

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

**“Efecto de los cationes calcio y
magnesio sobre el crecimiento de dos
especies de *Juncus* en condiciones de
estrés salino”**

TRABAJO FINAL DE CARRERA

Autor/es:

Zoraida Beneyto Egea

Director/es:

Dña. Mónica Boscaiu Neagu

D. Josep Vicent Llinares Palacios

GANDIA, 2012

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 Salinización.....	3
1.2 Plantas halófitas.....	3
1.3 Efectos de las sales NaCl, CaCl ₂ , y MgCl ₂ sobre las plantas.....	5
2. OBJETIVOS	7
3. MATERIAL Y MÉTODOS	8
3.1 Zona de muestreo de semillas (La Albufera y su Devesa).....	8
3.1.1 Geomorfología.....	9
3.1.2 Edafología.....	12
3.1.3 Hidrología.....	15
3.1.4 Vegetación hálofita.....	16
3.1.5 Climatología.....	19
3.2 Caracterización de las especies estudiadas.....	19
3.2.1. Descripción de la familia <i>Juncaceae</i>	19
3.2.2. Especies estudiadas.....	19
3.3. Germinación de las semillas.....	22
3.4. Transplante de las plántulas.....	23
3.5. Tratamientos realizados a <i>J. acutus</i> y <i>J. maritimus</i>	24
3.6. Medición de los iones en las dos especies estudiadas.....	25
3.6.1. Infusiones.....	25
3.6.2. Medición de los iones.....	25
3.6.2.1. Fotometría de llama.....	26
3.6.2.2. Absorción atómica.....	28
3.7. Análisis de los datos.....	30
4. RESULTADOS Y DISCURSIÓN	30
4.1. Resultados.....	30
4.2. Resultados estadísticos.....	35
4.2.1. Concentración de cationes totales en las especies estudiadas.....	35
4.2.2. Concentración de cationes en <i>Juncus maritimus</i>	42
4.2.3. Concentración de cationes en <i>Juncus acutus</i>	49
4.2.4. Concentración de cationes entre <i>J. maritimus</i> y <i>J. acutus</i>	56
5. CONCLUSIONES	63
6. BIBLIOGRAFÍA	64

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Salinización

La sal restringe el crecimiento de las plantas sobre la tierra más que ninguna otra sustancia inhibidora de las que pueden encontrarse en condiciones naturales.

La sensibilidad de las plantas a la salinidad del suelo es muy variable y, en muchos casos, la capacidad de soportar concentraciones moderadas de sales en el suelo, puede ser inducida en ciertas plantas por exposición prolongada a condiciones de salinidad creciente. La salinidad, en particular, es un problema que afecta al 20% de las tierras cultivadas del mundo y casi a la mitad de la superficie de regadío, hasta el punto de que la mejora genética de la tolerancia a la sal se ha convertido en una necesidad urgente para el futuro en las regiones áridas y semiáridas (Boyer, 1982; Owens, 2001).

Se conoce como salinización de los suelos al proceso de acumulación en el suelo de sales solubles en agua. Esto puede darse de forma natural, cuando se trata de suelos bajos y planos, que son periódicamente inundados por ríos o arroyos; o si el nivel del agua subterránea es poco profundo y el agua que asciende por capilaridad contiene sales disueltas. Cuando este proceso tiene un origen antropogénico, generalmente está asociado a sistemas de riego. Se llama suelo salino a un suelo con exceso de sales solubles. La sal dominante en general es el cloruro de sodio (NaCl), pero los suelos salinos pueden contener cantidades considerables de otras sales como Na₂SO₄, MgSO₄, CaSO₄, MgCl₂, KCl, Na₂CO₃.

La presencia de concentraciones de sal elevadas en el suelo es un factor de estrés común e importante en los desiertos (Flowers *et al.*, 1977). Pero no solo en ellos, porque la salinidad del suelo también limita el crecimiento en muchas regiones templadas (Greenway & Munns, 1980). En estas áreas las especies vegetales se enfrentan a dos problemas, la obtención de agua del suelo que tiene un potencial osmótico negativo y enfrentarse a las altas concentraciones, potencialmente tóxicas, de iones de sodio, carbonato y calcio.

La solución más común para frenar o revertir el proceso de salinización es mediante costosos lavados de los suelos para lixiviar las sales, o pasar a cultivar plantas que toleren mejor la salinidad. Esto se está llevando a cabo mediante la biotecnología, contribuyendo en la búsqueda de especies más tolerantes a la salinidad.

1.2 Plantas halófitas

Las plantas halófitas son aquellas que están adaptadas naturalmente a crecer y vivir, y son capaces de completar su ciclo de vida bajo condiciones de alta salinidad del suelo.

Entre las plantas halófitas en las zonas del litoral valenciano (nuestro área de estudio) podemos encontrar especies de *Salicornia*, *Sarcocornia*,

Arthrocnemum Limonium, *Atriplex*, *Spartina*, *Juncus*, *Plantago* y todas ellas han desarrollado adaptaciones fisiológicas para subsistir en ambientes salinos.

Entre los diferentes factores que afectan a las plantas halófilas uno de los más importantes es el estrés salino, el cual es producido por la elevada concentración de iones.

El crecimiento vegetal se ve afectado negativamente debido a este estrés ya que tiene los siguientes componentes:

- Componente osmótico: La elevada concentración salina provoca un descenso del potencial hídrico del suelo, produciendo el estrés hídrico. Las plantas deben aumentar la presión osmótica interior, para disminuir la diferencia entre la presión salina del exterior y la presión interior, y de este modo poder realizar la absorción del agua.
- Componente tóxico iónico: Cuando los iones Cl^- y Na^+ presentan altas concentraciones intracelulares son capaces de inhibir los procesos de muchos sistemas enzimáticos y algunos procesos celulares, tales como la síntesis de proteínas o el procesamiento del mRNA (Serrano & Gaxiola, 1994). Estos iones son los más abundantes y tóxicos para las plantas. Además el sodio, afecta también a la nutrición mineral, ya que interfiere en la absorción de cationes esenciales, especialmente K^+ y Ca^{2+} , además de promover el estrés oxidativo mediante la generación de "especies reactivas del oxígeno" (ROS).

La resistencia de las plantas a la salinidad puede estar asociada con tres mecanismos diferentes: la exclusión de sal, la excreción de sal y la dilución de la concentración salina dentro de la célula. Seguidamente, aparece una breve explicación de los diferentes mecanismos:

- Excreción de sales (eliminación): se caracteriza por la secreción de sales, cuando estas se encuentran en exceso, a través de poros epidérmicos, glándulas y cámaras localizadas en las raíces, brotes y hojas de las plantas para mantener una concentración de sales constante en los tejidos. Los mecanismos de transporte intercelular movilizan el exceso de iones salinos desde las células de la superficie hacia el exterior de la hoja o tallo dejando unos depósitos de cristales visibles una vez se ha evaporado el agua. Las halófitas más evolucionadas utilizan este mecanismo a menudo para desalinizar sus fluidos internos excretando iones de sodio y cloro (García Ortolá, 2001).

Como métodos de exclusión de sales tenemos, la compartimentación y la selectividad iónica:

- Compartimentación: este método de exclusión predomina en el nivel radicular. Debido al cierre de los estomas y a reducidas tasas de transpiración, muchas halófitas son capaces de confinar el exceso de sales en su extenso sistema radicular y en las partes más bajas del

brote con el objetivo de restringir la translocación hacia el resto de la planta.

- Selectividad iónica: las halófitas son capaces de excluir los iones sodio cloro de su corriente de nutrientes absorbidos. La exclusión de las sales por parte de las raíces se describe en términos de sustitución elemental o de selección iónica preferente por el potasio sobre el sodio. Además, las halófitas verdaderas poseen en las raíces una capa protectora externa y una membrana interna con ceras que filtran las sales dejando el paso de algunas de ellas en determinadas épocas.

- Dilución de la concentración salina: algunas halófilas aumentan su volumen acumulando agua en las vacuolas de las células de sus tallos y hojas, para disminuir la concentración de las sales, confiriéndoles a sus hojas el carácter de suculentas. El aumento del volumen de vacuola permite una mayor acumulación de iones tóxicos.

Otro mecanismo que poseen las halófitas para poder vivir en condiciones de estrés salino es la:

- Osmorregulación: el mantenimiento del equilibrio osmótico en condiciones de estrés salino requiere la síntesis y acumulación en el citoplasma de osmolitos (compuestos solubles compatibles), que son metabólicamente inactivos y no tóxicos, incluso a concentraciones elevadas. Estos compuestos orgánicos son principalmente azúcares (trehalosa, sacarosa), polialcoholes (glicerol, sorbitol, manitol) y algunos aminoácidos y derivados (prolina, glicina betaina). También los osmolitos actúan como sustancias osmoprotectoras, estabilizando directamente proteínas y membranas celulares en condiciones de deshidratación, y protegiendo a las células del estrés oxidativo, al inactivar “especies reactivas de oxígeno” (ROS).

1.3 Efectos de las sales NaCl, CaCl₂, y MgCl₂ sobre las plantas

En los suelos salinos el ión más común y más tóxico es el Na⁺, debido a todos los cambios que produce en el metabolismo de las plantas. Un exceso de Na⁺ puede interrumpir la asimilación y el transporte nutricional de iones como el K⁺ y el Ca²⁺. El Ca²⁺ se requiere para mantener la integridad de las membranas en las plantas y como cofactor de varios enzimas, y el Na⁺ desplaza el Ca²⁺ de las membranas, siendo el principal ión que interrumpe la función de las membranas (Cramer *et al.*, 1989; Rengel, 1992). El Ca²⁺ puede actuar como agente protector contra los iones-hidrogeno, concentraciones salinas elevadas o bien contra otros iones presentes en el medio potencialmente tóxicos.

Otro problema potencial que tiene las plantas que crecen en suelos salinos consiste en la obtención de potasio suficiente. Este problema surge porque los iones de sodio compiten con la captación de K⁺ por medio de un mecanismo de baja afinidad, y a que es habitual la presencia de K⁺ en los suelos que contienen concentraciones mucho más bajas que las de Na⁺. La presencia de Ca²⁺ es crucial. Si hay suficiente calcio, el sistema de captación que prefiere el

transporte de K^+ opera bien, de manera que las plantas pueden obtener suficiente potasio y limitar el sodio (La Haye & Epstein, 1969).

Ha habido mucho interés en los mecanismos por medio de los cuales el Ca^{2+} elimina los efectos dañinos del Na^+ (Cramer *et al.*, 1985, 1986, 1988). El estudio de Cramer y otros estudios respaldan la idea de que el Ca^{2+} protege las membranas contra los efectos adversos que produce el Na^+ , manteniendo así la integridad de la membrana, y reduciendo al mínimo la pérdida de K^+ del citosol.

El magnesio, al igual que el calcio puede encontrarse en plantas como elemento estructural o como cofactor enzimático. El magnesio presenta fenómenos de antagonismo con otros iones, fundamentalmente con el calcio y el potasio. Tal antagonismo es tan fuerte que la presencia de uno de ellos en el medio puede provocar deficiencia del otro elemento al impedir su absorción.

El cloruro de magnesio y el cloruro de calcio absorben el vapor de agua de la atmosfera conservando mayor tiempo la humedad en el suelo.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto consiste en comprobar el efecto protector de los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} en el crecimiento y desarrollo de dos especies de *Juncus* (*J. acutus* y *J. maritimus*) en presencia de NaCl .

Además, de este objetivo principal habrá otros objetivos secundarios, que serán realizados para poder llevar a cabo dicho objetivo, estos son:

- Comprobar el crecimiento de las especies de *Juncus* en presencia de NaCl y diferentes concentraciones de CaCl_2 y MgCl_2 .
- Determinación de la longitud de las plantas a lo largo del ensayo de crecimiento, así como el peso fresco y seco de las plantas al finalizar dicho ensayo.
- Análisis de la conductividad y pH del sustrato utilizados al final del ensayo de crecimiento.
- Tratamiento estadístico de los datos obtenidos y comparación de estos datos entre las dos especies.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Zona de muestreo de semillas

La playa y la Devesa de la Albufera, se encuentran enclavadas en el piso termomediterráneo, del sector Valenciano-Tarraconense de la provincia de vegetación Valenciano-Catalano-Provenzal-Balear (*Rivas-Martinez, 1977*), formando la barra arenosa que a lo largo de 10 km se extiende al sur de la ciudad de Valencia, desde más allá de Pinedo hasta la «gola» del Perellonet. Esta barrera arenosa, posee una longitud de unos 12 Km, su anchura varía entre 1 y 1,5 Km, y se fue formando por los materiales detríticos depositados por las corrientes marinas y por los aportes de los barrancos y ríos de la zona, que fueron cerrando y aislando la albufera casi por completo. El lago quedó comunicado con el mar a través de dos *golas* o canales naturales, el del Perelló y el del Perellonet. Esta comunicación se ha ampliado posteriormente con la construcción de nuevos canales artificiales.



Figura 1: Imagen satélite de la Albufera

La conservación de la Devesa fue posible debido a que fue propiedad y cazadero real, hasta que en 1911, se cedió al Ayuntamiento de Valencia, llevándose a cabo la entrega en 1927 por Alfonso XIII. Después de este hecho continuó conservándose bien hasta que, en 1958, se construyó el Camping del Saler, con lo cual se desencadenaron una serie de agresiones que aún perduran hoy en día.

El Espacio Natural formado por el lago de la Albufera y su entorno fue declarado Parque Natural mediante el Decreto 89/1986, del Consell de la Generalitat Valenciana y consta de 21.000 hectáreas de superficie entre el lago y la marjal que lo rodea. Se encuentra enclavado en los términos municipales de Valencia, Catarroja, Albal, Silla, Sueca, Sollana, Cullera, Albalat de la Ribera, Algemesí, Massanassa, Alfafar, Beniparrell y Sedaví. El lago de la

- El Lago de la Albufera es, junto con el marjal y la Devesa, uno de los ambientes esenciales del Parque Natural con una superficie media de unas 2800 hectáreas, de las cuales 350 son de vegetación palustre. En él se deben diferenciar dos partes, las aguas libres del interior del lago y, por otra parte, las orillas y las matas cuyo conjunto posibilita el desarrollo de una gran diversidad de comunidades vegetales y animales. Debido a la escasa profundidad del lago, éste posee una gran eutrofización y muchas comunidades vegetales bentónicas han desaparecido y con ello grandes concentraciones de anátidas.

Por otro lado cabe destacar la presencia de zonas donde existen surgencias de agua localizadas de forma aislada y en el interior del marjal llamados “ullals”, con especies endémicas con un gran nivel de especialización. Estos “ullals” aunque poseen un tamaño reducido son vitales para el mantenimiento de la biodiversidad del Parque, ya que son un aporte de agua dulce limpia, que hacen que se mantenga la calidad y cantidad de agua en el lago.

- El marjal representa la mayor parte de la superficie del Parque, ocupando las zonas llanas inundables y constituyendo un paisaje agrario con gran significado histórico. Aunque se trata de un medio antropizado y sometido a un régimen de explotación intensiva, con incorporación de nutrientes y productos de cierta toxicidad para la flora y fauna, el arrozal constituye un hábitat imprescindible para el funcionamiento del sistema ecológico de la Albufera y una actividad económica tradicional de la población del entorno.

El arrozal confiere una estacionalidad a todo el sistema, con las alternancias de inundación/deseccación de los campos y el crecimiento de la planta, que hacen variar la extensión y características de la superficie inundada.

- Las zonas de montaña están escasamente representadas, únicamente encontramos los relieves de origen cretácico situados en el término de Cullera (Cabeçol) y en el término de Sueca (relieve calcáreo dels Sants de la Pedra).

- La Devesa se trata de una estrecha franja costera flanqueada en su lado oeste por un gran lago de agua dulce (La Albufera) y al este por el Mar Mediterráneo. Se fue formando por los materiales detríticos depositados por la corriente marina de dirección Norte-Sur preferentemente. Los materiales de partida fueron también aportados por los ríos y barrancos de la zona, que iniciaron el desarrollo de una barra submarina que posteriormente emergería en forma de flecha, para, finalmente, constituir el cordón dunar que poco a poco fue cerrando el golfo marino existente.

La Devesa, posee la mayor diversidad botánica de estos ambientes debido a los distintos grados de cobertura vegetal, así como a los diferentes factores climáticos y edáficos que dan lugar al bosque estabilizado, al ecosistema dunar, con una buena representación de dunas fijas, y a las depresiones interdunares llamadas malladas.

Además de los ambientes citados anteriormente que poseen una gran representación dentro del Parque, encontramos otro ambiente cuya representación es menor, este es el de las playas y las dunas móviles.

- Las playas y las dunas móviles, se tratan de ecosistemas con un elevado valor ecológico por la especialización de las formas de vida que albergan, debido a la extrema aridez del medio como consecuencia de la permeabilidad de la arena, la elevada salinidad debido al viento salino, las altas temperaturas que puede alcanzar la arena y la baja consolidación del sustrato, ya que el viento les proporciona movilidad a las dunas.

A continuación se puede ver el perfil de los diferentes ecosistemas, descritos anteriormente, de la Devesa:

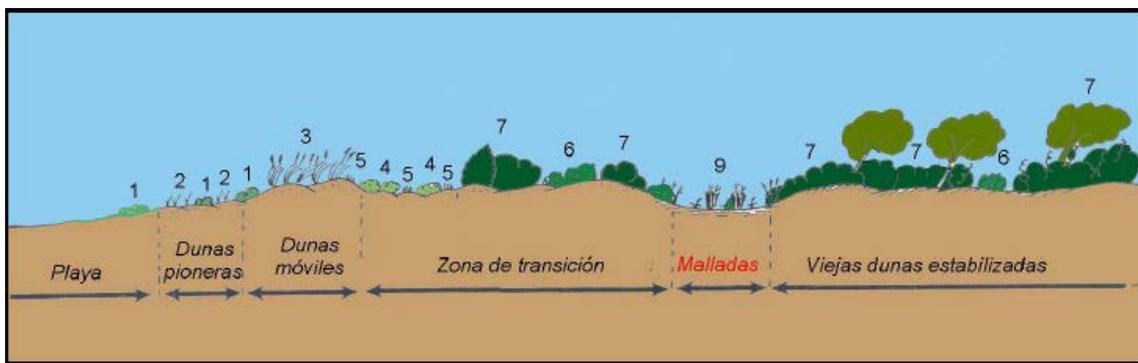


Figura 3: Reconstrucción de las unidades geomorfológicas de la Devesa (Herrero González, 2000).

De todos los ambientes citados, prestaremos mayor interés a la Devesa, ya que en él se encuentran las especies estudiadas de *Juncus* en las malladas.

Las malladas se encuentran entre los dos conjuntos dunares, entre el cordón de las dunas móviles y el cordón de las dunas fijas. Estas depresiones se caracterizan por la proximidad a la capa freática, lo que hace que en la época de lluvias se encharquen. A los períodos de encharcamiento suelen suceder los de desecación estival. La vegetación que crece en estas zonas estará directamente relacionada con la prolongación del período de sequía y encharcamiento, y con la salinidad del agua. Estas condiciones de encharcamiento y salinidad es lo que hace que la vegetación normal de las dunas deje paso a otra más especializada en la que elementos de mayores exigencias hídricas (juncáceas, ciperáceas, gramíneas...) son las dominantes (Costa *et al.*, 1983).

En lo que respecta a las características del suelo se trata de suelos poco permeables, ya que su base está formada por suelos limosos que hacen posible el encharcamiento en estas zonas con las lluvias y una costra salina en verano debido a la evaporación.

Las malladas han sufrido procesos de degradación debido a causas antrópicas como aterramientos, desecaciones y drenajes que les han afectado de forma

importante ya que se trata de ecosistemas, como hemos dicho anteriormente, muy especializados y sensibles, pero todavía quedan algunas en buen estado.

3.1.2 Edafología

En los suelos de la Devesa de la Albufera dominan tres factores fundamentales: la textura arenosa, el hidromorfismo y la salinidad. La mayor o menor incidencia de cada uno de estos tres factores por separado, o el efecto combinado de los mismos, establece la división de los suelos de la Devesa en tres grandes grupos: Arenosoles calcáricos, Solonchaks gleycos y Gleysoles calcáricos.

Seguidamente se describirán los suelos según esta división:

- Arenosoles

Son los suelos predominantes en la Devesa. Se trata de suelos no evolucionados, sin diferenciación de horizontes y sin incorporación íntima de la materia orgánica al sustrato mineral. Estos suelos poseen un carácter carbonatado y la presencia de hidromorfismo (condiciones gléicas), por lo que tuvieron que ser clasificados como Arenosoles calcáricos y Arenosoles gléicos, según la elaboración del Catálogo de Suelos de la Comunidad Valenciana (Forteza, 1995) y en el Mapa de Suelos de la Comunidad Valenciana (Rubio, 1996).

Existe una subdivisión entre diferentes Arenosoles calcáricos basada en los niveles de materia orgánica del horizonte superior, en la influencia de la presencia de agua (hidromorfismo) y en la alteración de estos suelos por los impactos de edificaciones e infraestructuras.

Los Arenosoles calcáricos son representativos de las formaciones dunares, sobre todo de las dunas delanteras móviles y del segundo frente dunar estabilizado. En estos suelos, la materia orgánica es escasa, y la parte mineral está constituida fundamentalmente por partículas de arena cuarzosa (diámetros entre 2 y 0,02 mm). La ausencia de partículas finas (limos y arcillas) impide la formación de un verdadero complejo de cambio iónico, similar al de los suelos más evolucionados, donde el material coloidal, orgánico y mineral se unen íntimamente constituyendo el sistema regulador de muchas propiedades del suelo, entre otras las referentes a la retención y cesión de nutrientes a la planta. La presencia de un escaso y rudimentario complejo de cambio iónico es una de las características diferenciadoras de los Arenosoles.

