos. Las especies halófitas identificadas son: *Salsolium vermiculatae*, *Phragmites australis*, *Limonium cossonianum*, *Tamarix africana* y *Halimione portulacoides*. Hay otras especies como *Stipa tenacissima*, que no son halófitas, pero están adaptadas a climas secos y áridos. El resto de especies identificadas, a pesar de no ser típicamente halófitas, son capaces de tolerar ciertos niveles de salinidad. Además, estas especies se pueden encontrar en climas semiáridos e hipersalinos en todo el país, destacando en las zonas costeras de la Comunidad Valenciana, Murcia, y Andalucía.

Hay estudios sobre estas especies en otras zonas hipersalinas y ambientes semiáridos, como los trabajos realizados por Alcaraz (2017) o Salinas y col., (2000), sobre la vegetación del sureste árido de España, donde estudian especies como *Herniaria fruticosa* o *Phragmites australis*, entre otras muchas.

Podemos encontrar algunas de estas especies en otros espacios naturales protegidos, tales como, *Herniaria fruticosa* en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (Almería) o en el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas (Jaén). *Phragmites australis* se encuentra en el Parque Nacional de Doñana (Andalucía) y en el Parque Natural de las Marismas de Odiel (Huelva). En cuanto a *Tamarix africana*, también habita en el Parque Natural de las Salinas de Santa Pola (Alicante) y en el Parque Natural de las Lagunas de La Mata y Torrevieja, como se evidencia en Ramsar Sites Information Service (2024). Además, *Halimione portulacoides*, también habita en el Parque Natural de las Marismas de Santoña, Victoria y Joyel (Cantabria) y en el Parque Natural del Delta del Ebro (Cataluña). Por último, la especie *Stipa tenacissima*, se encuentra en el Parque Natural del Desierto de Tabernas (Almería) como evidencia el estudio de Haase (1999) y en el Parque Natural de Sierra Espuña (Murcia).

La identificación de la flora vascular del Paraje Natural Municipal “Clots de la Sal y Monte de La Mola” (2014) antes de la concesión de la figura de protección, se muestra en la Tabla 6.

Los resultados del estudio se han comparado con la flora identificada en el muestreo de 2023, cuando ya tenía la figura de protección Paraje Natural Municipal. Muchas de las especies vegetales siguen hallándose en la zona de estudio actualmente, como son las especies *Herniaria fruticosa*, *Salsolium vermiculatae*, *Arundo donax*, *Phragmites australis*, *Limonium cossonianum*, *Asparagus*, *Stipa tenacissima*, *Daphne oleoides*, *Reseda blanca*, *Tamarix africana*, *Thymelaea hirsuta*, *Halimione portulacoides*, *Teucrium libanitis*, *Fumana hispidula*, *Sideritis leucantha*, *Erica multiflora*, *Rhamnus lyciodes* y *Anthyllis terniflora*.

Tabla 6. Listado de flora vascular identificada antes de la concesión de la figura de protección.

Fuente: Concejalía de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Novelda.

VEGETACIÓN	NOMBRE CIENTIFICO
Pino carrasco	<i>Pinus halepensis</i>
Encinas	<i>Quercus ilex rotundifolia</i>
Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>
Tomillo	<i>Thymus zygis</i>
Albaida	<i>Anthyllis cytisoides</i> y <i>Anthyllis terniflora</i>
Astrágalo hispanico	<i>Astragalus hispanicus</i>
Cuchilleja	<i>Bupleurum gibraltaricum</i>
Bocha	<i>Dorycnium pentaphyllum</i>
Enebro	<i>Juniperus oxycedrus</i>
Lentisco	<i>Pistacia lentiscus</i>
Coscoja	<i>Quercus coccifera</i>
Aladierno	<i>Rhamnus alaternus</i>
Espino negro	<i>Rhamnus lyciodes</i>
Esparceta montes	<i>Onobrychis stenorrhiza</i>
Brezo	<i>Erica multiflora</i>
Cuajaleches	<i>Galium valentinum</i>
Rabo de gato	<i>Sideritis leucantha</i>
Esparto	<i>Stipa tenacissima</i>
Rompediedras	<i>Teucrium buxifolium</i>
Escrofularia de sombra	<i>Scrophularia tamacetifolia</i>
Taray	<i>Tamarix sp</i>
Adelfa	<i>Nerium oleander</i>
Caña	<i>Arundo donax</i>
Carrizo	<i>Phragmites australis</i>
Tomillo moruno	<i>Fumana hispidula</i>
Matilla de la orina	<i>Herniaria fruticosa</i>
Limonio de flor blanca	<i>Limonium cossonianum</i>
Saladilla fina	<i>Limonium angustebracteatum</i>
Espantazorras	<i>Limonium delicatulum</i>
Limonio alicantino	<i>Limonium parvibracteatum</i>
Acelga de salobrar	<i>Limonium supinum</i>
Bufalaga	<i>Thymelaea hirsuta</i>
Zamarrilla	<i>Teucrium libanitis</i>

