

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA

Llicenciat en Ciències ambientals



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

**“Variaciones espaciales y estacionales
de los niveles de iones solubles en
plantas de una zona gipsícola de
Tuéjar”**

TREBALL FINAL DE CARRERA

Autor/es:

Leticia Casanova Sanfèlix

Director/a/s:

D. Josep Vicent Llinares Palacios

D^a. Mónica Boscaiu Neagu

GANDIA, 2011

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

AGRADECIMIENTOS

A mi familia y amigos

A mi pareja por su apoyo

Y especialmente a mi tutor por su ayuda y paciencia.

Leticia Casanova Sanfèlix

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

Índice

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. El estrés ambiental y el estrés abiótico.....	8
1.2. Adaptación de las plantas al estrés	9
1.2.1. Plantas halófilas.....	10
1.2.2. Plantas gipsófilas	11
1.2.3. Plantas xerófilas	12
2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS GIPSÍCOLAS	14
2.1. La zona de estudio	16
2.2. Vegetación típica	17
2.2.1. Especies estudiadas	18
2.3. Estudio del medio	29
2.3.1. Climatología	29
2.3.2. Edafología	35
3. OBJETIVOS	37
4. MATERIAL Y MÉTODOS	39
4.1. Muestreo de especies	40
4.2. Preparación de las muestras	44
4.3. Aparato termoestataado	44
4.4. Mediciones	54
4.4.1. Ca y Mg: Absorción atómica	54
4.4.2. K y Na: Fotometría de llama	61
5. RESULTADOS	68
5.1. Medición	69
5.2. Análisis general	69
5.2.1. Análisis de los iones K y Na en función de la estación	70
5.2.2. Análisis de los iones K y Na en función de la zona de estudio.	72
5.2.3. Análisis de los iones Ca y Mg en función de la estación ..	75
5.2.4. Análisis de los iones Ca y Mg en función de la zona de estudio	77
6. CONCLUSIONES	79
7. BIBLIOGRAFÍA	81

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

ÍNDICE TABLAS

Tabla 2.1.1. Valores anuales	29
Tabla 2.3.2. Valores mensuales	29
Tabla 2.3.3. Ficha hídrica	30
Tabla 2.3.4. Amplitudes térmicas medias anuales y mensuales	31
Tabla 2.3.5. Cantidad de días con precipitaciones	32
Tabla 2.3.6. Cantidad media de nevadas, granizo, tormentas y tormentas estivales	32
Tabla 2.3.7. Humedad absoluta, medias mensuales y anual	32
Tabla 2.3.8. Especies encontradas en Tuéjar	42

ÍNDICE FIGURAS

Figura 2.1.1 Mapa localización de Tuéjar	16
Figura 2.1.2. Amplitudes térmicas medias anuales y mensuales	31
Figura 2.1.3. Climodiagrama de Walter-Lieth	33
Figura 2.1.4. Esquema de espectrofotómetro de absorción atómica	57
Figura 2.1.5. Comparación de los iones en función de la estación	70
Figura 2.1.6. Comparación de los iones en función de la zona de estudio	72
Figura 2.1.7. Comparación de los iones en función de la estación	75
Figura 2.1.8. Comparación de los iones en función de la zona de estudio	77

ÍNDICE FOTOGRAFIAS

Fotografía 2.2.1. <i>Cistus clusii</i>	18
Fotografía 2.2.2. <i>Helianthemum syriacum</i>	20
Fotografía 2.2.3. <i>Anthyllis cytissoides</i>	22
Fotografía 2.2.4. <i>Ononis tridentata</i>	23
Fotografía 2.2.5. <i>Rosmarinus officinalis</i>	25
Fotografía 2.2.6. <i>Thymus vulgaris</i> L. subsp. <i>vulgaris</i>	26
Fotografía 2.2.7. <i>Plantago albicaris</i>	27
Fotografía 2.2.8. <i>Gypsophila struthium</i> subsp <i>hispanica</i>	28
Fotografía 2.2.9 Fotografía aérea de la zona de estudio	40
Fotografía 2.2.10. Panel frontal del aparato termoestático	45
Fotografía 2.2.11. Pesado de muestra en la balanza analítica	49
Fotografía 2.2.12. Tubos de ensayo	50
Fotografía 2.2.13. Gradilla con tubos de ensayo	50
Fotografía 2.2.14. Calentamiento aparato termoestático	51
Fotografía 2.2.15. Realización de la infusión en el aparato termoestático	51
Fotografía 2.2.16. Filtrado de las muestras digeridas	52
Fotografía 2.2.17. Muestra filtrada	53