Sin embargo, son las propiedades físicas las que condicionan sus relaciones con la vegetación. La textura arenosa repercute en la facilidad de infiltración y en la capacidad de retención de agua. Por ello, los Arenosoles pueden convertirse en suelos en los que las plantas se vean sometidas a estrés hídrico. La rápida infiltración y el escaso poder de retención de agua, se ven parcialmente compensados en la Devesa cuando la capa freática no es muy profunda, permitiendo cierto ascenso capilar de agua hasta la zona de las raíces. Esta situación no se produce, en la zona de dunas (tanto exteriores

como interiores) y, por otra parte, el ascenso capilar se limita a pocos centímetros en los suelos arenosos.

Así a su vez, la porosidad del suelo también se ve afectada por la textura. En general, cuanto más arenoso es un suelo mayor es su densidad aparente y menor su volumen de poros.

Otra característica física importante deriva del bajo calor específico del cuarzo, componente fundamental de calentamiento que repercute en el régimen térmico del suelo y, por tanto, en el de la vegetación que sobre él se desarrolla.

Las características químicas y biológicas se ven también condicionadas por la textura arenosa. Las fracciones finas del suelo son las responsables de la actividad química y constituyen la fuente natural de nutrientes para las plantas. Estas no existen prácticamente en los Arenosoles calcáricos de la Devesa (Sanchis, 1986). Las partículas de cuarzo, abundantes de estos suelos, son una nula fuente de nutrientes. Por este motivo, dichos suelos poseen una fertilidad natural muy reducida. El nivel de nutrientes también se ve afectado por la enorme facilidad de lavado de los suelos arenosos y su escaso poder de retención, dada la falta de material coloidal.

El rango de pH oscila entre 7,86 y 8,60. La abundancia de conchas de moluscos en el suelo y subsuelo proporciona unos niveles importantes de carbonatos que repercuten en el pH.

Por último, es de destacar los reducidos niveles de salinidad encontrados en los Arenosoles calcáricos, incluyendo a los suelos de dunas de primera línea.

- Suelos hidromorfos

El hidromorfismo constituye un parámetro ecológico que condiciona fuertemente el desarrollo edáfico dando lugar a la formación de los suelos llamados Gleysols calcáricos e influyendo en las propiedades de los Solonchaks gleycos que muestran, junto al hidromorfismo, fenómenos de salinidad.

Las áreas hidromórficas corresponden a las zonas deprimidas, que normalmente presentan una capa freática muy superficial debido a las condiciones topográficas y a la presencia de limos o arenas compactadas de permeabilidad variable. La capa superficial del suelo, en general, no se ve afectada por la presencia de agua, salvo en zonas puntuales. Este horizonte superficial mantiene la textura arenosa de los Arenosoles calcáricos. En profundidad, existen diferencias fundamentales que derivan de las condiciones anaeróbicas provocadas por la presencia de agua que satura el espacio poroso y por los fenómenos de cementación de partículas, repercutiendo en la distribución de las especies vegetales.

En el perfil de un Gleysol calcárico se distingue un horizonte arenoso y un segundo horizonte que está sometido a las oscilaciones de la capa freática, de un color oscuro debidas a la reducción del hierro y manganeso. En este

horizonte se dan alternativamente condiciones oxidantes y reductoras. Cuando se producen condiciones de aireación, el hierro precipita o se acumula en forma menos soluble, produciendo colores amarillos rosáceos o colores grisáceos.

A continuación se encuentra el horizonte siempre reducido por la presencia constante de agua freática, en el que su color es grisáceo o de tonos oscuros (debidos a la materia orgánica). La característica fundamental de los horizontes sumergidos es la ausencia casi total de oxígeno. Debido a esto las plantas que pueden desarrollarse en este perfil deben poseer mecanismos especiales de protección ante la falta de oxígeno y ante la posible presencia de sustancias tóxicas reducidas. Las condiciones anaeróbicas disminuyen el ritmo de descomposición de la materia orgánica y ésta se acumula.

De sus características físicas, destaca el aumento en la proporción de fracciones finas en profundidad, que crean condiciones de drenaje más o menos impedido. Los pH son igualmente básicos. En los horizontes superiores la salinidad es muy baja, incrementándose en profundidad, pero siempre manteniéndose por debajo de los 4 dS/m que es el límite para clasificar a un suelo como salino.

- Suelos salinos

Cuando a las condiciones de hidromorfismo se unen concentraciones de sales solubles mayores de 4 dS/m en el extracto de saturación aparecen los suelos llamados Solonchaks gleycos. Las sales presentes en estos suelos derivan de los cationes: sodio, calcio y magnesio, y de los aniones: cloruros y sulfatos. El catión potasio y los aniones bicarbonatos y nitrato son mucho menos abundantes.

El origen de estas sales es, aparentemente, marino, y su distribución irregular, lo que puede ser explicado por la baja permeabilidad de las distintas zonas con capas de limos que dificultan su lavado.

En estas zonas, y en otras de menor entidad, la fuerte evaporación estival lleva el agua del suelo a la superficie y arrastra consigo las sales situadas en profundidad. La evaporación del agua superficial va concentrando las mismas hasta dejar una costra bien visible en dichas zonas. El efecto de la abundancia de iones en el suelo repercute fuertemente en la vegetación. La cantidad de sales solubles presentes controla la presión osmótica de la solución del suelo. Cuando se produce un aumento de la misma, se dificulta la absorción del agua. La abundancia de unos iones frente a otros en la solución de los suelos salinos, crea también antagonismos que repercuten en la facilidad de asimilación y en el metabolismo de los nutrientes. En otros casos puede producirse un efecto tóxico directo de determinados iones sobre las membranas y tejidos de las raíces. Con estos y otros efectos sobre las plantas, en las zonas salinas de la Devesa, solo se desarrolla una vegetación muy especializada, halófila o hiperhalófila.

En las características físicas y químicas de estos suelos afectados por sales destaca el cambio de la textura según la profundidad, con incremento en la capacidad de retención de agua. Los pH, tanto a nivel superficial como a nivel subsuperficial son notablemente altos. Los niveles de salinidad, siempre superiores a los 4 dS/m, alcanzan valores extraordinariamente altos en el subsuelo.

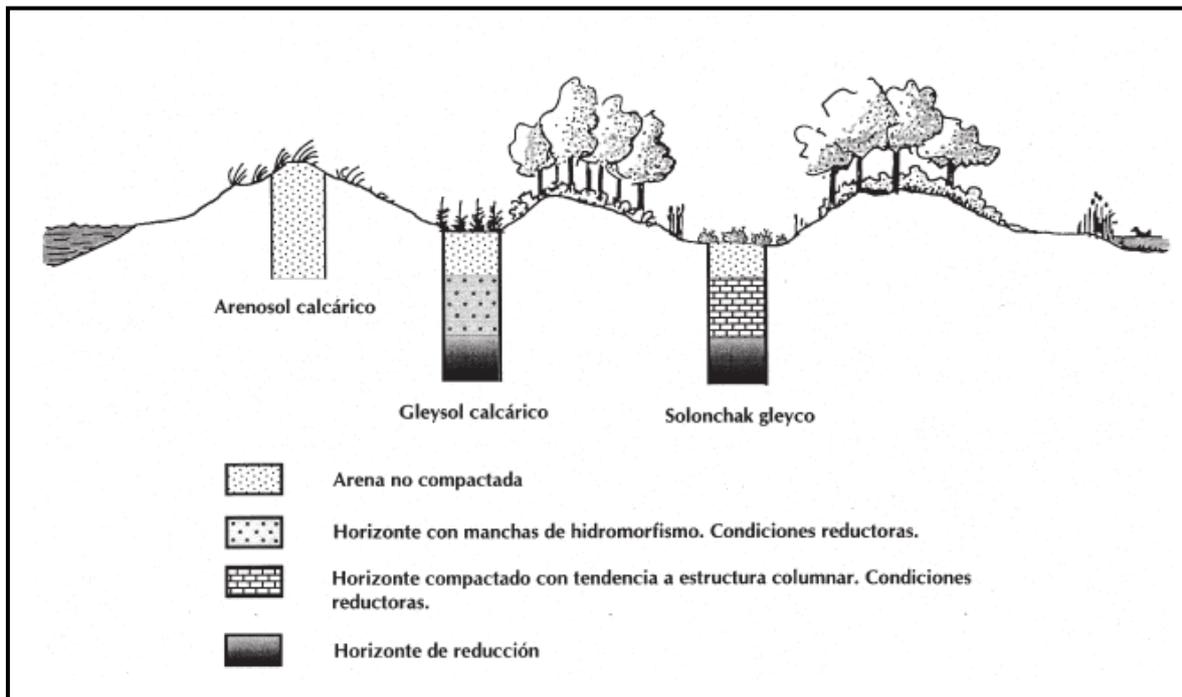


Figura 4: Esquema de la distribución transversal de las distintas zonas de la Devesa de la Albufera con indicación de los perfiles de suelo más representativos (Rubio *et al.*, 1998).

3.1.3 Hidrología

La cuenca hidrográfica de la Albufera se sitúa entre las de los ríos Turia, al Norte, y Júcar, al Sur. El lago funciona como un embalse natural de regulación de la cuenca, ocupando una superficie de 917 km².

La máxima elevación es de 1.042 m en el sector occidental y la altitud media de la cuenca es de alrededor de 150m. En ésta se puede diferenciar una zona alta, por encima de los 400 m y un uso mayoritariamente forestal, una zona media entre los 20 m y los 400 m de uso agrícola donde las especies mayoritarias son los viñedos y los algarrobos, y una zona baja en la que predominan los cultivos de arroz, hortalizas y cítricos.

La Albufera posee su propia cuenca hidrológica, pero está solo le aporta pequeñas cantidades de agua, mientras que el río Júcar le aporta la mayor parte de agua y en menor medida el río Turia.

Por eso, la Albufera es parte integrante del esquema hidrológico del río Júcar, pues recibe además por una red de sesenta y tres acequias el agua sobrante

del riego. Estas acequias también recogen parte de los vertidos de aguas residuales procedentes de las depuradoras de poblaciones de los alrededores.

Además existen aportes de manantiales que surgen del fondo ("ullals") y de los alrededores de la laguna, cuyas aguas recoge también la red de acequias que cruzan los arrozales.

En la Albufera existe una importante red de acequias y canales para el riego, entre las que cabe destacar las siguientes:

- La Acequia Real del Júcar es el canal de riego que proporciona el agua a la mayor parte de las huertas y los arrozales situados en el entorno de la Albufera; su caudal medio en los periodos de riego es de 15 m³/s. Desagua indirectamente en la Albufera, ya que aporta su caudal sobrante a la Acequia de Favara, la cual sí desemboca directamente en el lago.

- La Acequia Madre de Sueca da servicio a los arrozales de la zona sur de la Albufera; su caudal medio en los periodos de riego es de 13 m³/s.

- La Acequia de Favara es una de las ocho acequias de la Vega de Valencia que están bajo la jurisdicción del Tribunal de las Aguas de Valencia. Su origen está en el río Turia. Riega las huertas y campos del margen derecho del antiguo río Turia dominados por esta acequia hasta la acequia de Rovella y los arrozales del noroeste de la Albufera.

- La Acequia del Oro es la última acequia de riego de la Huerta de Valencia, que da riego a las tierras del margen derecho del río Turia, comprendidas entre el cauce del río, al sur del mismo, y el mar Mediterráneo, en su mayor parte tierras del arrozal de la zona norte del Parque Natural de la Albufera.

Por lo que respecta al drenaje de la cuenca al lago, se realiza fundamentalmente a través de seis barrancos principales: Berenguera (18 km²), Hondo (24 km²), del Agua (42 km²), de Montes (92 km²), Picassent (con una cuenca de 100 km²) y, el de mayor drenaje, el barranco de Torrente o Chiva (417 km²).

3.1.4 Vegetación halófito

La descripción de la vegetación halófito está basada en Costa & Boira 1981, Costa, Peris & Figuerola 1984, y Costa *et al.*, 1986.

La vegetación halófito está directamente relacionada con la prolongación del periodo de sequía y encharcamiento, y con la salinidad del agua. Estas comunidades, que según la salinidad del suelo y el encharcamiento se distribuyen en las clases siguientes: *Arthrocnemetea*, *Juncetea maritimi*, *Thero-Salicornietea* y *Nerio-Tamaricetea*.

A continuación se describen con detalle aquellas clases en las que la vegetación suele crecer en las malladas y por tanto se encuentran representadas las dos especies de *Juncus* estudiadas.

- ***Arthrocnemetea* Br.-Bl. & R. Tx. 1943 em. nom. O. Bolós 1957.**

A esta clase pertenece la vegetación, de caméfitos crasicaules perennes, que son capaces de crecer sobre suelos fuertemente salinos y con un nivel de agua variable, que puede ir desde el encharcamiento a la total desecación en la época estival, formándose una costra salina en la superficie. El suelo donde se desarrolla esta vegetación tiene una elevada proporción de ión sodio en su estructura. Se trata de una vegetación caméfito vivaz fruticosa muy pobre en especies y con dominio de las plantas leñosas y suculentas, acompañadas de alguna herbácea vivaz. Esta vegetación tiene su óptimo en la cuenca mediterránea, teniendo una buena representación en nuestro territorio.

Entre las especies dominantes destacan las cirialeras *Sarcocornia fruticosa*, *Arthrocnemum radicans* y *Arthrocnemum macrostachyum*. El dominio de una u otra va a depender del grado de humedad del suelo. La apariencia de estas formaciones es muy peculiar, ya que cubren grandes extensiones de aspecto uniforme alternando con las comunidades dunares y con los carrizales y juncuales. A pesar de su aparente uniformidad, existen ciertas peculiaridades ecológicas y corológicas que condicionan algunas diferencias florísticas en base a las cuales se pueden establecer distintas comunidades.

Puccinellio festuciformis-Arthrocnemetum fruticosi Br.-Bl.1931 em. nom. J. M. Gehu 1976.

Se trata de una comunidad muy localizada en la Devesa. Es una formación en la que domina con gran biomasa *Sarcocornia fruticosa*. Su dominancia y cobertura, entre el 80 y 90 % confiere a estas formaciones un aspecto monoespecífico. Las zonas que ocupan cumplen lo ya comentado: encharcamiento temporal y desecación total en verano con formación de costras salinas. El suelo texturalmente suele variar desde franco arenoso al franco limoso. La textura del suelo es un factor condicionante. En la Devesa se reconoce una subasociación *sporoboletosum pungentis* en la que *Sporobolus pungens* y *Limonium girardianum* son los elementos diferenciales. Cuando aumenta la proporción de elementos finos en el suelo, pasando a textura franco-limosa entonces se hacen abundantes *Puccinella festuciformis* y *Halimione portulacoides*, reconociéndose una subasociación *halimionetosum portulacoidis*, muy rara en la Devesa.

Arthrocnemo-Juncetum subulati Brullo & Furnari 1976.

Se trata de una comunidad más halófila que la anterior. Tiene en Valencia buena representación en las costas de l'Horta Nord y Camp de Morvedre ocupando los saladares con prolongado periodo de estiaje. Con menores exigencias hídricas que la asociación anterior, vive sobre suelos, en general franco-arcillo-arenosos. Capaz de soportar una gran salinidad, da paso hacia los ecótopos más secos, a comunidades del orden *Limonietalia*, con las que se pone en contacto. En la Devesa de la Albufera es muy escasa y está mal estructurada. Debió tener muy buena representación antes de los destrozos infringidos en la Devesa.

- ***Juncetea maritimi* Br.-Bl. (1931) 1952.**

Las depresiones que conservan cierto grado de humedad durante todo el año, se trata de medios que no son tan halófitos bien por presentarse una textura arenosa, que por su mayor permeabilidad y estructura grosera retiene poco las sales en disolución, o bien porque el mayor encharcamiento y mantenimiento de la humedad en verano no permite una elevada concentración en cloruros. Estos suelen cubrirse de una vegetación densa en la que dominan las juncáceas, ciperáceas y gramíneas. Son las conocidas como “praderas saladas o juncales” tan características de estos ecótopos. Soportan cierta salinidad pero no llegan a formarse costras salinas al conservar cierta humedad en el verano, por ello se pueden encontrar también en los cinturones exteriores de las malladas. Estas comunidades con aspecto juncal desplazan a las formaciones de *Arthrocnemetea* con las que contacta y alterna según las condiciones ecológicas del enclave. El óptimo de este tipo de vegetación es eurosiberiano, aunque alcanza la región mediterránea donde llega a tener una buena representación.

Carici extensae-Juncetum maritimae Rivas-Martínez & Costa inéd.

Es característica de ciertas depresiones del litoral en las que se da un mayor encharcamiento y retención de humedad en el verano haciendo que la halofilia disminuya, apareciendo las verdaderas praderas de juncales con dominancia de *Juncus maritimus*. Ésta es una comunidad abundante que puede contactar, bien con la comunidad anterior, o bien con las psamófilas cuando aparecen ciertas condiciones arenosas en la depresión interdunar. Las especies características de esta asociación son *Carex extensa*, *Carex distans*, *Juncus maritimus*, *Centaurea dracunculifolia*, *Elymus elongatus*, *Linum maritimum*, *Dorycnium gracile*, *Epilobium hirsutum* y *Sonchus maritimus*.

Spartino-Juncetum maritimi O.Bolós 1962.

Probablemente, de todas las praderas juncales, es ésta la asociación menos exigente en humedad, representa el tránsito de las comunidades halófitas a las de aguas dulces y contacta frecuentemente con los carrizales de acequias y albuferas. *Spartina maritima*, *Juncus maritimus* y *Juncus acutus* forman la biomasa fundamental de la comunidad, que puede variar según sean las características texturales del suelo y la humedad. Cuando el suelo es arenoso y muy húmedo, domina *Spartina*, cuando se hace más seco y arcilloso, *Juncus maritimus*. En todas las praderas juncales halófilas no son raros algunos vegetales como *Inula crithmoides*, *Limonium vulgare*, *Limonium maritimum*, *Agropyrum elongatum* e incluso, en ocasiones, sobre todo en las situaciones más secas, *Sarcocornia fruticosa*.

Schoeno-Plantaginetum crassifoliae Br. – Bl. 1931.

Es una de las comunidades más frecuentes en las malladas y representa la unión entre los saladares y la vegetación fruticosa de las dunas. Suele situarse en suelos arenosos y muy permeables donde está representada por la

subasociación *plantaginetosum crassifoliae*. Presenta un aspecto muy característico, dominando el junco negro (*Schoenus nigricans*) y *Plantago crassifolia*, acompañadas por otros halófilos, juncáceas y ciperáceas. Las especies características de esta comunidad son: *Schoenus nigricans*, *Plantago crassifolia*, *Dorycnium gracile*, *Linum maritimum* y *Scirpus holoschoenus*.

3.1.5 Climatología

El clima mediterráneo se caracteriza por poseer veranos secos y caluroso e inviernos suaves. Las estaciones donde se producen las mayores precipitaciones son la primavera y el otoño, siendo estas precipitaciones la mayoría de las veces con un carácter torrencial.

En las zonas costeras, las temperaturas son más suaves durante todo el año y las precipitaciones suelen ser más regulares que en el interior, sobre todo si los vientos vienen de levante, ya que así arrastran las nubes cargadas de agua procedentes del mar. En estos ecosistemas el viento es muy erosivo y es capaz de transportar pequeñas gotitas de agua de mar hacia el interior de las zonas costeras, las rachas de este viento son mayores en las estaciones de otoño e invierno.

3.2 Caracterización de las especies estudiadas

Las dos especies estudiadas pertenecen a la familia *Juncaceae* dentro del género *Juncus*.

3.2.1. Descripción de la familia *Juncaceae*

Las especies de la familia *Juncaceae* son plantas herbáceas, anuales o perennes y siempre glabras. Tallos erectos o ascendentes, a veces radicantes en los nudos, cilíndricos o ligeramente comprimidos, lisos o estriados. Hojas delgadas todas basales y caulinares; vainas foliares provistas en general de márgenes escariosos, los cuales en muchos casos se prolongan en dos aurículas; limbos foliares planos, canaliculados, convolutos, semicilíndricos, cauliformes, o cilíndricos septado-nudosos. Inflorescencia pauciflora a multiflora, frecuentemente en antela compuesta, formando a veces las ramas terminales cimas drepaniformes, fascículos o glomérulos.

Flores generalmente casmógamas, raramente cleistógamas. Fruto capsular, unilocular, triseptado o trilocular, dehiscencia loculicida. Semillas numerosas, en algunas especies apendiculadas por prolongación de la testa, la cual es, en general, estriada longitudinalmente o reticulada; embrión pequeño (Fernández-Carvajal, 1981).

3.2.2. Especies estudiadas

Las dos especies estudiadas son, como se ha referido en apartados anteriores, *Juncus acutus* y *Juncus maritimus* y en este apartado se hará una breve descripción de ellas, así como su fenología, ecología y su distribución general.