Cabe destacar la notable pérdida de diversidad en el género *Limonium*. A pesar de que siga encontrándose en la zona de estudio, la diversidad de sus especies ha disminuido drásticamente, pasando de 5 especies identificadas de este género a solo una especie en la actualidad (*Limonium cossonianum*). Se desconoce el área geográfica donde fueron halladas las especies de flora vascular identificadas en el estudio previo, por lo que la diferencia entre la diversidad de las especies halladas en la zona de muestro con las que se identificaron en 2023 pueda ser debido a ello.

En cuanto al trabajo del año 1885 nombrado anteriormente, también se incluye un listado de la flora vascular de la zona de los Clots de la Sal. Lo que resulta interesante para realizar una comparación entre vegetación actual y la encontrada 139 años antes. En la Figura 21, se pueden consultar todas las especies que fueron encontradas en el estudio realizado en el siglo XIX.

FAMILIAS	NOMBRES CIENTÍFICOS	NOMBRES VULGARES	FAMILIAS	NOMBRES CIENTÍFICOS	NOMBRES VULGARES
Ingladeas.	<i>Inglans regia.</i>	Nogal comun.	Helechos.	<i>Adiantum c. veneris.</i>	Culantrillo.
Amentáceas.	<i>Quercus ilex.</i>	Encina de bellota amarga	Hongos.	<i>Uredo tristicii.</i>	Tizón.
Cupulíferas.	<i>Id. hispánica.</i>	<i>Id. castellana.</i>	»	<i>Agaricus campestris.</i>	Seta de campo.
Coníferas.	<i>Pinus comunis.</i>	Pino comun.	Gramíneas.	<i>Tristichon satyrum.</i>	Trigo comun.
Urticáceas.	<i>Ficus carica.</i>	Higuera comun.	»	<i>Cinodon dactylon.</i>	Gramma.
»	<i>Urtica plitifera.</i>	Ortiga pequeña.	»	<i>Secale cereale.</i>	Centeno comun.
Jazminéas.	<i>Olea europea.</i>	Oliivo.	»	<i>Hordeum vulgare.</i>	Cebada.
»	<i>Jazminum off.</i>	Jazmin de flor blanca.	»	<i>Avena sativa.</i>	Avena.
Labiadas.	<i>Origanum vulgare.</i>	Orégano.	»	<i>Arundo donax.</i>	Caña comun.
»	<i>Rosmarinum off.</i>	Romero.	»	<i>Zea maiz.</i>	Maíz.
»	<i>Thimus vulgaris.</i>	Tomillo.	»	<i>Phenix dactilifera.</i>	Palmera.
»	<i>Lavandula espica.</i>	Espiego.	Palmas.	<i>Juncus comunis.</i>	Juncos comun.
»	<i>Salvia off.</i>	Salvia.	Junéanas.	<i>Allium cepa.</i>	Cebolla.
»	<i>Lavandula stechas.</i>	Cantueso.	Liliáceas.	<i>Id. sativum.</i>	Ajos.
Solanáceas.	<i>Capsicum annuum.</i>	Pimiento y guindilla.	»	<i>Id. pomum.</i>	Ajo puerro.
»	<i>Solanum tuberosum.</i>	Patata.	»	<i>Lilium candidum.</i>	Azucena.
»	<i>Id. lycopersum.</i>	Tomate.	»	<i>Crocus sativus.</i>	Azafrán.
»	<i>Hiosciamus niger.</i>	Beleño negro.	Irídeas.	<i>Cicer arietum.</i>	Garbanzo.
Apocíneas.	<i>Nerium oleandre.</i>	Adelfa ó baladre.	Leguminosas.	<i>Vicia faba.</i>	Haba comun.
Cucurbitáceas.	<i>Cucurbita pepo.</i>	Calabiza.	Roláceas.	<i>Pisum sativum.</i>	Guisante.
»	<i>Id. citratus.</i>	Sandía.	Leguminocás.	<i>Phaseolus vulgaris.</i>	Habichuela ó frisol.
»	<i>Cucumis melo.</i>	Melon.	»	<i>Ervum sativum.</i>	Lenteja.
»	<i>Id. sativus.</i>	Pepino.	»	<i>Medicago sativa.</i>	Alfalfa.
Compuestas.	<i>Artemisia absinthium.</i>	Ajenjos.	»	<i>Prunus espinosa.</i>	Acacia.
»	<i>Cynara scolymus.</i>	Alcachofas.	Papaveráceas.	<i>Papaver rheas.</i>	Amapola.
»	<i>Lactuca sativa.</i>	Lechuga.	»	<i>Id. somniferum.</i>	Adormideras ó cascal.
»	<i>Anthemis arvensis.</i>	Manzanilla de campo.	»	<i>Vites vinifera.</i>	Parral.
»	<i>Arnica montana.</i>	Arnica.	Ampelídeas.	<i>Id. laciniosa.</i>	Panal.
Umbelíferas.	<i>Pimpinella anisum.</i>	Anís.	»	<i>Diantus cariofilus.</i>	Clavél ó clavellina.
»	<i>Petroselinum sativum.</i>	Perejil.	Cariofileas.	<i>Viola odorata.</i>	Violeta.
»	<i>Teniculum off.</i>	Hinojo comun.	Violáceas.	<i>Id. tricolor.</i>	Pensamiento ó Trinitaria
»	<i>Coriandrum sativum.</i>	Cilantro.	»	<i>Rafanus sativus.</i>	Rábano cultivado.
Caprifoliáceas.	<i>Lonicera caprifolium.</i>	Madreselva.	Crucíferas.	<i>Brasica napus.</i>	Nabo.
Rosáceas.	<i>Amigdalus persica.</i>	Melocoton.	»	<i>Malva rotundifolia.</i>	Malva comun.
»	<i>Id. comunis.</i>	Almendro comun.	Malváceas.	<i>Althea off.</i>	Malvisco off.
»	<i>Rosa gallica etc.</i>	Rosa silvestre, roja castellana y variedades.			