Juncus acutus

Descripción: Hierba perenne de (25-)40-180(-200) cm de alto, densamente cespitosa, con un grueso y breve rizoma. Tallos muy fuertes, erguidos, cilíndricos, (1,5-)2-4 mm de diámetro. Vainas basales de color castaño, brillantes, algunas afilas y 2-5 provistas de limbo cilíndrico, muy fuerte, similar al tallo y menor que éste, punzante; aurículas ausentes. Inflorescencia antelada, multiflora, 3-20(-28) cm de longitud pudiendo presentarse desde compacta, globosa hasta alargada, laxa. Bráctea inferior pareciendo continuación del tallo, 3-28 (-42) cm largo, con una amplia vaina punzante. Flores solitarias o agrupadas en glómérulos, en número de 2-5. Tépalos iguales o subiguales, oblongos, 2,4-3,5(-4) mm largo, rígidos, de color castaño en la parte superior; los externos subcimbiformes obtusos o subagudos, mucronados, con estrechos márgenes escariosos; los internos obtusos, mucronados, provistos de amplias aurículas escarioso-hialinas. Estambres en número de 6, poco más cortos que los segmentos periánticos; anteras de (1-) 1,3-1,8 mm. Estilo 0,5-0,8 mm largo; estigmas 1,5-2 mm largo. Cápsula castaña, brillante, incompletamente trilobular, ovoide-subesferoidea, apicalmente cónica, mucronada, 4-5,5(-6) mm largo. Semillas ferrugíneas, oblicuamente ovoides, con estriación longitudinal apenas marcada, (1-) 1,2-1,7 mm incluyendo los apéndices escarioso- hialinos (iguales o subiguales) que forman la testa, generalmente en número superior a 80.

Fenología: Florece y fructifica de mayo a agosto.

Ecología: Convive con *J. maritimus* formando parte de las praderas-juncuales salinas del litoral e interior, sobre suelos que permanecen húmedos prácticamente durante todo el año. También es frecuente formando amplios rodales en las dunas próximas a las desembocaduras de corrientes de agua dulce.

Distribución general: Europa occidental; región mediterránea; Islas Canarias; Madeira; este de Norteamérica; zonas cálido-templadas de Sudamérica; sur de África; Australia; Nueva Zelanda.



Figura 4: *Juncus acutus*
Fuente: <http://herbarivirtual.uib.es>

Juncus maritimus

Descripción: Planta verde-pajiza, perenne, sobrepasando en muchas ocasiones 1 m de altura, con un grueso rizoma horizontal de 2,5-8 mm de diámetro y entrenudos de longitud muy variable. Tallos erectos, cilindricos de (1-) 1,5-2,5 (-3,5) mm de diámetro, lisos o suavemente estriados en seco, rodeados inferiormente de 2-5 vainas de color pardo, brillantes, afilas, mucronadas. Hojas todas básales, en número de 2-4, con el limbo cilindrico, punzantes y, como éste, provistas de médula continua. Inflorescencia antelada, multiflora de 2,5-25(-42) cm de largo, ordinariamente laxa, aunque en ocasiones se presenta más o menos contraída. Bráctea inferior apareciendo como continuación del tallo, punzante; bráctea superior también punzante pero mucho más breve y delgada que la anterior. Flores verde-amarillentas, solitarias o en fascículos de 2-3(-7); segmentos del perianto desiguales, con anchos márgenes escarioso-hialinos, los externos ovados, cimbitiformes, agudos, brevemente mucronados, (2,5-)3-3,6(-4) mm de largo; los internos más cortos (2,1-)2,5- 3(-3,5) mm, estrechamente elípticos, obtusos. Seis estambres (raramente 3) alcanzando casi los 2/3 de la longitud del perianto; anteras de 0,8-1,5(-1,8) mm. Estilo 1,2-1,5 mm; estigmas cortos. Cápsula trilocular 2,5-4 mm de longitud, trígono-ovoide, obtusa o subaguda, mucronada de color amarillento a pardo claro, poco brillante. Semillas oblicuamente ovoideas, apendiculadas por prolongación de la testa, de 0,7-1,2 mm de largo, longitudinalmente estriadas, pardas.

Fenología: Florece y fructifica de junio a octubre.

Ecología: Entra a formar parte de las praderas-juncales, típicamente halófilas, que se desarrollan sobre suelos permanentemente húmedos, ricos en cloruros

(especialmente cloruro sódico) y con carbonatos alcalino-térreos (juncales calizo-subsalinos).

Distribución general: Europa occidental y central; región mediterránea; África septentrional; Asia occidental; introducida en Norteamérica, aunque, según SNOGERUP (NILSSON & SNOGERUP, 1972:208), ahora se ha extinguido.



Figura 5: *Juncus maritimus*
Fuente: <http://herbarivirtual.uib.es>

3.3. Germinación de las semillas

Material biológico

Las semillas utilizadas en este trabajo proceden de la Oficina Técnica Devesa-Albufera (Ayuntamiento de Valencia) de El Saler.

Material

- Placas petri
- Microscopio
- Papel de filtro
- Pinzas
- Lupa
- Tijeras
- Parafilm
- Microscopio
- Algodón
- Agua destilada
- Espátula

Procedimiento

Primero se marca un círculo en el papel de filtro con las mismas medidas que la placa petri y se recorta. Se coloca una capa de algodón dentro de la placa petri y sobre ella el papel de filtro. A continuación se moja la placa con agua destilada para que las semillas puedan germinar y se distribuyen uniformemente las semillas. Se colocan 50 semillas en cada placa. Luego se tapan las placas y alrededor se pone parafilm para evitar que se sequen las placas. Se han puesto a germinar varias placas unas con semillas de *Juncus acutus* y otras placas con semillas de *Juncus maritimus*.

Por último se han introducido las placas en la cámara de cultivo a una temperatura de 25° y una humedad del 55%, con un fotoperiodo de luz de 12 horas, y se han ido humedeciendo según han necesitado agua.



Figura 6: Ejemplo de placa Petri con semillas.

3.4. Trasplante de las plántulas

Material

- Turba
- Perlita
- Vermiculita
- Pinzas
- 6 bandejas con macetas de alvéolos.
- 6 bandejas con macetas.

Procedimiento

En una bandeja se ha mezclado la turba, la vermiculita y arena de playa en una proporción de 1:1:2 respectivamente, y se ha introducido la mezcla en cada alvéolo. Luego se han introducido 1 plántula en cada alvéolo y se han puesto dentro de la cámara de cultivo. Una vez a la semana se han regado con agua del grifo hasta que han tenido un tamaño adecuado para volverlas a trasplantar a macetas. Cuando han crecido se vuelven a transplantar, pero en macetas y solo se introduce una planta en cada maceta, y estas se introducen dentro de

la cámara de cultivo en bandejas. Las bandejas se han marcado, ya que cada una es un tratamiento diferente y se regara con diferentes concentraciones de sales. Cada bandeja posee varias macetas de las dos especies de juncos.



Foto 4: Bandejas con *J. acutus* y *J. maritimus*.

3.5. Tratamientos realizados a *J. acutus* y *J. maritimus*

A las plantas se las ha ido regando con los tratamientos que a continuación se describen:

Material

- Matraz
- Embudo
- Pipetas
- Agitador
- Erlenmeyer
- Balanza analítica
- Vaso de precipitados
- Probeta de 1l
- Espatula
- Agua destilada
- Bote de NaCl
- Bote de Ca²⁺
- Bote de Mg²⁺
- Molinillo de café
- Pincel

Procedimiento

Primero se preparo la disolución madre de cloruro de sodio (NaCl) 1M, la disolución madre de cloruro de calcio (CaCl₂) 1M y la disolución madre de cloruro de magnesio (MgCl₂) 1M y a partir de estas se prepararon las siguientes disoluciones:

0. Control (sin sal)
1. 0,4 M NaCl
2. 0,4 M NaCl+ 0,01M CaCl₂
3. 0,4 M NaCl+ 0,02M CaCl₂
4. 0,4 M NaCl+ 0,01M MgCl₂
5. 0,4 M NaCl+ 0,02M MgCl₂

Estas disoluciones, se han empleado para el riego de las dos especies según su tratamiento. Los riegos se han empezado el día 27 de abril de 2010 y se terminaron de regar el día 7 de julio de 2010. Durante este periodo se han regado una vez a la semana. También se ha medido la longitud de la hoja más alta de cada individuo cinco veces, con diferencia de dos a tres semanas de una medida a otra, ya que el crecimiento de las dos especies es bastante lento. Cuando las plantas han empezado a morir, se han parado los riegos y se ha medido la longitud de las raíces. Luego se ha medido con una balanza de precisión el peso fresco total, el peso fresco de las raíces y el peso de la parte aérea de las plantas.

Una vez hecho esto, se han puesto las plantas a secar en una estufa a 65°C durante tres días y por último se ha medido el peso seco de la parte aérea y de las raíces de cada individuo. Después se han triturado las partes aéreas y se han marcado los diferentes botes según el tratamiento y la especie.



Figura 7: Parte aérea y parte subterránea de *J. maritimus* (arriba derecha) molinillo de café con la parte aérea (arriba izquierda) muestra triturada de *J. acutus* (abajo) .

3.6. Medición de los iones en las dos especies estudiadas

3.6.1. Infusiones

Material

- Agua destilada
- Recipiente para calentar agua
- Muestras trituradas de las plantas
- Aparato para calentar agua

Procedimiento

Para medir los iones se debe hacer una infusión de las hojas de las dos especies de junco, separándolas por tratamientos. El proceso consiste en hervir durante unos 20 minutos aproximadamente las hojas de *Juncus acutus* y de *Juncus maritimus*, y luego poner las diferentes infusiones en botes rotulados, con el fin de reconocer los diferentes tratamientos y las especies.

3.6.2. Medición de los iones

Los diferentes iones se han medido con dos técnicas, según del ion que se trate. Las mediciones se han llevado a cabo a temperatura ambiente. Los iones Na y K se han medido mediante el proceso de fotometría de llama y los iones Ca y Mg mediante la absorción atómica.

3.6.2.1. Fotometría de llama

Se trata principalmente de un método de análisis cuantitativo y es uno de los métodos más sencillos y precisos para el análisis de metales alcalinos, la mayor parte de los metales alcalinotérreos y algún otro elemento metálico. También es posible realizar un análisis cualitativo examinando todas las longitudes de onda del espectro de emisión (espectrofotometría de llama o fotometría de llama). Es una técnica de emisión que utiliza una llama como fuente de excitación y un fotodetector electrónico como dispositivo de medida.

Esta técnica se basa en la medida de la intensidad de la radiación emitida por los átomos excitados de una muestra a la longitud de onda característica de ese elemento, el átomo se activa pasando el electrón de valencia del nivel fundamental a niveles excitados, por medio de una llama, al volver de ese nivel al fundamental emite energía, y la intensidad de la radiación emitida será la concentración del elemento emitido, ya que es proporcional.

Su aplicación es limitada si se compara con la espectroscopía de emisión ordinaria, ya que la energía de la llama permite excitar únicamente de 30 a 50 elementos, siendo este número función del tipo de llama utilizada. La muestra debe estar disuelta.

Las ventajas fundamentales de la utilización de la llama como fuente de excitación son que los espectros son muy sencillos y que los resultados cuantitativos tienden a ser más reproducibles. Los espectros son sencillos debido a la baja energía de excitación de la llama que da lugar a pocas líneas de emisión. Este hecho hace disminuir el problema de las interferencias espectrales a partir de líneas y bandas de otros elementos y además no implica

la necesidad de un monocromador de elevada resolución. La mayor reproducibilidad de estos métodos se debe al mejor control de las variables en una excitación por llama.

Las dos desventajas más importantes de los métodos de emisión en llama son que la energía de excitación es demasiado baja para la mayoría de los elementos y que la muestra debe estar disuelta.

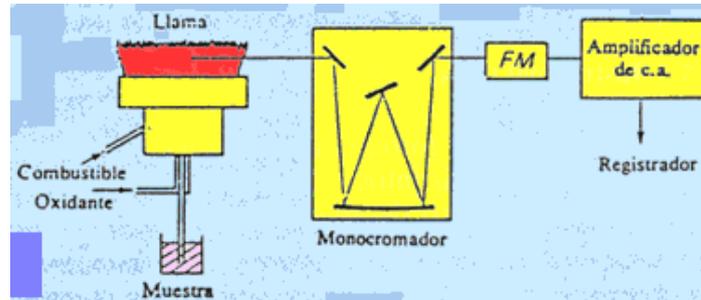


Figura 8: Esquema de un fotómetro de llama.

Fuente: www.xtec.cat



Figura 9: Fotómetro de llama.

Procedimiento

En primer lugar se debe preparar la curva de calibrado a partir de una disolución madre de 100 ppm (mg/L). Se calculan los volúmenes necesarios para las siguientes concentraciones: 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 25 ppm, para un matraz aforado de 100 ml. Se introducen en diferentes matraces los volúmenes de 1 ml, 5 ml, 10 ml, 15 ml, 25 ml y se afora con agua destilada hasta 100 ml.

Antes de comenzar a medir las muestras hay que calibrar el fotómetro de llama para ello se pone en marcha el espectrofotómetro de llama seleccionando el monocromador que corresponda según el ion que estemos midiendo, y se ajusta el equipo siguiendo las normas de manejo que correspondan con este equipo. Una vez ajustado se pasan las disoluciones patrón en orden creciente de concentración anotando la lectura para construir la curva patrón.

Por último se procede a la lectura de nuestras muestras.

3.6.2.2. Absorción atómica

La espectroscopía de absorción atómica es un método instrumental de la química analítica que determina una gran variedad de elementos al estado fundamental como analitos. Puede utilizarse para analizar la concentración de más de 62 metales diferentes en una solución.

Los electrones de los átomos en el atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía (es decir, luz de una determinada longitud de onda). Esta cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular, y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento.

En la absorción atómica existe una fuente independiente de luz monocromática, específica para cada elemento a analizar y que se hace pasar a través del vapor de átomos, midiéndose posteriormente la radiación absorbida.

La técnica hace uso de la espectrometría de absorción para evaluar la concentración de un analito en una muestra. Se basa en gran medida en la ley de Beer-Lambert.

$$A = a \cdot b \cdot c$$

A = absorbancia.

a = coeficiente de absorción (constante).

b = longitud del camino óptico.

c = concentración.

Como la cantidad de energía que se pone en la llama es conocida, y la cantidad restante en el otro lado (el detector) se puede medir, es posible, a partir de la ley de Beer-Lambert, calcular cuántas de estas transiciones tienen lugar, y así obtener una señal que es proporcional a la concentración del elemento que se mide.

En la absorción atómica la sensibilidad depende del número de átomos que se encuentran en el estado fundamental. Normalmente, en la fotometría de llama tan sólo un pequeño porcentaje de átomos se encuentran en estado excitado. Por lo tanto, la absorción atómica da lugar, en general, a una mayor sensibilidad que la fotometría de llama para un gran número de elementos.

Además, la absorción atómica es una técnica que presenta menos interferencias y es más simple que la fotometría de llama, lo que explica el espectacular desarrollo de la técnica en los últimos años. Hay que señalar que a pesar de ello, la absorción atómica no ha eliminado el uso de la fotometría, sino que ambos métodos deben considerarse complementarios, siendo la sensibilidad de cada uno de ellos superior a la del otro para determinados elementos.

En la absorción atómica la baja energía no es una desventaja tan importante ya que la misión de la llama, en ese caso, es únicamente atomizar la muestra y formar un vapor de átomos sin excitar; por esta razón es aplicable a un mayor número de elementos que la fotometría de llama.

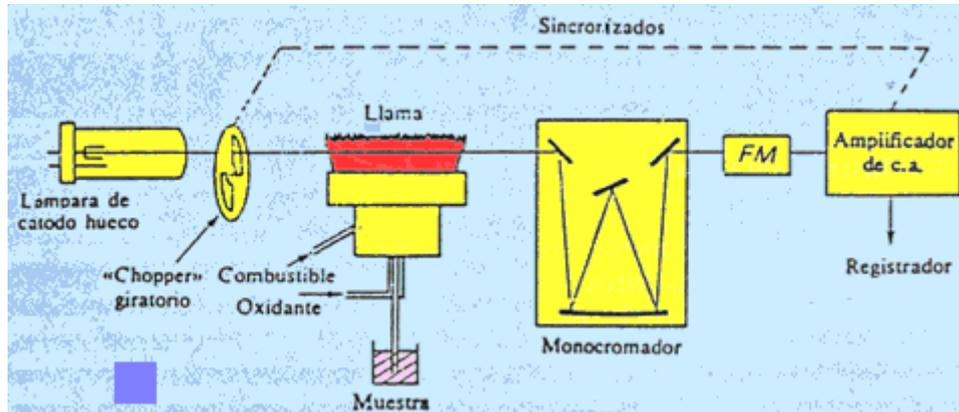


Figura 10: Esquema de absorción atómica.



Figura 11: Fotómetro de absorción atómica.

Procedimiento

El procedimiento para realizar la curva de calibrado es el mismo que se ha descrito anteriormente.

A continuación se pone en marcha el fotómetro de absorción atómica siguiendo minuciosamente sus instrucciones y acoplado el filtro y la lámpara correspondiente al elemento que se va a medir. Luego se ajusta el equipo siguiendo las normas de manejo que correspondan con este equipo. Una vez ajustado se pasan las disoluciones patrón en orden creciente de concentración anotando la lectura para construir la curva patrón.

Por último se procede a la lectura de nuestras muestras y se anotan los valores.

3.7. Análisis de los datos

Los datos de las plantas que se han ido anotando durante el seguimiento del proyecto, así como las curvas de calibrado de los diferentes iones medidos, se han analizado con el programa Excel.

También estos datos han sido analizados mediante el método estadístico, con el programa SPSS. Se han obtenido las medias, la desviación estándar con un intervalo de confianza del 95%, además de otros datos. Luego se ha realizado el ANOVA para *Juncus acutus* y *Juncus maritimus*, mediante el que se pretende determinar si existen o no diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

Por último se ha aplicado las pruebas de post-hoc (el test de Turkey) o el test de las Diferencias Mínimas Significativas (DMS) que tratan de hacer comparaciones por pares para distinguir las diferencias entre los diferentes tratamientos.

4. RESULTADOS Y DISCURSIÓN

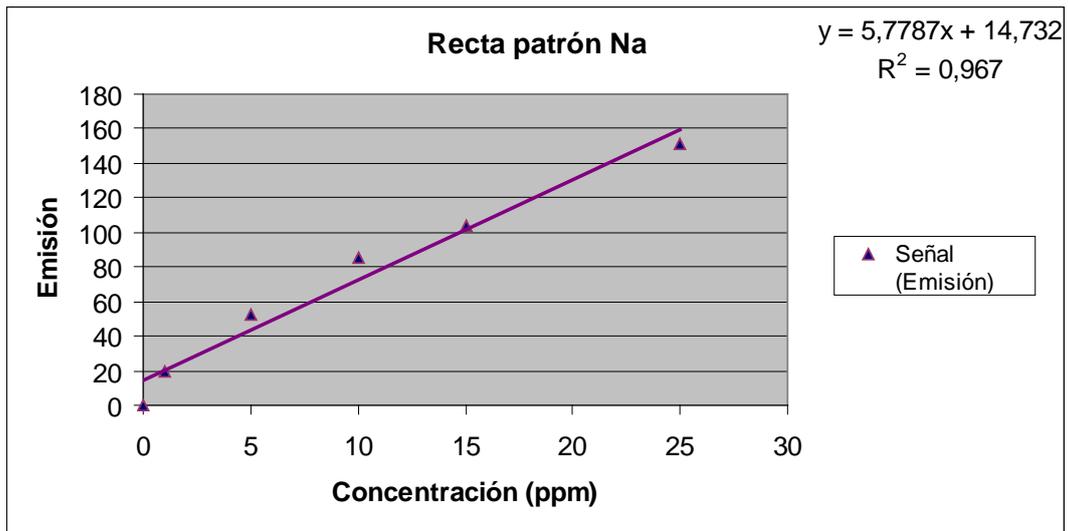
4.1. Resultados

A continuación se muestran los datos y las curvas de calibrado de sodio y potasio para las especies de *J. maritimus* y de *J. acutus*, respectivamente, a partir de los datos obtenidos en la fotometría de llama:

- *Juncus maritimus*

Concentración (ppm)	Señal (Emisión)
0	0
1	20
5	52
10	85
15	104
25	151

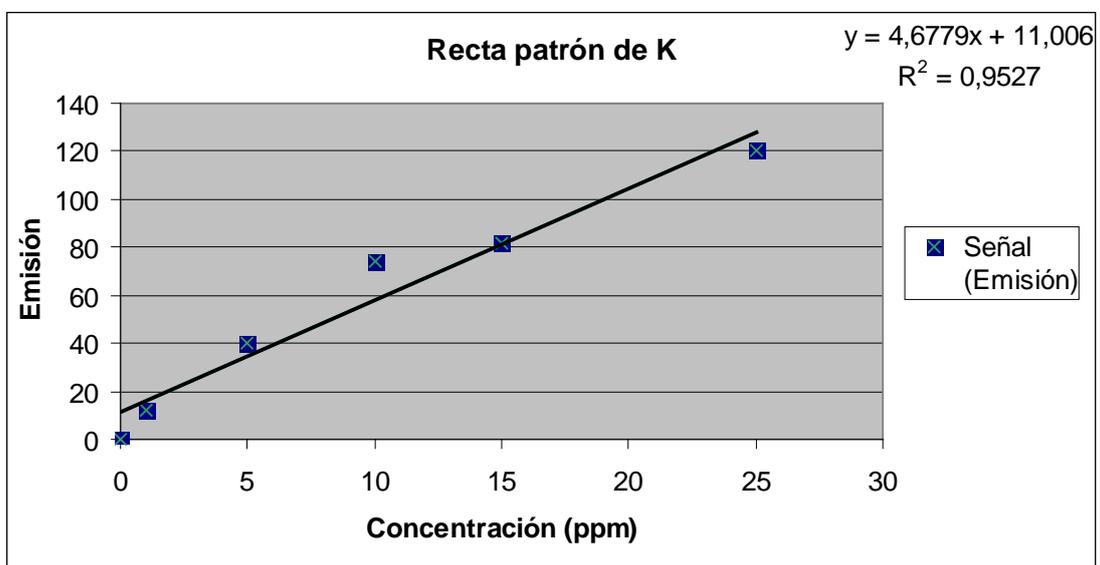
Tabla 1: Tabla de calibrado para el Na.



Gráfica 1: Curva de calibrado para el Na.

Concentración (ppm)	Señal (Emisión)
0	0
1	12
5	40
10	74
15	82
25	120

Tabla 2: Tabla de calibrado para el K.



Gráfica 2: Curva de calibrado para el K.

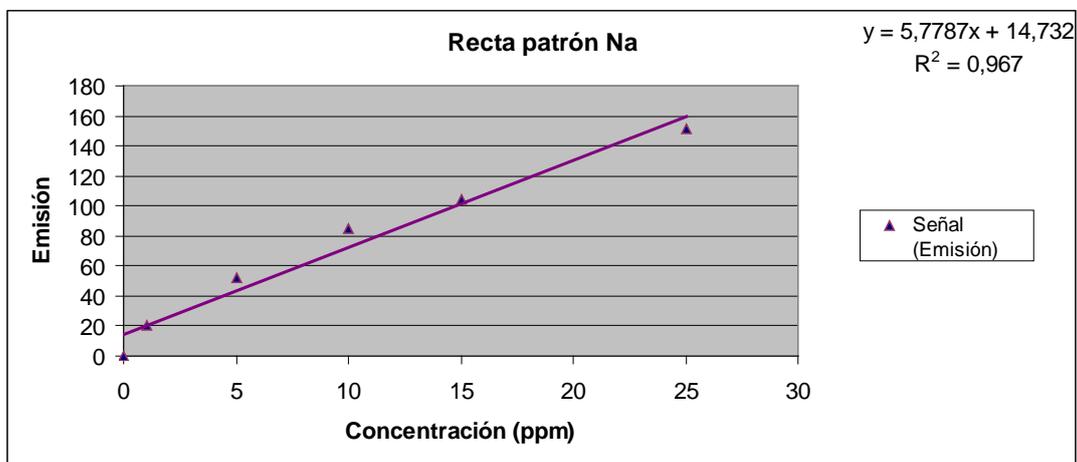
- *Juncus acutus*

Concentración (ppm)	Señal (Emisión)
0	0
1	20

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

5	52
10	85
15	104
25	151

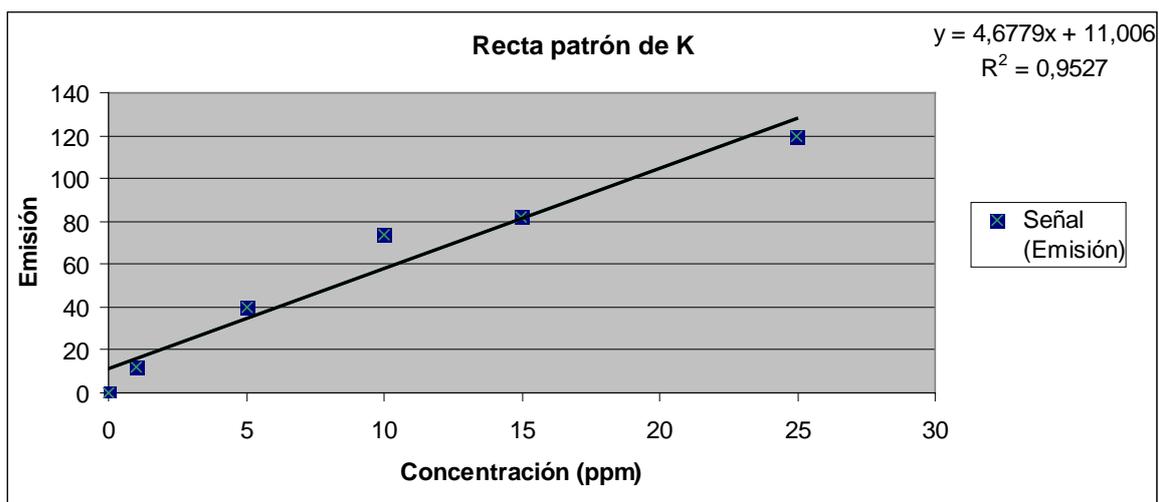
Tabla 3: Tabla de calibrado para el Na.



Gráfica 3: Curva de calibrado para el Na.

Concentración (ppm)	Señal (Emisión)
0	0
1	12
5	40
10	74
15	82
25	120

Tabla 4: Tabla de calibrado para el K.



Gráfica 4: Curva de calibrado para el K.

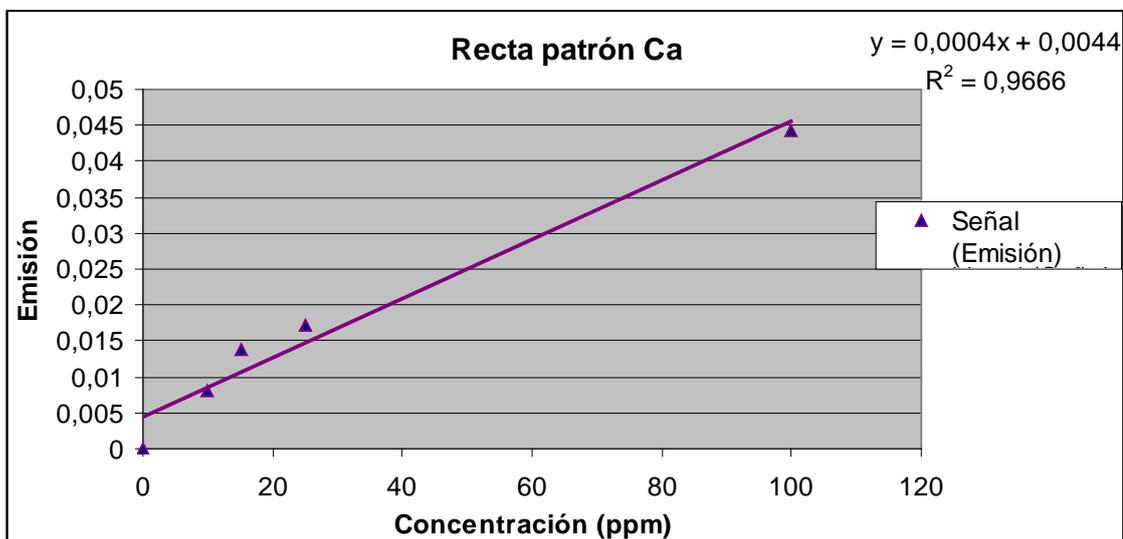
Como se puede observar en todas las curvas de calibrado el factor de regresión (R^2) está en torno a 0,9, lo que indica que existe más o menos un buen comportamiento lineal de los puntos experimentales.

Seguidamente se muestran los datos y las curvas de calibrado de calcio y magnesio para las especies de *J. maritimus* y de *J. acutus*, respectivamente, a partir de los datos obtenidos en la absorción atómica:

- *Juncus maritimus*

Concentración (ppm)	Señal (Emisión)
0	0
10	0,0082
15	0,0139
25	0,0171
100	0,0444

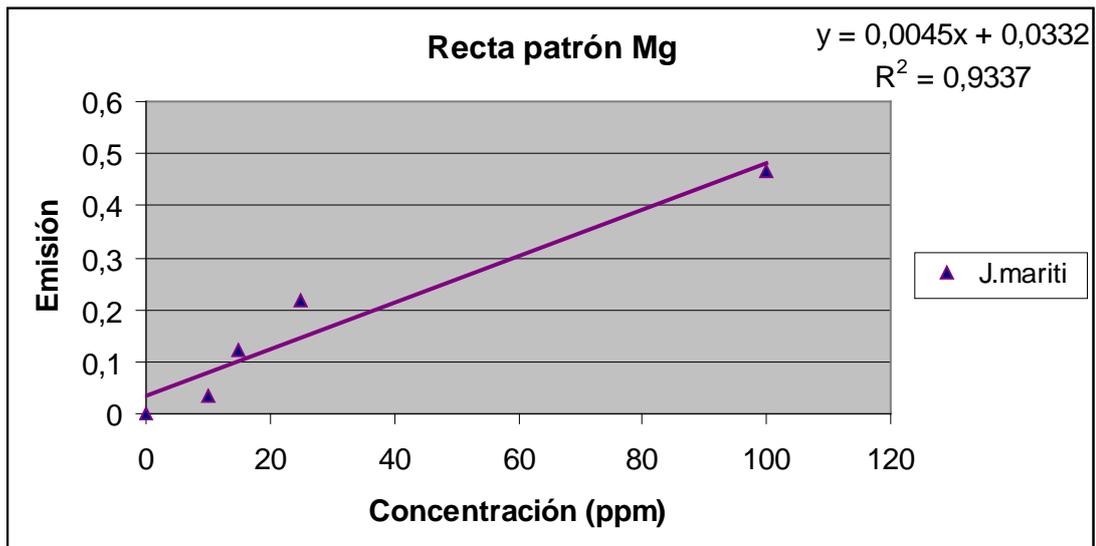
Tabla 5: Tabla de calibrado para el Ca.



Gráfica 5: Curva de calibrado para el Ca.

Concentración (ppm)	Señal (Emisión)
0	0
10	0,0337
15	0,1218
25	0,2189
100	0,4649

Tabla 6: Tabla de calibrado para el Mg.

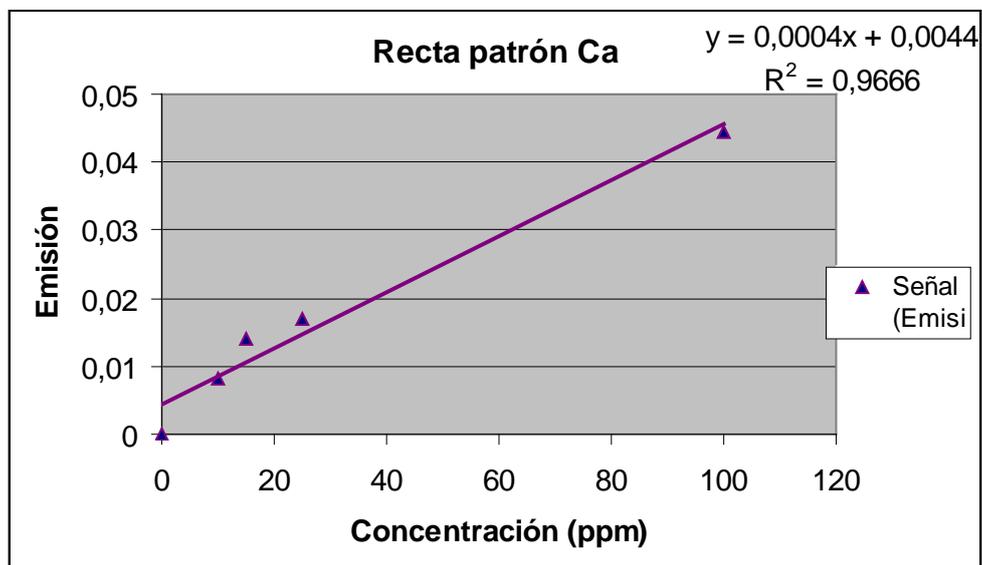


Gráfica 6: Curva de calibrado para el Mg.

- *Juncus acutus*

Concentración (ppm)	Señal (Emisión)
0	0
10	0,0082
15	0,0139
25	0,0171
100	0,0444

Tabla 7: Tabla de calibrado para el Ca.

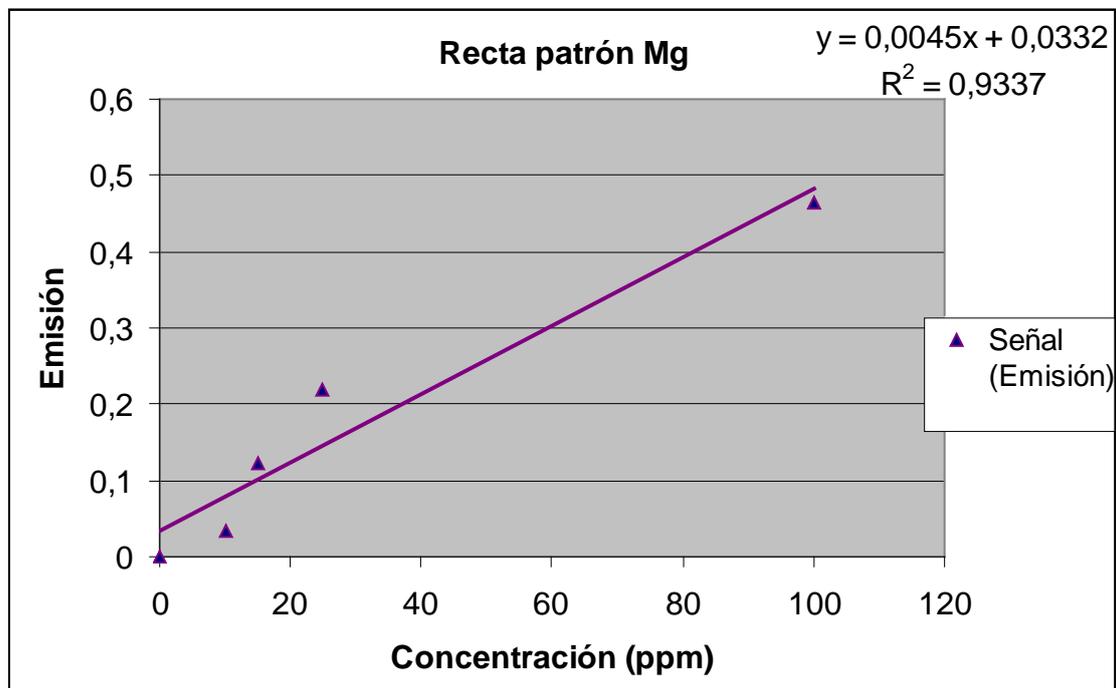


Gráfica 7: Curva de calibrado para el Ca.

Concentración (ppm)	Señal (Emisión)
0	0
10	0,0337
15	0,1218

25	0,2189
100	0,4649

Tabla 8: Tabla de calibrado para el Mg.



Gráfica 8: Curva de calibrado para el Mg.

Al igual como ocurre con la fotometría de llama, se puede observar en todas las curvas de calibrado el factor de regresión (R^2) está en torno a 0,9, lo que indica que existe más o menos un buen comportamiento lineal de los puntos experimentales.

4.2. Resultados estadísticos

4.2.1. Concentración de cationes totales en las especies estudiadas.

Descriptivos									
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Ca	Control	4	,013099	,0069627	,0034814	,002020	,024179	,0046	,0216
	Trat 1	4	,020481	,0056753	,0028377	,011450	,029512	,0150	,0258
	Trat 2	4	,029734	,0248228	,0124114	-,009765	,069232	,0075	,0536
	Trat 3	4	,034932	,0003395	,0001698	,034392	,035472	,0345	,0353
	Trat 4	4	,031501	,0014555	,0007277	,029185	,033817	,0299	,0333

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

	Trat 5	4	,027239	,0029698	,0014849	,022513	,031964	,0241	,0304
	Total	24	,026164	,0121810	,0024864	,021021	,031308	,0046	,0536
Mg	Control	4	,199746	,0069135	,0034568	,188745	,210746	,1923	,2072
	Trat 1	4	,323924	,0193740	,0096870	,293095	,354752	,3070	,3409
	Trat 2	4	,342316	,1134586	,0567293	,161778	,522854	,2439	,4410
	Trat 3	4	,265057	,0146425	,0073212	,241758	,288357	,2520	,2778
	Trat 4	4	,305653	,1004371	,0502185	,145835	,465470	,2186	,3927
	Trat 5	4	,316533	,0294560	,0147280	,269662	,363404	,2908	,3421
	Total	24	,292205	,0745128	,0152099	,260741	,323669	,1923	,4410
Na	Control	4	,087324	,0022207	,0011103	,083790	,090858	,0849	,0895
	Trat 1	4	,302726	,0475177	,0237588	,227115	,378337	,2611	,3444
	Trat 2	4	,337978	,1029982	,0514991	,174085	,501871	,2480	,4277
	Trat 3	4	,296955	,0150794	,0075397	,272961	,320950	,2832	,3103
	Trat 4	4	,264839	,0174627	,0087314	,237052	,292627	,2510	,2887
	Trat 5	4	,293944	,0130696	,0065348	,273148	,314741	,2822	,3062
	Total	24	,263961	,0935775	,0191014	,224447	,303476	,0849	,4277
K	Control	4	,365596	,0109230	,0054615	,348215	,382977	,3550	,3780
	Trat 1	4	,334704	,0106453	,0053226	,317765	,351643	,3248	,3441
	Trat 2	4	,379903	,0363097	,0181549	,322126	,437680	,3477	,4119
	Trat 3	4	,338623	,0057170	,0028585	,329526	,347720	,3332	,3441
	Trat 4	4	,326412	,0296879	,0148440	,279172	,373652	,2996	,3525
	Trat 5	4	,345548	,0071799	,0035900	,334124	,356973	,3386	,3517
	Total	24	,348464	,0262111	,0053503	,337396	,359532	,2996	,4119

Tabla 9: Datos estadísticos descriptivos de la concentración de cationes total en las especies estudiadas.

Los valores más altos, que se observan en la tabla anterior, son los del catión potasio (K), ya que es el catión que mejor es absorbido por las dos especies de *juncos*.

Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Ca	51,422	5	18	,000
Mg	9175,238	5	18	,000
Na	318,255	5	18	,000
K	270,976	5	18	,000

Tabla 10: Datos estadísticos descriptivos de la homogeneidad de las varianzas total en las especies estudiadas.

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ca	Inter-grupos	,001	5	,000	2,185	,101
	Intra-grupos	,002	18	,000		
	Total	,003	23			
Mg	Inter-grupos	,054	5	,011	2,663	,057
	Intra-grupos	,073	18	,004		
	Total	,128	23			
Na	Inter-grupos	,161	5	,032	14,204	,000
	Intra-grupos	,041	18	,002		
	Total	,201	23			
K	Inter-grupos	,008	5	,002	3,935	,014
	Intra-grupos	,008	18	,000		
	Total	,016	23			

Tabla 11: Análisis de la varianza de la concentración de cationes total en las especies estudiadas.

Comparaciones múltiples							
DMS						Intervalo de confianza al 95%	
Variabl e dependiente	(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
Ca	Control	Trat 1	-,0073814	,0076807	,349	-,023518	,008755
		Trat 2	-,0166342	,0076807	,044	-,032771	-,000498
		Trat 3	-,0218324	,0076807	,011	-,037969	-,005696
		Trat 4	-,0184016	,0076807	,028	-,034538	-,002265
		Trat 5	-,0141391	,0076807	,082	-,030276	,001997
	Trat 1	Control	,0073814	,0076807	,349	-,008755	,023518
		Trat 2	-,0092528	,0076807	,244	-,025389	,006884
		Trat 3	-,0144510	,0076807	,076	-,030587	,001686
		Trat 4	-,0110202	,0076807	,168	-,027157	,005116
		Trat 5	-,0067577	,0076807	,391	-,022894	,009379
	Trat 2	Control	,0166342	,0076807	,044	,000498	,032771
		Trat 1	,0092528	,0076807	,244	-,006884	,025389
		Trat 3	-,0051982	,0076807	,507	-,021335	,010938
		Trat 4	-,0017674	,0076807	,821	-,017904	,014369
		Trat 5	,0024951	,0076807	,749	-,013641	,018632

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

	Trat 3	Control	,0218324 [*]	,0076807	,011	,005696	,037969	
		Trat 1	,0144510	,0076807	,076	-,001686	,030587	
		Trat 2	,0051982	,0076807	,507	-,010938	,021335	
		Trat 4	,0034308	,0076807	,660	-,012706	,019567	
		Trat 5	,0076933	,0076807	,330	-,008443	,023830	
	Trat 4	Control	,0184016 [*]	,0076807	,028	,002265	,034538	
		Trat 1	,0110202	,0076807	,168	-,005116	,027157	
		Trat 2	,0017674	,0076807	,821	-,014369	,017904	
		Trat 3	-,0034308	,0076807	,660	-,019567	,012706	
		Trat 5	,0042625	,0076807	,586	-,011874	,020399	
	Trat 5	Control	,0141391	,0076807	,082	-,001997	,030276	
		Trat 1	,0067577	,0076807	,391	-,009379	,022894	
		Trat 2	-,0024951	,0076807	,749	-,018632	,013641	
		Trat 3	-,0076933	,0076807	,330	-,023830	,008443	
		Trat 4	-,0042625	,0076807	,586	-,020399	,011874	
	Mg	Control	Trat 1	-,1241781 [*]	,0451531	,013	-,219041	-,029315
			Trat 2	-,1425709 [*]	,0451531	,005	-,237434	-,047708
			Trat 3	-,0653120	,0451531	,165	-,160175	,029551
			Trat 4	-,1059072 [*]	,0451531	,031	-,200770	-,011044
			Trat 5	-,1167874 [*]	,0451531	,019	-,211651	-,021924
Trat 1		Control	,1241781 [*]	,0451531	,013	,029315	,219041	
		Trat 2	-,0183928	,0451531	,689	-,113256	,076470	
		Trat 3	,0588661	,0451531	,209	-,035997	,153729	
		Trat 4	,0182709	,0451531	,691	-,076592	,113134	
		Trat 5	,0073906	,0451531	,872	-,087473	,102254	
Trat 2		Control	,1425709 [*]	,0451531	,005	,047708	,237434	
		Trat 1	,0183928	,0451531	,689	-,076470	,113256	
		Trat 3	,0772589	,0451531	,104	-,017604	,172122	
		Trat 4	,0366637	,0451531	,427	-,058200	,131527	
		Trat 5	,0257834	,0451531	,575	-,069080	,120647	
Trat 3		Control	,0653120	,0451531	,165	-,029551	,160175	
		Trat 1	-,0588661	,0451531	,209	-,153729	,035997	
		Trat 2	-,0772589	,0451531	,104	-,172122	,017604	
		Trat 4	-,0405952	,0451531	,380	-,135458	,054268	
		Trat 5	-,0514755	,0451531	,269	-,146339	,043388	
Trat 4		Control	,1059072 [*]	,0451531	,031	,011044	,200770	
		Trat 1	-,0182709	,0451531	,691	-,113134	,076592	
		Trat 2	-,0366637	,0451531	,427	-,131527	,058200	
		Trat 3	,0405952	,0451531	,380	-,054268	,135458	
		Trat 5	-,0108802	,0451531	,812	-,105743	,083983	
Trat 5	Control	,1167874 [*]	,0451531	,019	,021924	,211651		
	Trat 1	-,0073906	,0451531	,872	-,102254	,087473		
	Trat 2	-,0257834	,0451531	,575	-,120647	,069080		
	Trat 3	,0514755	,0451531	,269	-,043388	,146339		
	Trat 4	,0108802	,0451531	,812	-,083983	,105743		
Na	Control	Trat 1	-,2154021 [*]	,0336336	,000	-,286064	-,144740	