Figura 21. Listado de flora vascular identificada en 1885. Fuente: (Pérez, 1885).

Estos resultados muestran una gran riqueza y variedad de las especies vegetales que se identificaron en ese momento. Gracias a estos estudios, queda en evidencia la notoria pérdida de la biodiversidad de flora que habitaba la zona de estudio hace 139 años. Cabe destacar el cambio en el uso del suelo, y el abandono de la actividad agrícola en esta área, ya que ha contribuido a la pérdida de las especies que se cosechaban por la actividad humana en esta zona. Algunas de las especies han permanecido a lo largo de estos años y se encuentran actualmente en la zona de estudio.

CONCLUSIONES.

En base a los resultados obtenidos en este trabajo fin de grado, se observa una pérdida significativa de la diversidad de especies tanto de la flora vascular como la algal.

La apertura de los Clots de la Sal al turismo es un posible factor de disminución de la biodiversidad en este paraje natural. A pesar de que la disminución de las especies es un hecho, no se dispone de datos suficientes para determinar con seguridad, si esta pérdida es atribuible a la apertura al turismo de la zona de estudio, o se debe a otros factores ambientales aún desconocidos, por lo que se debe realizar estudios más completos para evaluar el impacto del turismo a lo largo del tiempo con el fin de desarrollar estrategias que disminuyan los efectos negativos sobre la biodiversidad vegetal.

Con los datos obtenidos, la figura actual de protección como Paraje Natural Municipal no ha demostrado ser suficiente para garantizar la conservación de los Clots de la Sal. Por lo que se deben realizar evaluaciones periódicas de la eficacia de la figura de protección.

El análisis histórico de los datos de temperatura muestra un aumento gradual durante los últimos 140 años, el cual afecta directamente a la biodiversidad de las especies que habitan en esta área. Por lo que se debería considerar el cambio climático en los próximos estudios que se realizan de diversidad de los Clots de la Sal y para incluir este factor en las estrategias de conservación.

Existe una notable falta de estudios en esta zona hipersalina, siendo el último estudio completo realizado en 1885. Es importante realizar un seguimiento continuo y detallado para obtener datos actualizados. Por lo que se ve necesario realizar más estudios sobre la ecología de cianobacterias y diatomeas, las adaptaciones de flora halófila a condiciones extremas y los efectos del cambio climático en zonas hipersalinas.

PROYECCIÓN FUTURA.

Para garantizar una protección y conservación adecuada de los Clots de la Sal en Novelda, es fundamental adoptar un enfoque integral que incluya la realización de estudios constantes, la implementación de estrategias de gestión ambiental y la promoción de la educación y concienciación de los turistas.

Se debe realizar un seguimiento detallado y continuo, realizando muestreos estacionales para registrar el efecto de las variaciones temporales en la biodiversidad, con especial atención a las cianobacterias y diatomeas, así como a la flora vascular. Además, se debe llevar a cabo un seguimiento continuo con nuevas listas de las especies identificadas en futuros muestreos, tanto de flora vascular como de flora algal. Estos muestreos permitirán comparar los datos con los obtenidos en este estudio y determinar si las especies ya identificadas desaparecen, disminuyen, se mantienen o aumentan en cuanto a su diversidad con el tiempo, y el motivo por el cual sucede.

También es necesario desarrollar medidas para evitar y disminuir el impacto negativo del turismo en los Clots de la Sal. Esto incluye la creación de senderos señalizados, sistemas de control de acceso para registrar el número de visitantes que recibe, áreas restringidas al paso y campañas de concienciación para promover un turismo responsable. Además de la realización de estudios sobre el impacto ambiental que supone el turismo en la biodiversidad de este paraje natural.

BIBLIOGRAFÍA.

- Asociación Española de Desalación y Reutilización. (2024). Sales en el mar: ¿Son todos los mares igual de salados?
- Al Hassa, M., Estrelles, E., Soriano, P., López-Gresa, M.P., Bellés, J.M., Boscaiu, M., Vicente, O. (2017). Unraveling Salt Tolerance Mechanisms in Halophytes: A Comparative Study on Four Mediterranean *Limonium* Species with Different Geographic Distribution Patterns. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1438. doi:10.3389/fpls.2017.01438
- Alcaraz, F. (2017). El sudeste árido. Loidi, J.(Eds.). La Vegetación de la Península Ibérica. *Plant and Vegetation*, 13, 249-274. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-54867-8_5
- Andersen, R.A., Kawachi, M. (Eds.). (2005). *Algal Culturing Techniques*. 578. doi:10.1016/B978-012088426-1/50007-0
- Asencio, A. (2010). Distribution of Cyanobacteria at the Gelada cave (Spain) by physical parameters. *Estudios de Cuevas y Karso*, 72(1), 11-20. doi:10.4311/jcks2009lsc0082
- Asencio, A. (2013). Determination of microcystins in reservoirs of different basins in a semiarid area. *Journal of Applied Phycology*, 25(6), 1753-1762. doi:10.1007/s10811-013-0025-4
- Belnap, J., Lange, O.L. (Eds.). (2003). *Biological Soil Crusts: Structure, Function and Management*, Vol 150, 503. (H. Springer Berlín, Ed.) doi:https://doi.org/10.1007/978-3-642-56475-8
- Berrendero Gómez, E. (2008). Caracterización morfológica, genética y fisiológica de cianobacterias dominantes en sistemas fluviales (Tesis doctoral Universidad Autónoma de Madrid).
- Berrendero Gómez, E., Johansen, J., Kastovsky, J., Bohunická, M., Capkova, K. (2016). Macrochaete gen. nov. (*Nostocales*, Cyanobacteria), a taxon morphologically and molecularly distinct from *Calothrix*. *Journal of Phycology*, 638-655. doi:https://doi.org/10.1111/jpy.12425
- Berrendero Gómez, E., Mateo, P., Perona, E., Loza, V., Whitton, B. (2010). Actividades fosfatasa de cianobacterias como indicadores del estado de nutrientes en un río del Pirineo. *Hidrobiología*, 652, 255-268. doi: https://doi.org/10.1007/s10750-010-0338-0
- Bueno, M., Lendínez, M.L., Calero, J., Cordovilla, M.D. (2020). Salinity responses of three halophytes from inland saltmarshes of Jaen (southern Spain). *Flora*, 266, 151589. doi:https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151589
- Cabezudo, B., Solanas, F.C.S., Pérez-Latorre, AV. (2022). Vascular flora of the Sierra de las Nieves National Park and its surroundings (Andalucía, Spain). *Phytotaxa*, 534(1), 1-111. doi: https://doi.org/10.11646/phytotaxa.534.1.1
- Calvo, S., Bárbara, I., Cremades, J. (1999). Benthic algae of salt-marshes (Corrubedo natural park, NW Spain): The flora. Matthew, J (Ed). *Marine Botany*, 42(4), 343-353. doi:10.1515/BOT.1999.039
- Castroviejo, S. (Ed.). (2001). *Claves de flora ibérica plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*, 619. Real Jardín Botánico.
- Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas. (2022). *Generalitat Valenciana*.
- Convention on Biological Diversity. (2023). *Perspectiva mundial sobre la diversidad biológica*. Convention on Biological Diversity.