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

		Trat 2	-,2506543*	,0336336	,000	-,321316	-,179993
		Trat 3	-,2096313*	,0336336	,000	-,280293	-,138970
		Trat 4	-,1775154*	,0336336	,000	-,248177	-,106854
		Trat 5	-,2066204*	,0336336	,000	-,277282	-,135959
	Trat 1	Control	,2154021*	,0336336	,000	,144740	,286064
		Trat 2	-,0352522	,0336336	,308	-,105914	,035409
		Trat 3	,0057708	,0336336	,866	-,064891	,076432
		Trat 4	,0378867	,0336336	,275	-,032775	,108548
		Trat 5	,0087817	,0336336	,797	-,061880	,079443
	Trat 2	Control	,2506543*	,0336336	,000	,179993	,321316
		Trat 1	,0352522	,0336336	,308	-,035409	,105914
		Trat 3	,0410230	,0336336	,238	-,029639	,111685
		Trat 4	,0731389*	,0336336	,043	,002477	,143800
		Trat 5	,0440339	,0336336	,207	-,026628	,114695
	Trat 3	Control	,2096313*	,0336336	,000	,138970	,280293
		Trat 1	-,0057708	,0336336	,866	-,076432	,064891
		Trat 2	-,0410230	,0336336	,238	-,111685	,029639
		Trat 4	,0321159	,0336336	,352	-,038546	,102777
		Trat 5	,0030109	,0336336	,930	-,067651	,073672
	Trat 4	Control	,1775154*	,0336336	,000	,106854	,248177
		Trat 1	-,0378867	,0336336	,275	-,108548	,032775
		Trat 2	-,0731389*	,0336336	,043	-,143800	-,002477
		Trat 3	-,0321159	,0336336	,352	-,102777	,038546
		Trat 5	-,0291050	,0336336	,398	-,099767	,041557
	Trat 5	Control	,2066204*	,0336336	,000	,135959	,277282
		Trat 1	-,0087817	,0336336	,797	-,079443	,061880
		Trat 2	-,0440339	,0336336	,207	-,114695	,026628
		Trat 3	-,0030109	,0336336	,930	-,073672	,067651
		Trat 4	,0291050	,0336336	,398	-,041557	,099767
K	Control	Trat 1	,0308918*	,0144817	,047	,000467	,061317
		Trat 2	-,0143068	,0144817	,336	-,044732	,016118
		Trat 3	,0269734	,0144817	,079	-,003452	,057398
		Trat 4	,0391843*	,0144817	,014	,008759	,069609
		Trat 5	,0200478	,0144817	,183	-,010377	,050473
	Trat 1	Control	-,0308918*	,0144817	,047	-,061317	-,000467
		Trat 2	-,0451986*	,0144817	,006	-,075624	-,014774
		Trat 3	-,0039184	,0144817	,790	-,034343	,026507
		Trat 4	,0082925	,0144817	,574	-,022132	,038717
		Trat 5	-,0108440	,0144817	,464	-,041269	,019581
	Trat 2	Control	,0143068	,0144817	,336	-,016118	,044732
		Trat 1	,0451986*	,0144817	,006	,014774	,075624
		Trat 3	,0412802*	,0144817	,011	,010855	,071705
		Trat 4	,0534911*	,0144817	,002	,023066	,083916
		Trat 5	,0343546*	,0144817	,029	,003930	,064780
	Trat 3	Control	-,0269734	,0144817	,079	-,057398	,003452
		Trat 1	,0039184	,0144817	,790	-,026507	,034343

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

	Trat 2	-,0412802 [*]	,0144817	,011	-,071705	-,010855
	Trat 4	,0122109	,0144817	,410	-,018214	,042636
	Trat 5	-,0069256	,0144817	,638	-,037351	,023499
Trat 4	Control	-,0391843 [*]	,0144817	,014	-,069609	-,008759
	Trat 1	-,0082925	,0144817	,574	-,038717	,022132
	Trat 2	-,0534911 [*]	,0144817	,002	-,083916	-,023066
	Trat 3	-,0122109	,0144817	,410	-,042636	,018214
	Trat 5	-,0191365	,0144817	,203	-,049561	,011288
Trat 5	Control	-,0200478	,0144817	,183	-,050473	,010377
	Trat 1	,0108440	,0144817	,464	-,019581	,041269
	Trat 2	-,0343546 [*]	,0144817	,029	-,064780	-,003930
	Trat 3	,0069256	,0144817	,638	-,023499	,037351
	Trat 4	,0191365	,0144817	,203	-,011288	,049561

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Tabla 12: Comparaciones múltiples entre los cationes y los diferentes tratamientos aplicando el test de las Diferencias Mínimas Significativas (DMS) con la concentración de cationes total en las especies estudiadas.

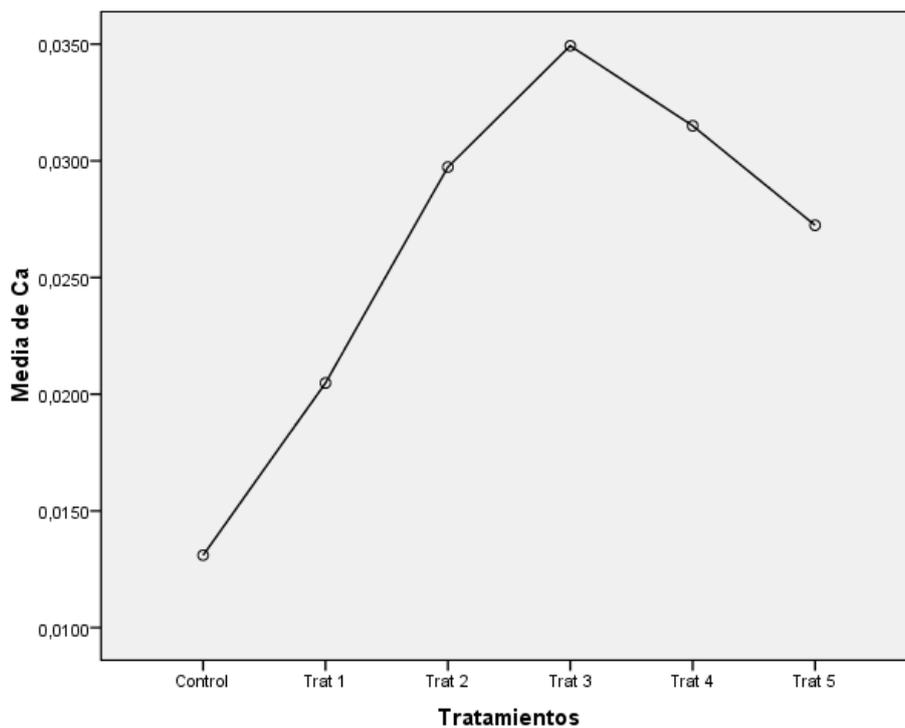


Gráfico 9: Gráfico medias de Ca total, según los diferentes tratamientos.

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

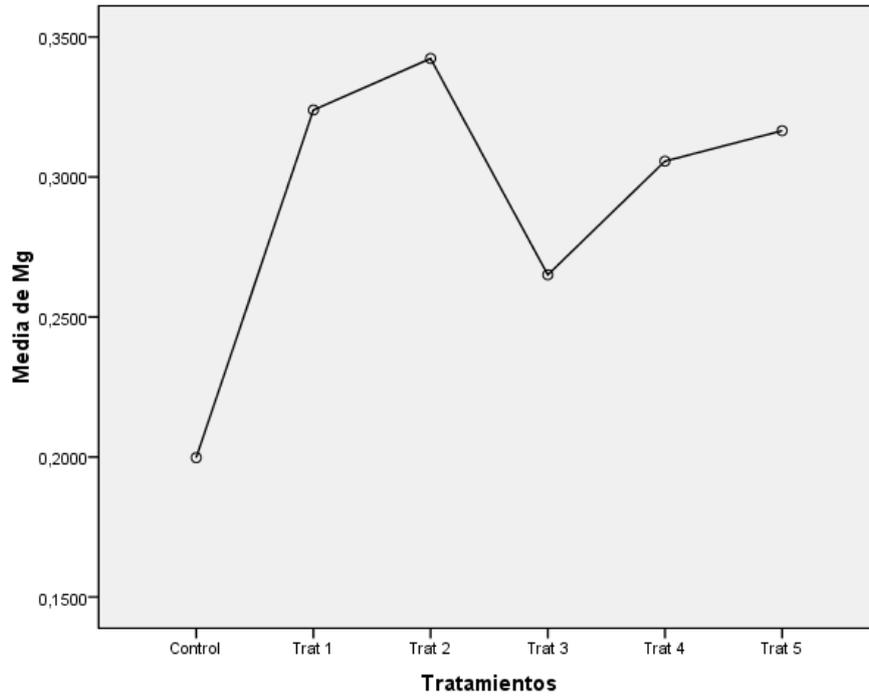


Gráfico 10: Gráfico medias de Mg total, según los diferentes tratamientos.

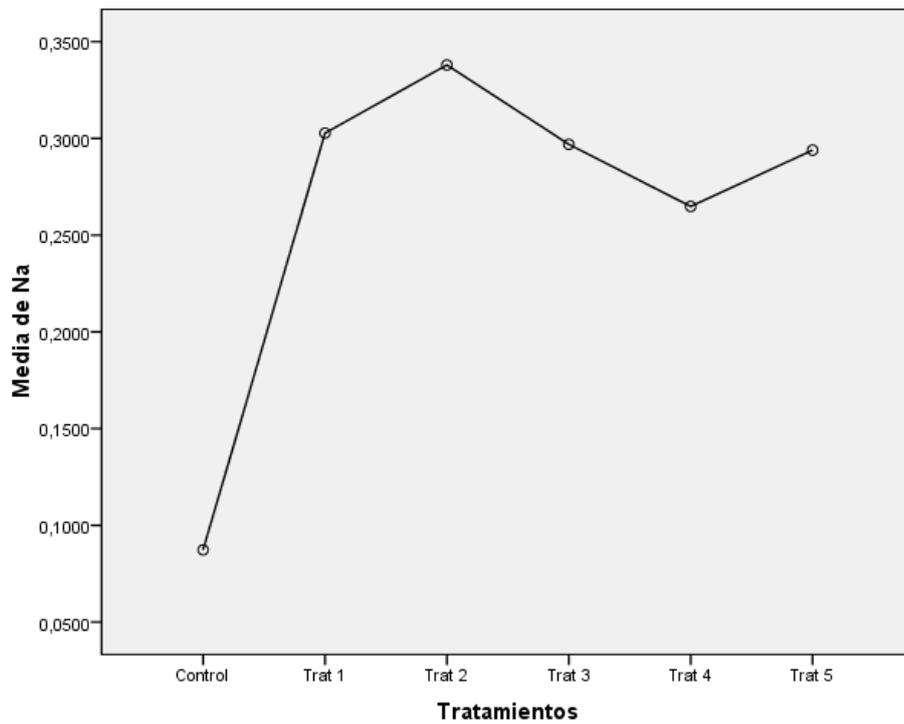


Gráfico 11: Gráfico medias de Na total, según los diferentes tratamientos.

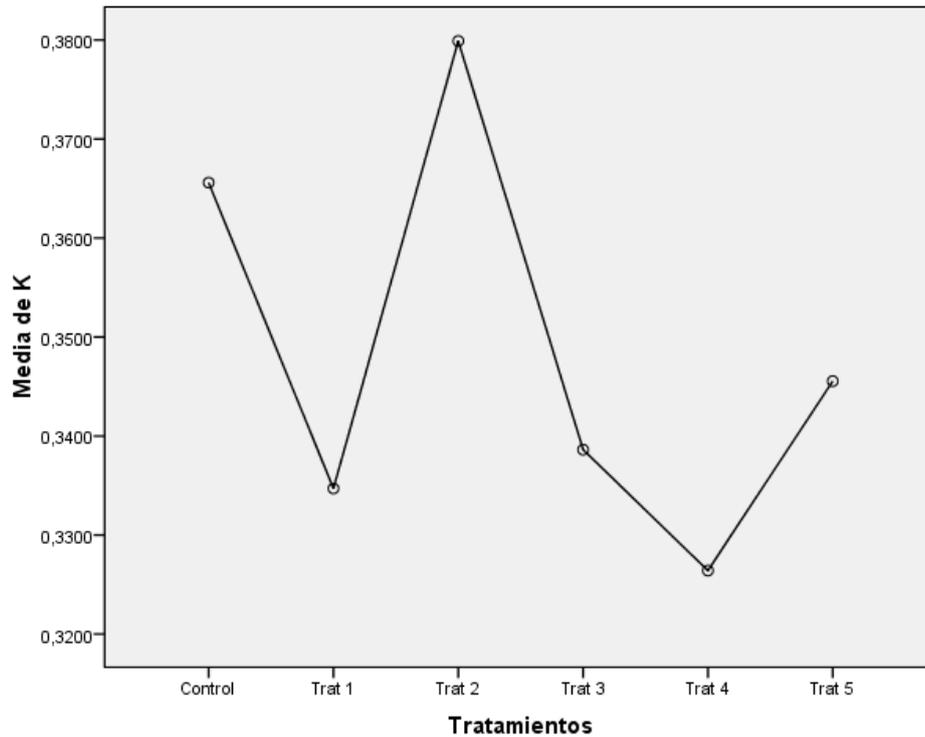


Gráfico 12: Gráfico medias de K total, según los diferentes tratamientos.

4.2.2. Concentración de cationes en *Juncus maritimus*

Descriptivos									
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Ca	Control	2	,017258	,0061751	,0043665	-,038223	,072739	,0129	,0216
	Trat 1	2	,025367	,0005881	,0004159	,020083	,030651	,0250	,0258
	Trat 2	2	,051150	,0035287	,0024951	,019447	,082854	,0487	,0536
	Trat 3	2	,035140	,0002941	,0002079	,032498	,037782	,0349	,0353
	Trat 4	2	,030357	,0005881	,0004159	,025074	,035641	,0299	,0308
	Trat 5	2	,029734	,0008822	,0006238	,021808	,037660	,0291	,0304
	Total	12	,031501	,0110398	,0031869	,024487	,038515	,0129	,0536
Mg	Control	2	,194016	,0024136	,0017067	,172330	,215702	,1923	,1957
	Trat 1	2	,340701	,0002155	,0001524	,338765	,342637	,3405	,3409
	Trat 2	2	,440574	,0006034	,0004267	,435152	,445995	,4401	,4410
	Trat 3	2	,252379	,0004741	,0003352	,248119	,256639	,2520	,2527
	Trat 4	2	,218672	,0000431	,0000305	,218284	,219059	,2186	,2187

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

	Trat 5	2	,291024	,0003017	,0002133	,288313	,293735	,2908	,2912
	Total	12	,289561	,0863000	,0249127	,234729	,344393	,1923	,4410
Na	Control	2	,087449	,0021290	,0015054	,068321	,106578	,0859	,0890
	Trat 1	2	,343875	,0007097	,0005018	,337498	,350251	,3434	,3444
	Trat 2	2	,427175	,0007097	,0005018	,420799	,433551	,4267	,4277
	Trat 3	2	,310002	,0003548	,0002509	,306814	,313190	,3098	,3103
	Trat 4	2	,277887	,0152578	,0107889	,140800	,414973	,2671	,2887
	Trat 5	2	,305235	,0014193	,0010036	,292483	,317987	,3042	,3062
	Total	12	,291937	,1075537	,0310481	,223601	,360274	,0859	,4277
K	Control	2	,374709	,0046394	,0032805	,333026	,416392	,3714	,3780
	Trat 1	2	,343908	,0002577	,0001823	,341592	,346224	,3437	,3441
	Trat 2	2	,411341	,0007732	,0005468	,404394	,418289	,4108	,4119
	Trat 3	2	,343544	,0007732	,0005468	,336596	,350491	,3430	,3441
	Trat 4	2	,352109	,0005155	,0003645	,347478	,356741	,3517	,3525
	Trat 5	2	,351745	,0000000	,0000000	,351745	,351745	,3517	,3517
	Total	12	,362893	,0251316	,0072549	,346925	,378861	,3430	,4119

Tabla 13: Datos estadísticos descriptivos de la concentración cationes en *Juncus maritimus*.

El catión Ca posee un valor mínimo en el control con 0,0173 mmol/g y un valor máximo en el tratamiento 2 con 0,0512 mmol/g. También el catión Mg posee un valor mínimo en el control con 0,1940 mmol/g y un valor máximo en el tratamiento 2 con 0,4406 mmol/g. Al igual que los dos anteriores, el catión Na posee un valor mínimo en el control con 0,0874 mmol/g y un valor máximo en el tratamiento 2 con 0,4272 mmol/g.

Sin embargo, el catión K posee un valor mínimo en el tratamiento 3 con 0,3435 mmol/g y un valor máximo en el tratamiento 2 con 0,4113 mmol/g.

Los valores más altos, que se observan en la tabla anterior, son los del catión potasio (K), seguido de las concentraciones de Mg, Na y Ca.

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ca	Inter-grupos	,001	5	,000	29,655	,000
	Intra-grupos	,000	6	,000		

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

	Total	,001	11			
Mg	Inter-grupos	,082	5	,016	14998,950	,000
	Intra-grupos	,000	6	,000		
	Total	,082	11			
Na	Inter-grupos	,127	5	,025	633,753	,000
	Intra-grupos	,000	6	,000		
	Total	,127	11			
K	Inter-grupos	,007	5	,001	360,466	,000
	Intra-grupos	,000	6	,000		
	Total	,007	11			

Tabla 14: Análisis de la varianza de la concentración de cationes *Juncus maritimus*.

Comparaciones múltiples							
DMS						Intervalo de confianza al 95%	
Variabl e dependi ente	(I) Tratamie ntos	(J) Tratamie ntos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
Ca	Control	Trat 1	-,0081092 ^ˆ	,0029479	,033	-,015322	-,000896
		Trat 2	-,0338922 ^ˆ	,0029479	,000	-,041105	-,026679
		Trat 3	-,0178818 ^ˆ	,0029479	,001	-,025095	-,010669
		Trat 4	-,0130995 ^ˆ	,0029479	,004	-,020313	-,005886
		Trat 5	-,0124757 ^ˆ	,0029479	,005	-,019689	-,005262
	Trat 1	Control	,0081092 ^ˆ	,0029479	,033	,000896	,015322
		Trat 2	-,0257831 ^ˆ	,0029479	,000	-,032996	-,018570
		Trat 3	-,0097726 ^ˆ	,0029479	,016	-,016986	-,002559
		Trat 4	-,0049903 ^ˆ	,0029479	,141	-,012203	,002223
		Trat 5	-,0043665 ^ˆ	,0029479	,189	-,011580	,002847
	Trat 2	Control	,0338922 ^ˆ	,0029479	,000	,026679	,041105
		Trat 1	,0257831 ^ˆ	,0029479	,000	,018570	,032996
		Trat 3	,0160104 ^ˆ	,0029479	,002	,008797	,023224
		Trat 4	,0207928 ^ˆ	,0029479	,000	,013580	,028006
		Trat 5	,0214166 ^ˆ	,0029479	,000	,014203	,028630
	Trat 3	Control	,0178818 ^ˆ	,0029479	,001	,010669	,025095
		Trat 1	,0097726 ^ˆ	,0029479	,016	,002559	,016986
		Trat 2	-,0160104 ^ˆ	,0029479	,002	-,023224	-,008797
		Trat 4	,0047823 ^ˆ	,0029479	,156	-,002431	,011996
		Trat 5	,0054061 ^ˆ	,0029479	,116	-,001807	,012619
Trat 4	Control	,0130995 ^ˆ	,0029479	,004	,005886	,020313	
	Trat 1	,0049903 ^ˆ	,0029479	,141	-,002223	,012203	

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

		Trat 2	-,0207928 [*]	,0029479	,000	-,028006	-,013580
		Trat 3	-,0047823	,0029479	,156	-,011996	,002431
		Trat 5	,0006238	,0029479	,839	-,006589	,007837
	Trat 5	Control	,0124757 [*]	,0029479	,005	,005262	,019689
		Trat 1	,0043665	,0029479	,189	-,002847	,011580
		Trat 2	-,0214166 [*]	,0029479	,000	-,028630	-,014203
		Trat 3	-,0054061	,0029479	,116	-,012619	,001807
		Trat 4	-,0006238	,0029479	,839	-,007837	,006589
Mg	Control	Trat 1	-,1466853 [*]	,0010451	,000	-,149243	-,144128
		Trat 2	-,2465580 [*]	,0010451	,000	-,249115	-,244001
		Trat 3	-,0583632 [*]	,0010451	,000	-,060921	-,055806
		Trat 4	-,0246558 [*]	,0010451	,000	-,027213	-,022098
		Trat 5	-,0970079 [*]	,0010451	,000	-,099565	-,094451
	Trat 1	Control	,1466853 [*]	,0010451	,000	,144128	,149243
		Trat 2	-,0998728 [*]	,0010451	,000	-,102430	-,097315
		Trat 3	,0883220 [*]	,0010451	,000	,085765	,090879
		Trat 4	,1220295 [*]	,0010451	,000	,119472	,124587
		Trat 5	,0496773 [*]	,0010451	,000	,047120	,052235
	Trat 2	Control	,2465580 [*]	,0010451	,000	,244001	,249115
		Trat 1	,0998728 [*]	,0010451	,000	,097315	,102430
		Trat 3	,1881948 [*]	,0010451	,000	,185637	,190752
		Trat 4	,2219022 [*]	,0010451	,000	,219345	,224460
		Trat 5	,1495501 [*]	,0010451	,000	,146993	,152107
	Trat 3	Control	,0583632 [*]	,0010451	,000	,055806	,060921
		Trat 1	-,0883220 [*]	,0010451	,000	-,090879	-,085765
		Trat 2	-,1881948 [*]	,0010451	,000	-,190752	-,185637
		Trat 4	,0337074 [*]	,0010451	,000	,031150	,036265
		Trat 5	-,0386447 [*]	,0010451	,000	-,041202	-,036087
	Trat 4	Control	,0246558 [*]	,0010451	,000	,022098	,027213
		Trat 1	-,1220295 [*]	,0010451	,000	-,124587	-,119472
		Trat 2	-,2219022 [*]	,0010451	,000	-,224460	-,219345
		Trat 3	-,0337074 [*]	,0010451	,000	-,036265	-,031150
		Trat 5	-,0723521 [*]	,0010451	,000	-,074909	-,069795
	Trat 5	Control	,0970079 [*]	,0010451	,000	,094451	,099565
		Trat 1	-,0496773 [*]	,0010451	,000	-,052235	-,047120
		Trat 2	-,1495501 [*]	,0010451	,000	-,152107	-,146993
		Trat 3	,0386447 [*]	,0010451	,000	,036087	,041202
		Trat 4	,0723521 [*]	,0010451	,000	,069795	,074909
Na	Control	Trat 1	-,2564251 [*]	,0063309	,000	-,271916	-,240934
		Trat 2	-,3397256 [*]	,0063309	,000	-,355217	-,324234
		Trat 3	-,2225529 [*]	,0063309	,000	-,238044	-,207062
		Trat 4	-,1904370 [*]	,0063309	,000	-,205928	-,174946
		Trat 5	-,2177857 [*]	,0063309	,000	-,233277	-,202295
	Trat 1	Control	,2564251 [*]	,0063309	,000	,240934	,271916

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

		Trat 2	-,0833005*	,0063309	,000	-,098792	-,067809
		Trat 3	,0338722*	,0063309	,002	,018381	,049363
		Trat 4	,0659881*	,0063309	,000	,050497	,081479
		Trat 5	,0386394*	,0063309	,001	,023148	,054131
	Trat 2	Control	,3397256*	,0063309	,000	,324234	,355217
		Trat 1	,0833005*	,0063309	,000	,067809	,098792
		Trat 3	,1171727*	,0063309	,000	,101682	,132664
		Trat 4	,1492886*	,0063309	,000	,133797	,164780
		Trat 5	,1219399*	,0063309	,000	,106449	,137431
	Trat 3	Control	,2225529*	,0063309	,000	,207062	,238044
		Trat 1	-,0338722*	,0063309	,002	-,049363	-,018381
		Trat 2	-,1171727*	,0063309	,000	-,132664	-,101682
		Trat 4	,0321159*	,0063309	,002	,016625	,047607
		Trat 5	,0047672	,0063309	,480	-,010724	,020258
	Trat 4	Control	,1904370*	,0063309	,000	,174946	,205928
		Trat 1	-,0659881*	,0063309	,000	-,081479	-,050497
		Trat 2	-,1492886*	,0063309	,000	-,164780	-,133797
		Trat 3	-,0321159*	,0063309	,002	-,047607	-,016625
		Trat 5	-,0273487*	,0063309	,005	-,042840	-,011858
	Trat 5	Control	,2177857*	,0063309	,000	,202295	,233277
		Trat 1	-,0386394*	,0063309	,001	-,054131	-,023148
		Trat 2	-,1219399*	,0063309	,000	-,137431	-,106449
		Trat 3	-,0047672	,0063309	,480	-,020258	,010724
		Trat 4	,0273487*	,0063309	,005	,011858	,042840
K	Control	Trat 1	,0308007*	,0019601	,000	,026004	,035597
		Trat 2	-,0366327*	,0019601	,000	-,041429	-,031837
		Trat 3	,0311652*	,0019601	,000	,026369	,035961
		Trat 4	,0225993*	,0019601	,000	,017803	,027395
		Trat 5	,0229638*	,0019601	,000	,018168	,027760
	Trat 1	Control	-,0308007*	,0019601	,000	-,035597	-,026004
		Trat 2	-,0674334*	,0019601	,000	-,072230	-,062637
		Trat 3	,0003645	,0019601	,859	-,004432	,005161
		Trat 4	-,0082014*	,0019601	,006	-,012998	-,003405
		Trat 5	-,0078369*	,0019601	,007	-,012633	-,003041
	Trat 2	Control	,0366327*	,0019601	,000	,031837	,041429
		Trat 1	,0674334*	,0019601	,000	,062637	,072230
		Trat 3	,0677979*	,0019601	,000	,063002	,072594
		Trat 4	,0592320*	,0019601	,000	,054436	,064028
		Trat 5	,0595965*	,0019601	,000	,054800	,064393
	Trat 3	Control	-,0311652*	,0019601	,000	-,035961	-,026369
		Trat 1	-,0003645	,0019601	,859	-,005161	,004432
		Trat 2	-,0677979*	,0019601	,000	-,072594	-,063002
		Trat 4	-,0085659*	,0019601	,005	-,013362	-,003770
		Trat 5	-,0082014*	,0019601	,006	-,012998	-,003405

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

Trat 4	Control	-,0225993 [*]	,0019601	,000	-,027395	-,017803
	Trat 1	,0082014 [*]	,0019601	,006	,003405	,012998
	Trat 2	-,0592320 [*]	,0019601	,000	-,064028	-,054436
	Trat 3	,0085659 [*]	,0019601	,005	,003770	,013362
	Trat 5	,0003645	,0019601	,859	-,004432	,005161
Trat 5	Control	-,0229638 [*]	,0019601	,000	-,027760	-,018168
	Trat 1	,0078369 [*]	,0019601	,007	,003041	,012633
	Trat 2	-,0595965 [*]	,0019601	,000	-,064393	-,054800
	Trat 3	,0082014 [*]	,0019601	,006	,003405	,012998
	Trat 4	-,0003645	,0019601	,859	-,005161	,004432

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Tabla 15: Comparaciones múltiples entre los cationes y los diferentes tratamientos aplicando el test de las Diferencias Mínimas Significativas (DMS) con la concentración de cationes en *Juncus maritimus*.

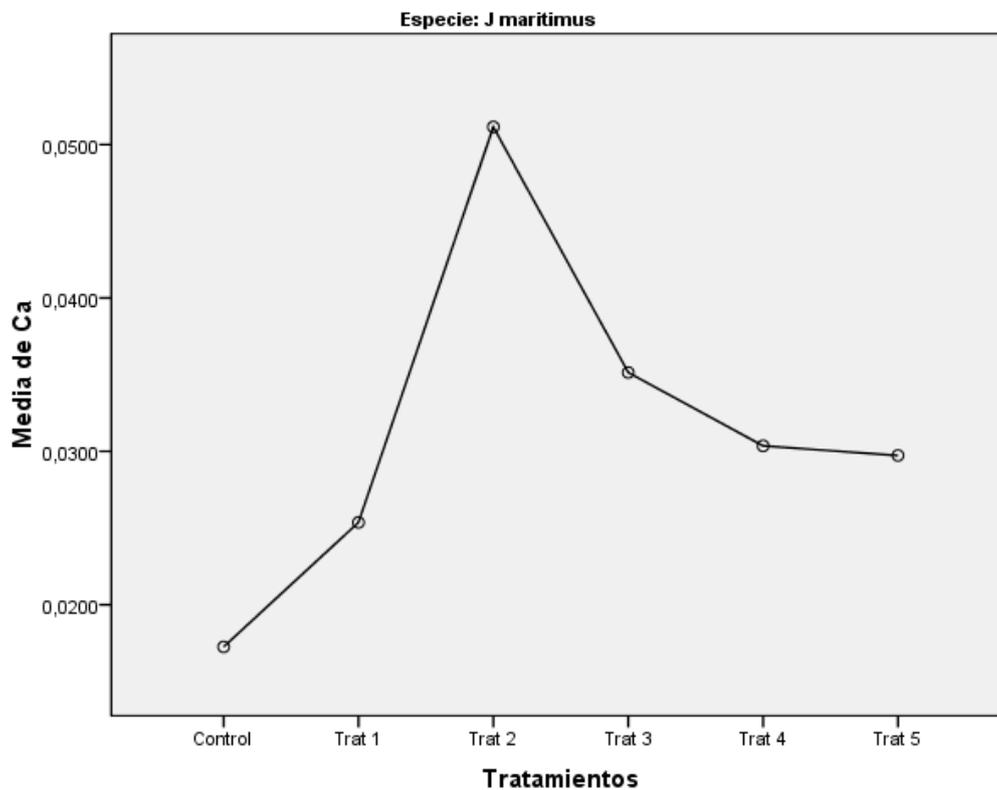


Gráfico 13: Gráfico de las medias de Ca en *J. maritimus*, según los diferentes tratamientos.

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

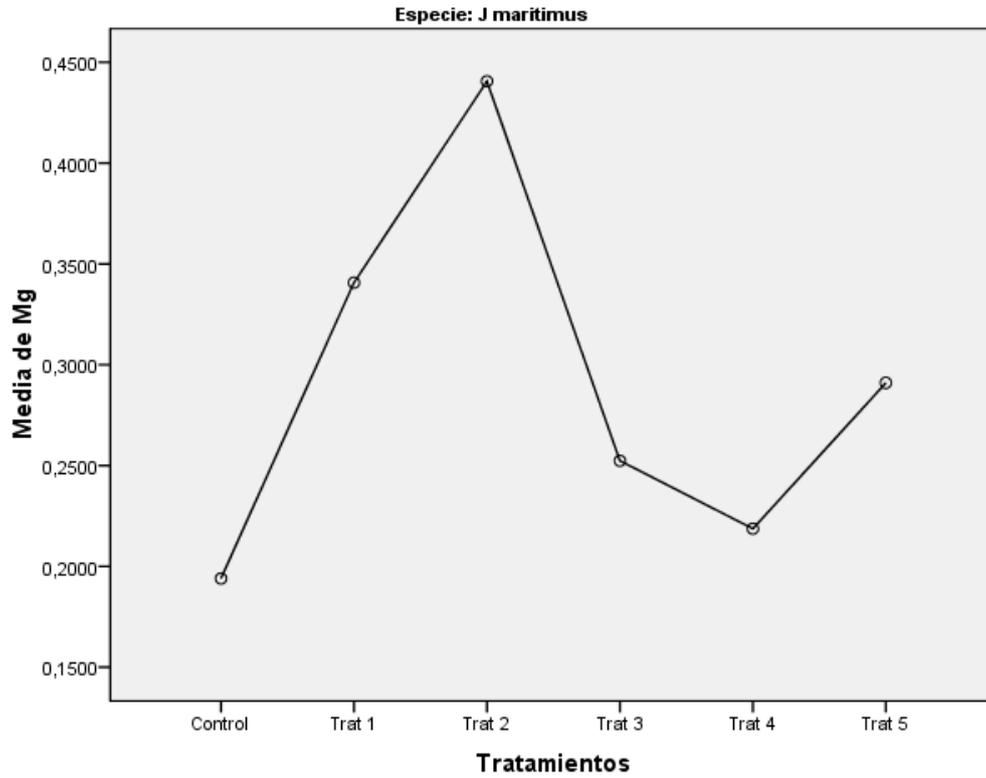


Gráfico 14: Gráfico de las medias de Mg en *J. maritimus*, según los diferentes tratamientos.

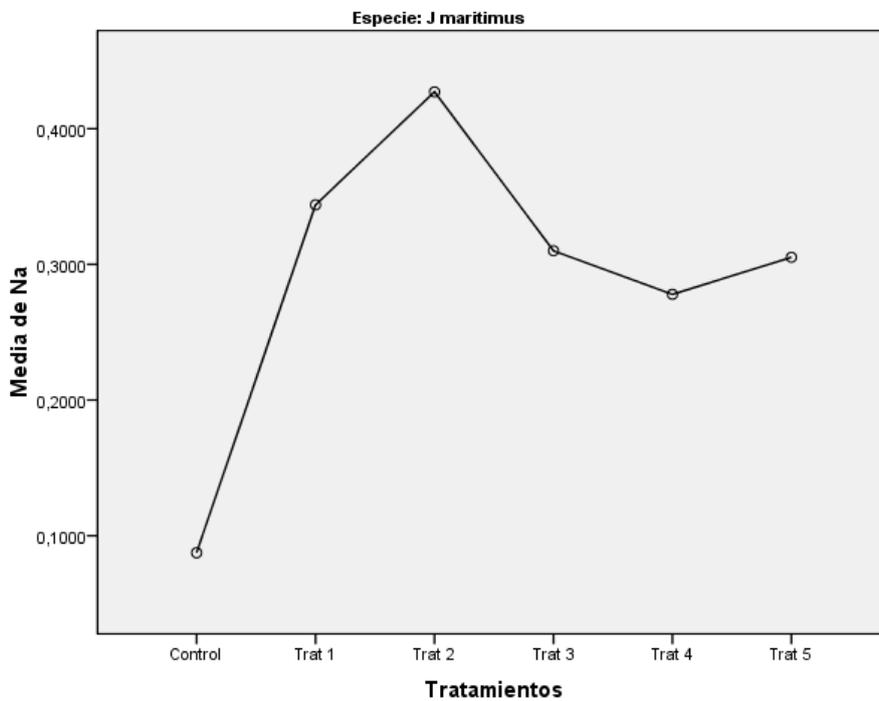


Gráfico 15: Gráfico de las medias de Na en *J. maritimus*, según los diferentes tratamientos.

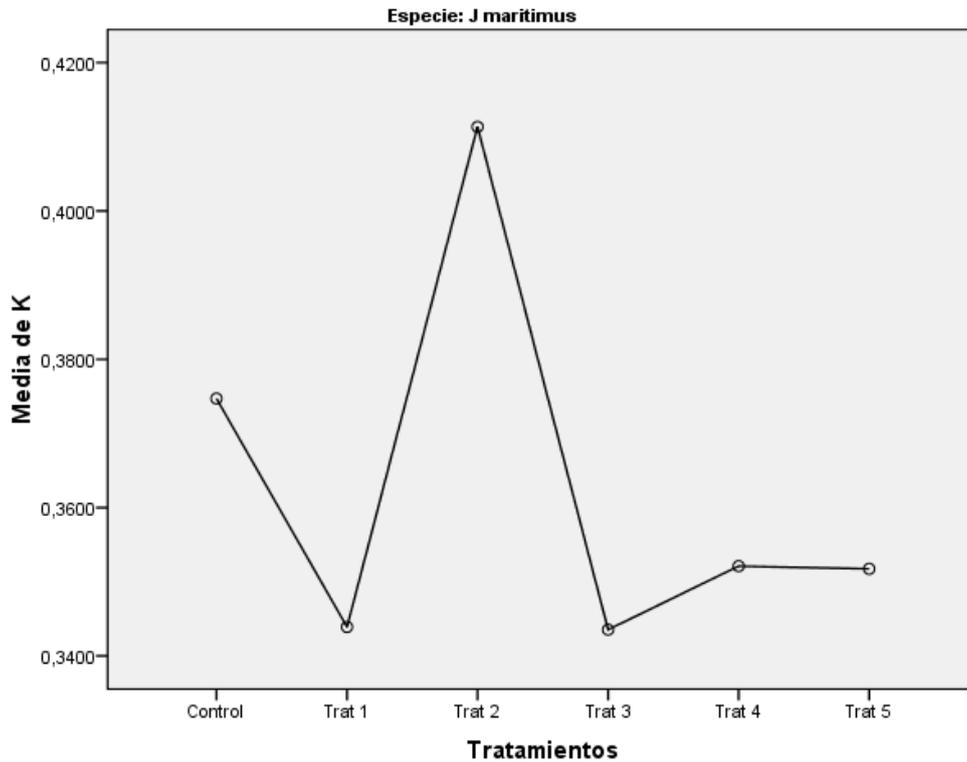


Gráfico 16: Gráfico de las medias de K en *J. maritimus*, según los diferentes tratamientos.

Tal y como se ha comentado en la tabla de datos descriptiva y como se puede observar en las gráficas el tratamiento 2 es el que posee una mayor concentración en todos los cationes medidos para *Juncus maritimus*.

4.2.3. Concentración de cationes en *Juncus acutus*

Descriptivos									
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Ca	Control	2	,008941	,0061751	,0043665	-,046541	,064422	,0046	,0133
	Trat 1	2	,015595	,0008822	,0006238	,007669	,023521	,0150	,0162
	Trat 2	2	,008317	,0011762	,0008317	-,002251	,018885	,0075	,0091
	Trat 3	2	,034724	,0002941	,0002079	,032082	,037366	,0345	,0349
	Trat 4	2	,032645	,0008822	,0006238	,024719	,040571	,0320	,0333
	Trat 5	2	,024743	,0008822	,0006238	,016817	,032669	,0241	,0254
	Total	12	,020827	,0112350	,0032433	,013689	,027966	,0046	,0349
Mg	Control	2	,205475	,0024998	,0017677	,183015	,227935	,2037	,2072
	Trat 1	2	,307146	,0002586	,0001829	,304823	,309470	,3070	,3073
	Trat 2	2	,244059	,0002586	,0001829	,241735	,246382	,2439	,2442
	Trat 3	2	,277736	,0001293	,0000914	,276574	,278898	,2776	,2778

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

	Trat 4	2	,392634	,0000431	,0000305	,392246	,393021	,3926	,3927
	Trat 5	2	,342042	,0001293	,0000914	,340880	,343204	,3420	,3421
	Total	12	,294849	,0643903	,0185879	,253937	,335760	,2037	,3927
Na	Control	2	,087199	,0031935	,0022581	,058506	,115891	,0849	,0895
	Trat 1	2	,261578	,0007097	,0005018	,255202	,267954	,2611	,2621
	Trat 2	2	,248782	,0010645	,0007527	,239217	,258346	,2480	,2495
	Trat 3	2	,283908	,0010645	,0007527	,274344	,293472	,2832	,2847
	Trat 4	2	,251792	,0010645	,0007527	,242228	,261357	,2510	,2525
	Trat 5	2	,282654	,0007097	,0005018	,276278	,289030	,2822	,2832
	Total	12	,235985	,0709519	,0204820	,190905	,281066	,0849	,2847
K	Control	2	,356484	,0020620	,0014580	,337958	,375009	,3550	,3579
	Trat 1	2	,325501	,0010310	,0007290	,316238	,334764	,3248	,3262
	Trat 2	2	,348464	,0010310	,0007290	,339201	,357727	,3477	,3492
	Trat 3	2	,333702	,0007732	,0005468	,326755	,340649	,3332	,3342
	Trat 4	2	,300714	,0015465	,0010935	,286820	,314609	,2996	,3018
	Trat 5	2	,339352	,0010310	,0007290	,330089	,348615	,3386	,3401
	Total	12	,334036	,0187270	,0054060	,322138	,345935	,2996	,3579

Tabla 16: Datos estadísticos descriptivos de la concentración cationes en *Juncus acutus*..

El catión Ca posee un valor mínimo en el tratamiento 2 con 0,0083 mmol/g y un valor máximo en el tratamiento 3 con 0,0347 mmol/g.

El catión Mg posee un valor mínimo en el control con 0,2055 mmol/g y un valor máximo en el tratamiento 4 con 0,3926 mmol/g.

El catión Na posee un valor mínimo en el control con 0,0872 mmol/g y un valor máximo en el tratamiento 3 con 0,2839 mmol/g.

El catión K posee un valor mínimo en el tratamiento 4 con 0,3007 mmol/g y un valor máximo en el control con 0,3565 mmol/g.

Los valores más altos para *Juncus acutus*, que se observan en la tabla anterior, son los del catión magnesio (Mg), seguido de las concentraciones de K, Na y Ca.

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ca	Inter-grupos	,001	5	,000	38,531	,000

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

	Intra-grupos	,000	6	,000		
	Total	,001	11			
Mg	Inter-grupos	,046	5	,009	8525,800	,000
	Intra-grupos	,000	6	,000		
	Total	,046	11			
Na	Inter-grupos	,055	5	,011	4548,621	,000
	Intra-grupos	,000	6	,000		
	Total	,055	11			
K	Inter-grupos	,004	5	,001	442,646	,000
	Intra-grupos	,000	6	,000		
	Total	,004	11			

Tabla 17: Análisis de la varianza de la concentración de cationes *Juncus acutus*.