- Corraliza, J.A., García, J., Valero, E. (Eds.). (2002). *Los Parques Naturales en España: conservación y disfrute* (9 ed.). Fundación Alfonso Martín Escudero.
- Costa, M. (1999). *La vegetación y el paisaje en las tierras valencianas*. 528. Madrid Rueda.
- Crespo, M.B., Delatorre, A., Solanas, J.L. (1994). A new spanish species of *Linaria* Miller (*Scrophulariaceae*). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 116(2), 135-144. doi:<https://doi.org/10.1006/bojl.1994.1057>
- Dominguez, S., Asencio, A. (2011). Distribution of chasmoendolithic cyanobacteria in gypsiferous soils from semi-arid environments (SE Spain) by chemical and physical parameters. *Nova Hedwigia*, 92(1-2), 1-27. doi:[10.1127/0029-5035/2011/0092-0001](https://doi.org/10.1127/0029-5035/2011/0092-0001)
- Eberle, C., O'Connor, J., Narvaez, L., Mena, M., Sebesvari, Z. (2023). *Informe de Riesgos de Desastres Interconectados*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico . United Nations University Institute for Environment and Humas Security.
- Elosegi, A., Sabater, S. (Eds.). (s.f). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Fundación BBVA
- Gaston, K., Spicer, J. (Eds.). (1998). *Biodiversity: An introduction*. Blackwell Science. 210.
- Generalitat Valenciana. (s.f.). *Centro y sur de Valencia y norte de Alicante - vida silvestre -*.
- Haase, P., Pugnaire, F.L., Clark, S. (1999). Control ambiental de la dinámica del dosel y la tasa fotosintética en la hierba perenne *Stipa tenacissima*. *Plant Ecology*, 327-339. doi:[doi:10.1023/A:1009892204336](https://doi.org/10.1023/A:1009892204336)
- Hernández, M. (2016). Caracterización hidrogeoquímica y diversidad microbiana en ambientes extremos, casos: Villa Juárez, San Luis Potosí y Rincón de Parangueo, Guanajuato. (Tesis Doctoral, instituto potosino de investigación científica y tecnológica, A.C).
- Jeffries, M.J. (2005). *Biodiversity and Conservation*. Routledge, 336. doi:<https://doi.org/10.4324/9780203482285>
- Komárek, J., Anagnostidis, K. (1999). *Cyanoprokaryota.1. Teil: Chroococcales - Lauterbornia*. Spektrum Akademischer Verlag.
- Komárek, J., Anagnostidis, K. (2005). *Cyanoprokaryota.2. Teil, 1010: Oscillatoriales - Lauterbornia*. Elsevier GmbH, München.
- Komárek, J., Anagnostidis, K. (2013). *Cyanoprokaryota.3. Teil3: Heterocystous Genera*. Springer-Verlag.
- Martínez, G.M., Pire, C., Martínez-Espinosa, R.M. (2022). Hypersaline environments as natural sources of microbes with potential applications in biotechnology: The case of solar evaporation systems to produce salt in Alicante Country (Spain). (Ojcius, D.M., Hart, M, Eds.). *Current Research in Microbial Sciences*, 3, 1-15. doi:<https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2022.100136>
- Martínez, R., Jordán, M.J., Quílez, M., Sotomayor, J.A. (2005). Effects of Edaphoclimatic Conditions on *Thymus hyemalis* L. Essential Oil Yield and Composition. *Journal of Essential Oil Research*, 17(6), 614-618. doi:<https://doi.org/10.1080/10412905.2005.9699011>
- Mateo Sanz, G., Crespo, M. (2009). *Manual para la determinación de la flora valenciana*. Ediciones Librería Compás. 548.