Comparaciones múltiples							
DMS							
Variable dependiente	(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Ca	Control	Trat 1	-,0066537 [*]	,0026438	,045	-,013123	-,000185
		Trat 2	,0006238	,0026438	,821	-,005845	,007093
		Trat 3	-,0257831 [*]	,0026438	,000	-,032252	-,019314
		Trat 4	-,0237038 [*]	,0026438	,000	-,030173	-,017235
		Trat 5	-,0158025 [*]	,0026438	,001	-,022272	-,009333
	Trat 1	Control	,0066537 [*]	,0026438	,045	,000185	,013123
		Trat 2	,0072775 [*]	,0026438	,033	,000808	,013747
		Trat 3	-,0191294 [*]	,0026438	,000	-,025598	-,012660
		Trat 4	-,0170501 [*]	,0026438	,001	-,023519	-,010581
		Trat 5	-,0091488 [*]	,0026438	,013	-,015618	-,002680
	Trat 2	Control	-,0006238	,0026438	,821	-,007093	,005845
		Trat 1	-,0072775 [*]	,0026438	,033	-,013747	-,000808
		Trat 3	-,0264068 [*]	,0026438	,000	-,032876	-,019938
		Trat 4	-,0243276 [*]	,0026438	,000	-,030797	-,017859
		Trat 5	-,0164263 [*]	,0026438	,001	-,022895	-,009957
	Trat 3	Control	,0257831 [*]	,0026438	,000	,019314	,032252
		Trat 1	,0191294 [*]	,0026438	,000	,012660	,025598
		Trat 2	,0264068 [*]	,0026438	,000	,019938	,032876
		Trat 4	,0020793	,0026438	,462	-,004390	,008548
		Trat 5	,0099805 [*]	,0026438	,009	,003511	,016450
	Trat 4	Control	,0237038 [*]	,0026438	,000	,017235	,030173
		Trat 1	,0170501 [*]	,0026438	,001	,010581	,023519
		Trat 2	,0243276 [*]	,0026438	,000	,017859	,030797
		Trat 3	-,0020793	,0026438	,462	-,008548	,004390

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

		Trat 5	,0079013 [*]	,0026438	,024	,001432	,014370
	Trat 5	Control	,0158025 [*]	,0026438	,001	,009333	,022272
		Trat 1	,0091488 [*]	,0026438	,013	,002680	,015618
		Trat 2	,0164263 [*]	,0026438	,001	,009957	,022895
		Trat 3	-,0099805 [*]	,0026438	,009	-,016450	-,003511
		Trat 4	-,0079013 [*]	,0026438	,024	-,014370	-,001432
Mg	Control	Trat 1	-,1016709 [*]	,0010343	,000	-,104202	-,099140
		Trat 2	-,0385837 [*]	,0010343	,000	-,041115	-,036053
		Trat 3	-,0722607 [*]	,0010343	,000	-,074791	-,069730
		Trat 4	-,1871586 [*]	,0010343	,000	-,189689	-,184628
		Trat 5	-,1365669 [*]	,0010343	,000	-,139098	-,134036
	Trat 1	Control	,1016709 [*]	,0010343	,000	,099140	,104202
		Trat 2	,0630872 [*]	,0010343	,000	,060556	,065618
		Trat 3	,0294102 [*]	,0010343	,000	,026879	,031941
		Trat 4	-,0854877 [*]	,0010343	,000	-,088018	-,082957
		Trat 5	-,0348960 [*]	,0010343	,000	-,037427	-,032365
	Trat 2	Control	,0385837 [*]	,0010343	,000	,036053	,041115
		Trat 1	-,0630872 [*]	,0010343	,000	-,065618	-,060556
		Trat 3	-,0336770 [*]	,0010343	,000	-,036208	-,031146
		Trat 4	-,1485748 [*]	,0010343	,000	-,151106	-,146044
		Trat 5	-,0979832 [*]	,0010343	,000	-,100514	-,095452
	Trat 3	Control	,0722607 [*]	,0010343	,000	,069730	,074791
		Trat 1	-,0294102 [*]	,0010343	,000	-,031941	-,026879
		Trat 2	,0336770 [*]	,0010343	,000	,031146	,036208
		Trat 4	-,1148979 [*]	,0010343	,000	-,117429	-,112367
		Trat 5	-,0643062 [*]	,0010343	,000	-,066837	-,061775
	Trat 4	Control	,1871586 [*]	,0010343	,000	,184628	,189689
		Trat 1	,0854877 [*]	,0010343	,000	,082957	,088018
		Trat 2	,1485748 [*]	,0010343	,000	,146044	,151106
		Trat 3	,1148979 [*]	,0010343	,000	,112367	,117429
		Trat 5	,0505916 [*]	,0010343	,000	,048061	,053122
	Trat 5	Control	,1365669 [*]	,0010343	,000	,134036	,139098
		Trat 1	,0348960 [*]	,0010343	,000	,032365	,037427
		Trat 2	,0979832 [*]	,0010343	,000	,095452	,100514
		Trat 3	,0643062 [*]	,0010343	,000	,061775	,066837
		Trat 4	-,0505916 [*]	,0010343	,000	-,053122	-,048061
Na	Control	Trat 1	-,1743791 [*]	,0015602	,000	-,178197	-,170561
		Trat 2	-,1615829 [*]	,0015602	,000	-,165401	-,157765
		Trat 3	-,1967097 [*]	,0015602	,000	-,200527	-,192892
		Trat 4	-,1645938 [*]	,0015602	,000	-,168411	-,160776
		Trat 5	-,1954551 [*]	,0015602	,000	-,199273	-,191637
	Trat 1	Control	,1743791 [*]	,0015602	,000	,170561	,178197
		Trat 2	,0127962 [*]	,0015602	,000	,008979	,016614
		Trat 3	-,0223306 [*]	,0015602	,000	-,026148	-,018513
		Trat 4	,0097853 [*]	,0015602	,001	,005968	,013603
		Trat 5	-,0210760 [*]	,0015602	,000	-,024894	-,017258

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

	Trat 2	Control	,1615829 [*]	,0015602	,000	,157765	,165401
		Trat 1	-,0127962 [*]	,0015602	,000	-,016614	-,008979
		Trat 3	-,0351267 [*]	,0015602	,000	-,038944	-,031309
		Trat 4	-,0030109	,0015602	,102	-,006829	,000807
		Trat 5	-,0338722 [*]	,0015602	,000	-,037690	-,030055
	Trat 3	Control	,1967097 [*]	,0015602	,000	,192892	,200527
		Trat 1	,0223306 [*]	,0015602	,000	,018513	,026148
		Trat 2	,0351267 [*]	,0015602	,000	,031309	,038944
		Trat 4	,0321159 [*]	,0015602	,000	,028298	,035934
		Trat 5	,0012545	,0015602	,452	-,002563	,005072
	Trat 4	Control	,1645938 [*]	,0015602	,000	,160776	,168411
		Trat 1	-,0097853 [*]	,0015602	,001	-,013603	-,005968
		Trat 2	,0030109	,0015602	,102	-,000807	,006829
		Trat 3	-,0321159 [*]	,0015602	,000	-,035934	-,028298
		Trat 5	-,0308613 [*]	,0015602	,000	-,034679	-,027044
	Trat 5	Control	,1954551 [*]	,0015602	,000	,191637	,199273
		Trat 1	,0210760 [*]	,0015602	,000	,017258	,024894
		Trat 2	,0338722 [*]	,0015602	,000	,030055	,037690
		Trat 3	-,0012545	,0015602	,452	-,005072	,002563
		Trat 4	,0308613 [*]	,0015602	,000	,027044	,034679
K	Control	Trat 1	,0309829 [*]	,0013184	,000	,027757	,034209
		Trat 2	,0080191 [*]	,0013184	,001	,004793	,011245
		Trat 3	,0227816 [*]	,0013184	,000	,019555	,026008
		Trat 4	,0557692 [*]	,0013184	,000	,052543	,058995
		Trat 5	,0171317 [*]	,0013184	,000	,013906	,020358
	Trat 1	Control	-,0309829 [*]	,0013184	,000	-,034209	-,027757
		Trat 2	-,0229638 [*]	,0013184	,000	-,026190	-,019738
		Trat 3	-,0082014 [*]	,0013184	,001	-,011427	-,004975
		Trat 4	,0247863 [*]	,0013184	,000	,021560	,028012
		Trat 5	-,0138512 [*]	,0013184	,000	-,017077	-,010625
	Trat 2	Control	-,0080191 [*]	,0013184	,001	-,011245	-,004793
		Trat 1	,0229638 [*]	,0013184	,000	,019738	,026190
		Trat 3	,0147624 [*]	,0013184	,000	,011536	,017989
		Trat 4	,0477501 [*]	,0013184	,000	,044524	,050976
		Trat 5	,0091126 [*]	,0013184	,000	,005886	,012339
	Trat 3	Control	-,0227816 [*]	,0013184	,000	-,026008	-,019555
		Trat 1	,0082014 [*]	,0013184	,001	,004975	,011427
		Trat 2	-,0147624 [*]	,0013184	,000	-,017989	-,011536
		Trat 4	,0329877 [*]	,0013184	,000	,029762	,036214
		Trat 5	-,0056498 [*]	,0013184	,005	-,008876	-,002424
	Trat 4	Control	-,0557692 [*]	,0013184	,000	-,058995	-,052543
		Trat 1	-,0247863 [*]	,0013184	,000	-,028012	-,021560
		Trat 2	-,0477501 [*]	,0013184	,000	-,050976	-,044524
		Trat 3	-,0329877 [*]	,0013184	,000	-,036214	-,029762
		Trat 5	-,0386375 [*]	,0013184	,000	-,041864	-,035411
Trat 5	Control	-,0171317 [*]	,0013184	,000	-,020358	-,013906	

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

	Trat 1	,0138512 [*]	,0013184	,000	,010625	,017077
	Trat 2	-,0091126 [*]	,0013184	,000	-,012339	-,005886
	Trat 3	,0056498 [*]	,0013184	,005	,002424	,008876
	Trat 4	,0386375 [*]	,0013184	,000	,035411	,041864
*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.						

Tabla 18: Comparaciones múltiples entre los cationes y los diferentes tratamientos aplicando el test de las Diferencias Mínimas Significativas (DMS) con la concentración de cationes en *Juncus acutus*.

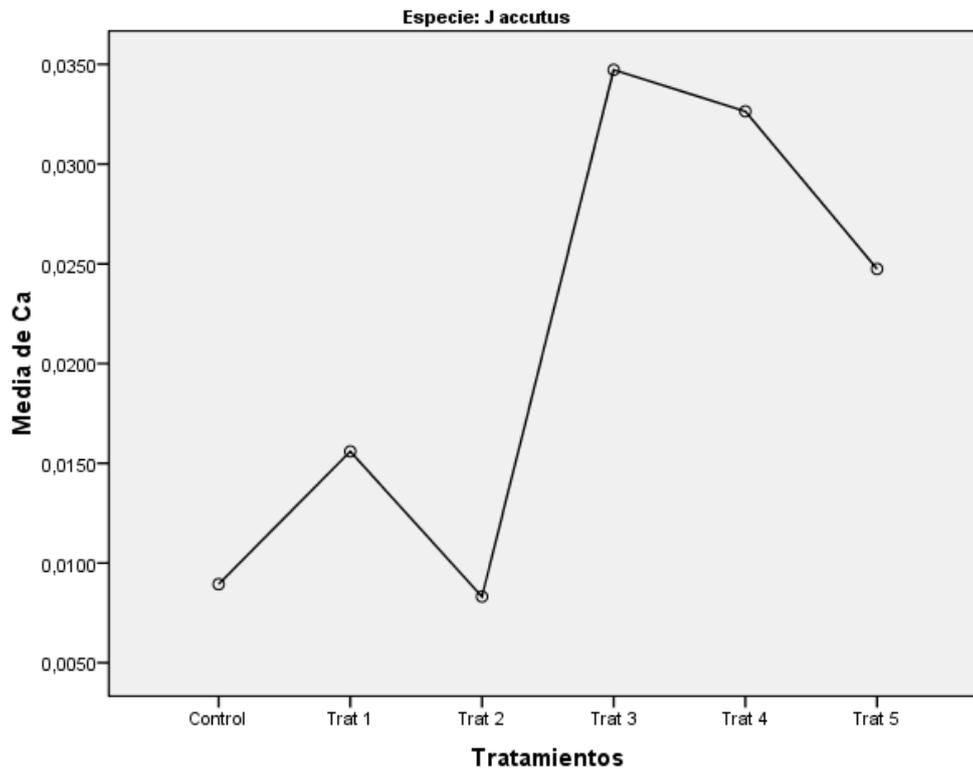


Gráfico 17: Gráfico de las medias de Ca en *J. acutus*, según los diferentes tratamientos.

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

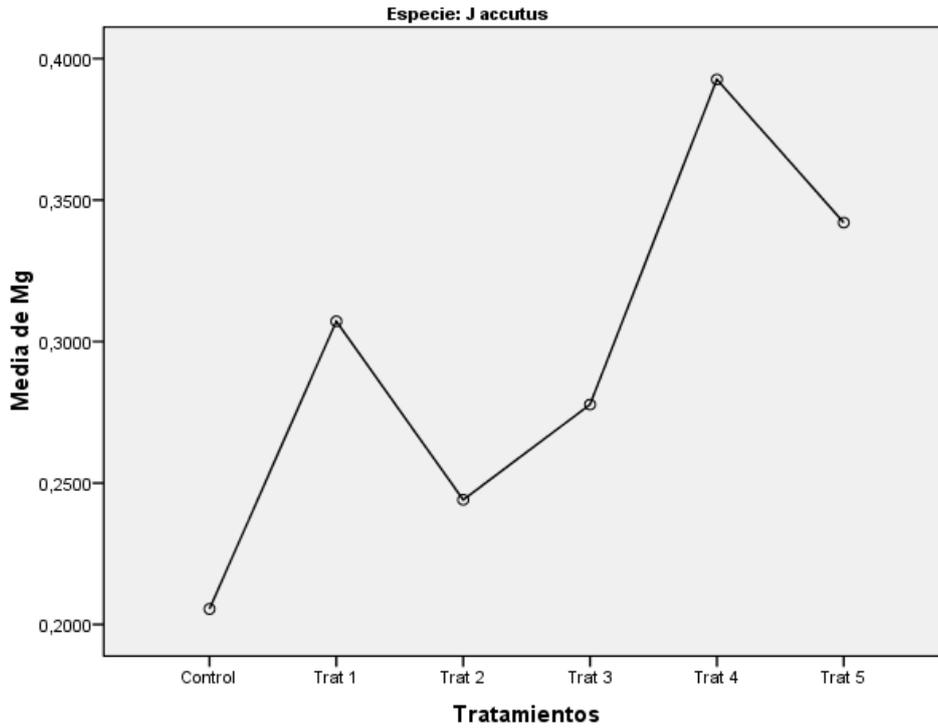


Gráfico 18: Gráfico de las medias de Mg en *J. acutus*, según los diferentes tratamientos.

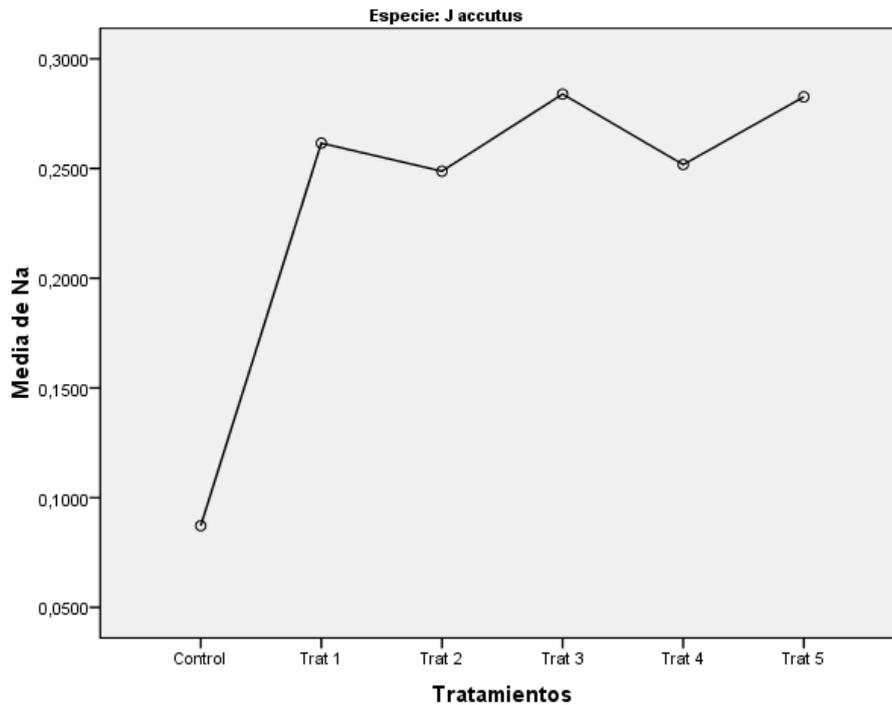


Gráfico 19: Gráfico de las medias de Na en *J. acutus*, según los diferentes tratamientos.

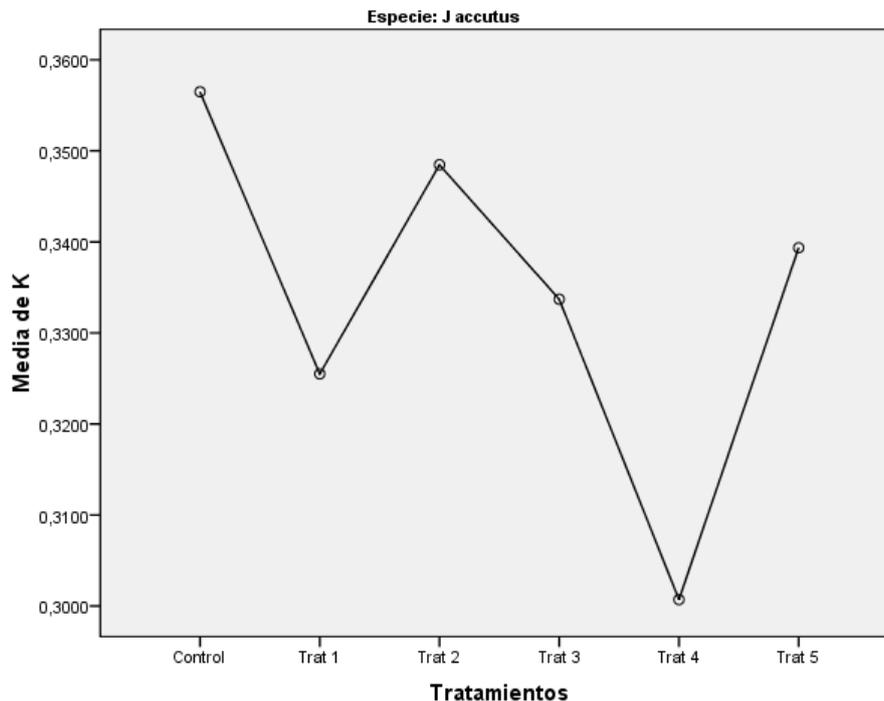


Gráfico 20: Gráfico de las medias de Mg en *J. acutus*, según los diferentes tratamientos.

En el caso del *Juncus acutus* el tratamiento 3 posee mayores concentraciones de Ca y Na y los valores máximos para el K aparecen en el control y para el Mg en el tratamiento 4. Sin embargo, los valores mínimos aparecen en el control en los cationes Mg y Na, en el tratamiento 2 para el Ca y en el tratamiento 4 para el K.

4.2.4. Concentración de cationes entre *J. maritimus* y *J. acutus*

Descriptivos									
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Ca	J maritimus	12	,031501	,0110398	,0031869	,024487	,038515	,0129	,0536
	J acutus	12	,020827	,0112350	,0032433	,013689	,027966	,0046	,0349
	Total	24	,026164	,0121810	,0024864	,021021	,031308	,0046	,0536
Mg	J maritimus	12	,289561	,0863000	,0249127	,234729	,344393	,1923	,4410
	J acutus	12	,294849	,0643903	,0185879	,253937	,335760	,2037	,3927
	Total	24	,292205	,0745128	,0152099	,260741	,323669	,1923	,4410
Na	J maritimus	12	,291937	,1075537	,0310481	,223601	,360274	,0859	,4277
	J acutus	12	,235985	,0709519	,0204820	,190905	,281066	,0849	,2847
	Total	24	,263961	,0935775	,0191014	,224447	,303476	,0849	,4277
K	J maritimus	12	,362893	,0251316	,0072549	,346925	,378861	,3430	,4119
	J acutus	12	,334036	,0187270	,0054060	,322138	,345935	,2996	,3579
	Total	24	,348464	,0262111	,0053503	,337396	,359532	,2996	,4119

Tabla 19: Datos estadísticos descriptivos de la concentración cationes entre las dos especies estudiadas.

En esta tabla se puede observar que el *J. maritimus* posee mayor concentración de Ca, Na y K, por otro lado el *J. acutus* tiene concentraciones más elevadas de Mg.

Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Ca	,706	1	22	,410
Mg	,802	1	22	,380
Na	,798	1	22	,381
K	1,324	1	22	,262

Tabla 20: Datos estadísticos descriptivos de la homogeneidad de las varianzas entre las dos especies estudiadas.

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ca	Inter-grupos	,001	1	,001	5,510	,028
	Intra-grupos	,003	22	,000		
	Total	,003	23			
Mg	Inter-grupos	,000	1	,000	,029	,866
	Intra-grupos	,128	22	,006		
	Total	,128	23			
Na	Inter-grupos	,019	1	,019	2,263	,147
	Intra-grupos	,183	22	,008		
	Total	,201	23			
K	Inter-grupos	,005	1	,005	10,173	,004
	Intra-grupos	,011	22	,000		
	Total	,016	23			

Tabla 21: Análisis de la varianza de la concentración de cationes entre las dos especies estudiadas.