- Miller, K.A., Garske, L., Edgar, G. (2007). *Desmarestia tropica*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. doi:<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63585A12684515.en>.
- Monllor, M., Soriano, P., Llinares, J.V., Boscaiu, M., Estrelles, E. (2018). Assessing Effects of Temperature Change on Four *Limonium* Species from Threatened Mediterranean Salt-Affected Habitats. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 286-291. doi:10.15835/nbha46111010
- Moreno, J. (2018). Estructura ecológica y funcional de las comunidades vegetales de ambientes salinos (Doctoral dissertation, Universidad de Alicante).
- Moya, P., Molins, A., Chiva, S., Bastida, J., Barreño, E. (2021). Symbiotic microalgal diversity within lichenicolous lichens and crustose hosts on Iberian Peninsula gypsum biocrusts. Van der Gast, C.J. (Ed) *Scientific Reports*, 10(1). doi:10.1038/s41598-020-71046-2
- Muñoz, M., Berrendero Gómez, E., Mateo, P. (2020). Analysis of molecular diversity within single cyanobacterial colonies from environmental samples. *Scientific Reports*, 10(1), 18453. doi:10.1038/s41598-020-75303-2
- Muñoz-Rodríguez, P., Munt, D.D., Saiz, JCM. (2016). Global strategy for plant conservation: inadequate in situ conservation of threatened flora in Spain. *Israel Journal of Plant Sciences*, 63(4), 297-308. doi:10.1080/07929978.2016.1257105
- Myers, N. (1998). Threatened biotas: "Hot spots" in tropical forests. *Environmentalist*, 8, 187-208. Springer Science. doi:10.1007/BF02240252
- Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C. (2020). Biodiversity hotspots for conservation priorities. Campbell, P (Ed). *Nature*, 403, 853-858. Obtenido de <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.
- Naciones Unidas. (2023). *¿En qué consiste el desarrollo sostenible?*
- Naciones Unidas. (2023). *Cumbre de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
- ONU. (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD)*. Obtenido de <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Pimm, S.L., Raven, P.H. (2020). Norman myers (1934-2019). Francis, R (Ed). *Nat Ecol*, 4, 177-178. Obtenido de <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1095-8>
- Prygiel, J., Coste, M. (2000). *Guide méthodologique pour la mise de œuvre de l'Indice Biologique Diatomées*. Agences de l'Eau, Cemagref-Groupement de Bordeaux. 137.
- Ramsar Sites Information Service. (2024). Lagunas de la Mata y Torrevieja.
- Rodríguez-Rodríguez, D., Martínez-Vega, J. (2018). Representation and protection of threatened biodiversity by the largest Spanish regional network of protected areas. *Research on Endangered Species*, 35, 125-139. doi:10.3354/esr00878
- Roncero-Ramos, B., Román, J.R., Gómez-Serrano, C., Cantón., Ación, F.G. (2019). Production of a biocrust-cyanobacteria strain (*Nostoc commune*) for large-scale restoration of dryland soils. *Journal of Applied Phycology*, 31(4), 2217-2230. doi:10.1007/s10811-019-1749-6
- Santillán, M. (2020). *Ciencia UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México*.

- Shroeder, S.B., Dupont, C., Boyer, L., Juanes, F., Costa, M. (2019). Passive remote Sensing technology for mapping bull kelp (*Nereocystis luetkeana*): A review of techniques and regional case study. *Global Ecology and Conservation*, 19. doi:10.1016/j.gecco.2019.e00683
- Terrones, A., Moreno, J., Alonso, M.A. (2018). *Actas de las Jornadas III sobre el Medio Natural Albacetense*.
- Tilman, D., May, R., Lehman, C. (1994). Habitat destruction and the extincion debt. *Nature*, 371, 65-66. doi:https://doi.org/10.1038/371065a0
- UICN. (2023). *Unión para la Conservación de la Naturaleza informe anual*.
- UICN. (2024). *Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN*.
- Unión Europea, Representación en España. (2023). Estrategia de la UE sobre Biodiversidad 2030: protección de la fauna y la flora.
- Ventosa, A., Fernández, A.B., León, M.J., Sánchez-porro, C., Rodríguez-Valera, F. (2014). The Santa Pola saltern as a model for studying the microbiota of hypersaline environments. *Extremophiles*, 18(5), 811-824. doi:10.1007/s00792-014-0681-6
- Whitton, B.A. (Ed.). (2012). *Ecology of Cyanobacteria II: Their Diversity in Space And Time*. Springer.
- Wilson. (1997). *Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources*. Joseph Henry Press.