Comparaciones múltiples							
DMS							
Variable dependiente	(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

Ca	Control	Trat 1	-,0073814	,0076807	,349	-,023518	,008755
		Trat 2	-,0166342	,0076807	,044	-,032771	-,000498
		Trat 3	-,0218324	,0076807	,011	-,037969	-,005696
		Trat 4	-,0184016	,0076807	,028	-,034538	-,002265
		Trat 5	-,0141391	,0076807	,082	-,030276	,001997
	Trat 1	Control	,0073814	,0076807	,349	-,008755	,023518
		Trat 2	-,0092528	,0076807	,244	-,025389	,006884
		Trat 3	-,0144510	,0076807	,076	-,030587	,001686
		Trat 4	-,0110202	,0076807	,168	-,027157	,005116
		Trat 5	-,0067577	,0076807	,391	-,022894	,009379
	Trat 2	Control	,0166342	,0076807	,044	,000498	,032771
		Trat 1	,0092528	,0076807	,244	-,006884	,025389
		Trat 3	-,0051982	,0076807	,507	-,021335	,010938
		Trat 4	-,0017674	,0076807	,821	-,017904	,014369
		Trat 5	,0024951	,0076807	,749	-,013641	,018632
	Trat 3	Control	,0218324	,0076807	,011	,005696	,037969
		Trat 1	,0144510	,0076807	,076	-,001686	,030587
		Trat 2	,0051982	,0076807	,507	-,010938	,021335
		Trat 4	,0034308	,0076807	,660	-,012706	,019567
		Trat 5	,0076933	,0076807	,330	-,008443	,023830
	Trat 4	Control	,0184016	,0076807	,028	,002265	,034538
		Trat 1	,0110202	,0076807	,168	-,005116	,027157
		Trat 2	,0017674	,0076807	,821	-,014369	,017904
		Trat 3	-,0034308	,0076807	,660	-,019567	,012706
		Trat 5	,0042625	,0076807	,586	-,011874	,020399
Trat 5	Control	,0141391	,0076807	,082	-,001997	,030276	
	Trat 1	,0067577	,0076807	,391	-,009379	,022894	
	Trat 2	-,0024951	,0076807	,749	-,018632	,013641	
	Trat 3	-,0076933	,0076807	,330	-,023830	,008443	
	Trat 4	-,0042625	,0076807	,586	-,020399	,011874	
Mg	Control	Trat 1	-,1241781	,0451531	,013	-,219041	-,029315
		Trat 2	-,1425709	,0451531	,005	-,237434	-,047708
		Trat 3	-,0653120	,0451531	,165	-,160175	,029551
		Trat 4	-,1059072	,0451531	,031	-,200770	-,011044
		Trat 5	-,1167874	,0451531	,019	-,211651	-,021924
	Trat 1	Control	,1241781	,0451531	,013	,029315	,219041
		Trat 2	-,0183928	,0451531	,689	-,113256	,076470
		Trat 3	,0588661	,0451531	,209	-,035997	,153729
		Trat 4	,0182709	,0451531	,691	-,076592	,113134
		Trat 5	,0073906	,0451531	,872	-,087473	,102254
	Trat 2	Control	,1425709	,0451531	,005	,047708	,237434
		Trat 1	,0183928	,0451531	,689	-,076470	,113256
		Trat 3	,0772589	,0451531	,104	-,017604	,172122
		Trat 4	,0366637	,0451531	,427	-,058200	,131527
		Trat 5	,0257834	,0451531	,575	-,069080	,120647
Trat 3	Control	,0653120	,0451531	,165	-,029551	,160175	

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

		Trat 1	-,0588661	,0451531	,209	-,153729	,035997
		Trat 2	-,0772589	,0451531	,104	-,172122	,017604
		Trat 4	-,0405952	,0451531	,380	-,135458	,054268
		Trat 5	-,0514755	,0451531	,269	-,146339	,043388
	Trat 4	Control	,1059072	,0451531	,031	,011044	,200770
		Trat 1	-,0182709	,0451531	,691	-,113134	,076592
		Trat 2	-,0366637	,0451531	,427	-,131527	,058200
		Trat 3	,0405952	,0451531	,380	-,054268	,135458
		Trat 5	-,0108802	,0451531	,812	-,105743	,083983
	Trat 5	Control	,1167874	,0451531	,019	,021924	,211651
		Trat 1	-,0073906	,0451531	,872	-,102254	,087473
		Trat 2	-,0257834	,0451531	,575	-,120647	,069080
		Trat 3	,0514755	,0451531	,269	-,043388	,146339
		Trat 4	,0108802	,0451531	,812	-,083983	,105743
Na	Control	Trat 1	-,2154021	,0336336	,000	-,286064	-,144740
		Trat 2	-,2506543	,0336336	,000	-,321316	-,179993
		Trat 3	-,2096313	,0336336	,000	-,280293	-,138970
		Trat 4	-,1775154	,0336336	,000	-,248177	-,106854
		Trat 5	-,2066204	,0336336	,000	-,277282	-,135959
	Trat 1	Control	,2154021	,0336336	,000	,144740	,286064
		Trat 2	-,0352522	,0336336	,308	-,105914	,035409
		Trat 3	,0057708	,0336336	,866	-,064891	,076432
		Trat 4	,0378867	,0336336	,275	-,032775	,108548
		Trat 5	,0087817	,0336336	,797	-,061880	,079443
	Trat 2	Control	,2506543	,0336336	,000	,179993	,321316
		Trat 1	,0352522	,0336336	,308	-,035409	,105914
		Trat 3	,0410230	,0336336	,238	-,029639	,111685
		Trat 4	,0731389	,0336336	,043	,002477	,143800
		Trat 5	,0440339	,0336336	,207	-,026628	,114695
	Trat 3	Control	,2096313	,0336336	,000	,138970	,280293
		Trat 1	-,0057708	,0336336	,866	-,076432	,064891
		Trat 2	-,0410230	,0336336	,238	-,111685	,029639
		Trat 4	,0321159	,0336336	,352	-,038546	,102777
		Trat 5	,0030109	,0336336	,930	-,067651	,073672
	Trat 4	Control	,1775154	,0336336	,000	,106854	,248177
		Trat 1	-,0378867	,0336336	,275	-,108548	,032775
		Trat 2	-,0731389	,0336336	,043	-,143800	-,002477
		Trat 3	-,0321159	,0336336	,352	-,102777	,038546
		Trat 5	-,0291050	,0336336	,398	-,099767	,041557
	Trat 5	Control	,2066204	,0336336	,000	,135959	,277282
		Trat 1	-,0087817	,0336336	,797	-,079443	,061880
		Trat 2	-,0440339	,0336336	,207	-,114695	,026628
		Trat 3	-,0030109	,0336336	,930	-,073672	,067651
		Trat 4	,0291050	,0336336	,398	-,041557	,099767
K	Control	Trat 1	,0308918	,0144817	,047	,000467	,061317
		Trat 2	-,0143068	,0144817	,336	-,044732	,016118

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

		Trat 3	,0269734	,0144817	,079	-,003452	,057398
		Trat 4	,0391843*	,0144817	,014	,008759	,069609
		Trat 5	,0200478	,0144817	,183	-,010377	,050473
	Trat 1	Control	-,0308918*	,0144817	,047	-,061317	-,000467
		Trat 2	-,0451986*	,0144817	,006	-,075624	-,014774
		Trat 3	-,0039184	,0144817	,790	-,034343	,026507
		Trat 4	,0082925	,0144817	,574	-,022132	,038717
		Trat 5	-,0108440	,0144817	,464	-,041269	,019581
		Trat 2	Control	,0143068	,0144817	,336	-,016118
	Trat 1		,0451986*	,0144817	,006	,014774	,075624
	Trat 3		,0412802*	,0144817	,011	,010855	,071705
	Trat 4		,0534911*	,0144817	,002	,023066	,083916
	Trat 5		,0343546*	,0144817	,029	,003930	,064780
	Trat 3	Control	-,0269734	,0144817	,079	-,057398	,003452
		Trat 1	,0039184	,0144817	,790	-,026507	,034343
		Trat 2	-,0412802*	,0144817	,011	-,071705	-,010855
		Trat 4	,0122109	,0144817	,410	-,018214	,042636
		Trat 5	-,0069256	,0144817	,638	-,037351	,023499
	Trat 4	Control	-,0391843*	,0144817	,014	-,069609	-,008759
		Trat 1	-,0082925	,0144817	,574	-,038717	,022132
		Trat 2	-,0534911*	,0144817	,002	-,083916	-,023066
		Trat 3	-,0122109	,0144817	,410	-,042636	,018214
		Trat 5	-,0191365	,0144817	,203	-,049561	,011288
	Trat 5	Control	-,0200478	,0144817	,183	-,050473	,010377
		Trat 1	,0108440	,0144817	,464	-,019581	,041269
		Trat 2	-,0343546*	,0144817	,029	-,064780	-,003930
		Trat 3	,0069256	,0144817	,638	-,023499	,037351
		Trat 4	,0191365	,0144817	,203	-,011288	,049561
*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.							

Tabla 22: Comparaciones múltiples entre los cationes y los diferentes tratamientos aplicando el test de las Diferencias Mínimas Significativas (DMS) con la concentración de cationes entre las dos especies estudiadas.

Efecto de los cationes calcio y magnesio sobre el crecimiento de dos especies de *Juncus* en condiciones de estrés salino

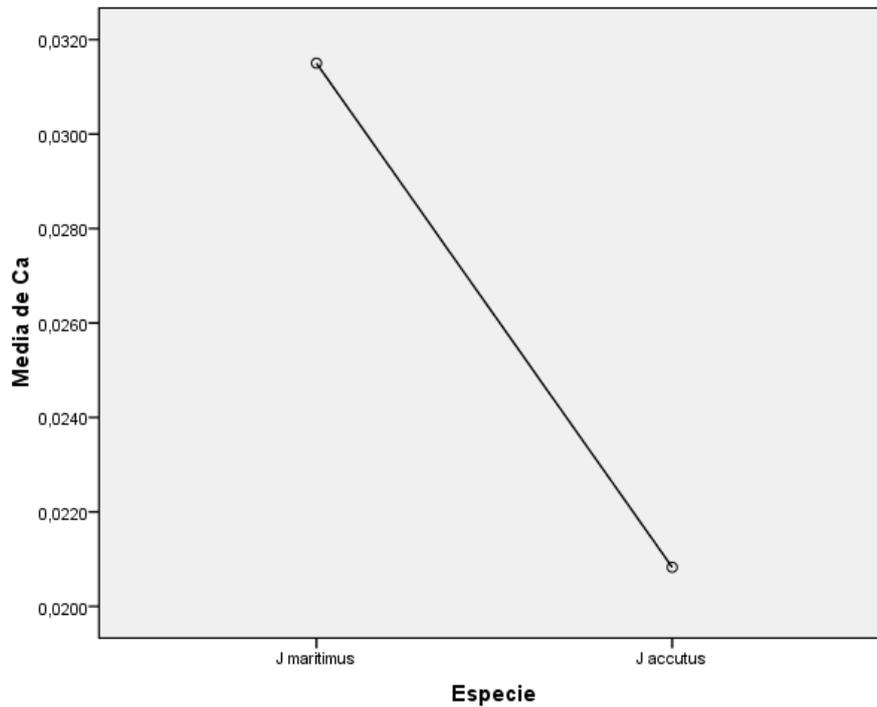


Gráfico 21: Gráfico de medias de Ca entre las dos especies estudiadas.

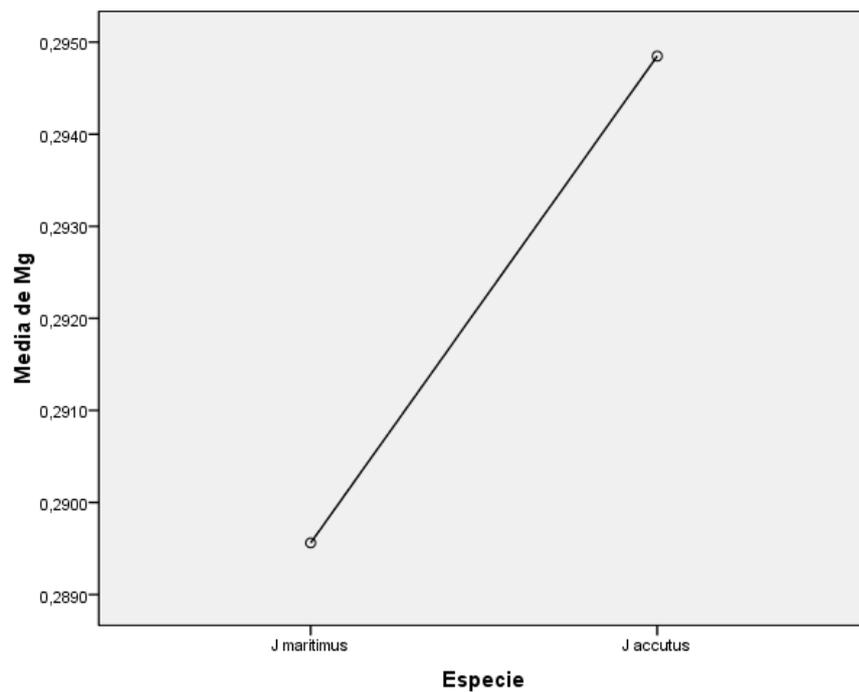


Gráfico 22: Gráfico de medias de Mg entre las dos especies estudiadas.

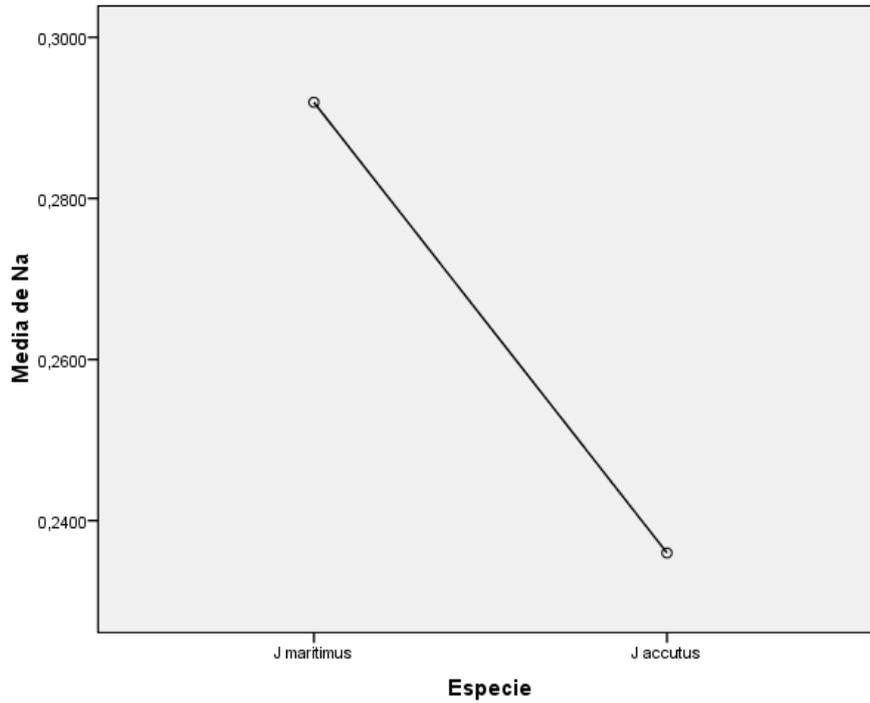


Gráfico 23: Gráfico de medias de Na entre las dos especies estudiadas.

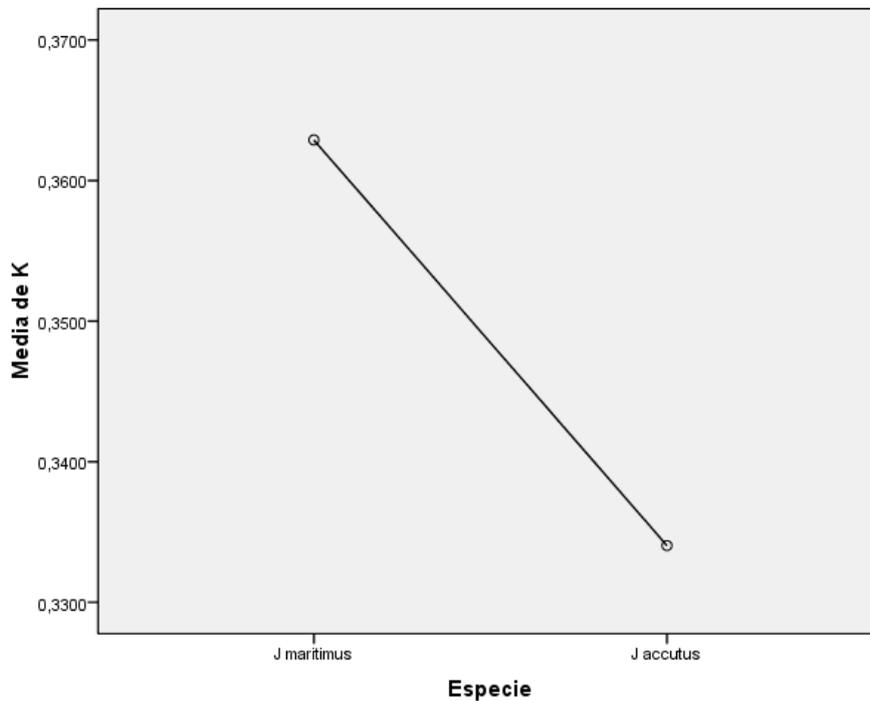


Gráfico 24: Gráfico de medias de K entre las dos especies estudiadas.

Tal y como se explicó anteriormente, en los gráficos aparecen las concentraciones medias en las dos especies estudiadas, donde *J. maritimus* posee mayores concentraciones en Ca, Na y K, mientras que el catión Mg posee mayor concentración en el *J. accutus*. Las concentraciones difieren mucho entre las dos especies.

5. Conclusiones

Según los resultados obtenidos durante el trabajo de laboratorio y su posterior análisis hemos obtenido las siguientes conclusiones:

La especie de *Juncus maritimus* posee una mayor acumulación de calcio, sodio y potasio, por lo que el calcio elimina los efectos dañinos del sodio y también hace que el potasio pueda ser asimilado, por lo que esta especie es más resistente que el *Juncus acutus*.

Se puede decir que el potasio es el catión que tiene una mejor asimilación en *J. maritimus* seguidamente del magnesio, por otro lado en *J. acutus* ocurre lo contrario, el magnesio posee mejor asimilación que el potasio.

Respecto a los diferentes tratamientos en *J. maritimus* si que coinciden los resultados máximos de cationes en el tratamiento 2, sin embargo en *J. acutus* los resultados son dispares, no pudiéndose establecer que tratamiento es el que posee mayores valores.

6. Bibliografía

BARCELÓ, J., NICOLÁS, G., SABATER, B. y SÁNCHEZ, R. (1992). Fisiología vegetal. *Pirámide*:158-164. 625-626.

BARSA, A. y BARSA, R., (1997). Mechanisms of environmental stress resistance in plants. *Harwood academic publishers*: 83-106.

COSTA, M y BOIRA, H. (1981). La vegetación costera valenciana: Los saladares. *Anales Jard. Bot. Madrid*. 38(1):233-244.

COSTA, M. y MANSANET, J. (1981). Los ecosistemas dunares levantinos: La Devesa de La Albufera de Valencia. *Anales. Jard. Bot. Madrid*. 37 (2): 277-299.

COSTA, M., PERÍS, J.B. y FIGUEROLA, R. (1983). *La vegetación de la Devesa de La Albufera de Valencia*. Monografies, 01. Ayuntamiento de Valencia.

FLOWERS, T. J. Y COLMER, T.D. (2008). Salinity tolerance in halophytes. *Tansley review . New Phytologist*. 179: 945–963.

FLOWERS T.J., TROKE P.F. & YEO A.R. (1977). The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol*. 28: 89-121.

FLOWERS, T.J., HAJIBAGHERI, M.A. & CLIPSON, N.J.W. (1986). Halophytes. *The Quarterly Review of Biology*. 61: 313-337.

MUNNS, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell & Environment*. 25: 239-250.

ROSS, C.W. & SALISBURY, F.B. (2000). Fisiología de las plantas: desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. *Thomson learning*. Madrid: 923-928.

SANCHIS, E., RUBIO, J.L. & ANDREU, V. (1998). Los suelos de la Devesa de la Albufera, Revista valenciana d'estudis autonòmics. Número 22.

FERNÁNDEZ-CARVAJAL, M.C. (1981). Revisión del género *Juncus* L. en la Península Ibérica.I. Categorías supraespecíficas y clave para las especies. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 38 (1): 79-89.

FERNÁNDEZ-CARVAJAL, M.C. (1982). Revisión del género *Juncus* L. en la Península Ibérica.II. Subgéneros *Juncus* y *Genuini* Buchenau. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 38 (2): 417-467.

TORRES, S., GÓMEZ, C., ARAGÓN, P., MARÍN, M.L. (2006). Técnicas instrumentales. Manual de laboratorio. *Universidad Politécnica de Valencia*. Valencia: 81-85.

AZCON-BIETO, J. & M. TALON, (1993). Fisiología y Bioquímica Vegetal. *Madrid*. McGraw-Hill.

Webs consultadas:

- www.wikipedia.com
- Botanydictionary.org
- www.albufera.com
- www.parquesnaturales.gva.es
- <http://herbarivirtual.uib.es/cas-med/>
- www.xtec.cat
- www.elergonomista.com
- www.espectrometria.com
- www.globalbioclimatics.org