1. Introducción

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar

1.1. El estrés ambiental y estrés abiótico

El estrés abiótico se define como cualquier condición externa a los organismos vivos que reduce el crecimiento, supervivencia y fecundidad de una planta. Puede ser una sequía, una elevada salinidad del suelo, temperaturas extremas, escasez de luz o exceso de radiación, inundaciones, suelos ácidos, alcalinos, pobres en nutrientes, etc.

Los recursos del suelo requeridos para el crecimiento de las plantas se distribuyen de forma heterogénea con una gran variabilidad temporal y espacial (Jackson & Caldwell, 1993). Esta característica propia de los ecosistemas naturales puede tener consecuencias ecológicas, afectando al crecimiento de las plantas y al reparto de la biomasa entre raíces y parte aérea (Wijesinghe et al., 2005). En ambientes naturales, factores del microhábitat como luz, agua y nutrientes afectan al desarrollo de la planta y por tanto, examinar los nutrientes y las características de los microhábitat afectados por estrés abiótico puede ayudar a comprender la distribución espacial de las especies de estas zonas, ya que mediante la selección natural las plantas han adquirido una serie de mecanismos que les han permitido sobrevivir en situaciones adversas (Ortolà, 2003) y de esta forma adaptarse a estos ecosistemas.

El Servicio de Gestión del Territorio y Nutrición Vegetal de la FAO, estima que aproximadamente el 6% de los suelos de la tierra están afectados por la salinidad o la sodicidad. De los suelos cultivados actualmente 230 millones de Ha de las tierras de regadío, el 19.5% están afectadas por la sal y de las 1500 millones de Ha bajo agricultura de secano el 2.1% están afectadas por la sal en distintos grados. Estos son algunos de los motivos por los cuales es prioritario el estudio de la respuesta al estrés abiótico por ser una de las principales causas de reducción de las cosechas a nivel mundial.

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar**

Hasta el momento se han realizado estudios en condiciones artificiales en laboratorios con especies no tolerantes al estrés como *Arabidopsis thaliana*, con estos ensayos se han definido algunos mecanismos bioquímicos básicos de respuesta al estrés: homeostasis iónica, síntesis de metabolitos y proteínas, regulación de balance osmótico. No obstante los niveles de tolerancia al estrés abiótico, que tienen estas especies no son comparables a los de las plantas silvestres adaptadas a un tipo estrés como son los casos de las halófitas, gipsófitas, xerófitas. Por esta razón es especialmente interesante el estudio de los mecanismos de respuesta al estrés de las especies silvestres tolerantes en condiciones naturales, para poder estudiar las variaciones en función de los cambios espaciales y temporales, teniendo en cuenta las características de sus hábitats, las condiciones climatológicas.

El estudio de estos mecanismos es complementario al realizado en el laboratorio con plantas no tolerantes, ayudara a avanzar en este campo.

1.2. Adaptación de las plantas al estrés

La domesticación inicial y el posterior desarrollo de las plantas cultivadas a lo largo de la historia, al ser seleccionadas por caracteres como rapidez de crecimiento, acumulación de biomasa, o producción de frutos y semillas, no ha potenciado la tolerancia a estrés; al contrario, ha supuesto su disminución con respecto a sus predecesores silvestres, ya que la inhibición del crecimiento vegetativo y del desarrollo reproductivo es precisamente la respuesta al estrés más general e inmediata de las plantas, que desvían todos sus recursos (energía, precursores metabólicos, etc.) para sobrevivir a las condiciones adversas (Serrano & Gaxiola 1994; Zhu, 2001).

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

No obstante también existen plantas adaptadas de forma natural a condiciones de estrés. Esta vegetación especializada es capaz de sobrevivir y completar su ciclo biológico a pesar de estar sometida a estas condiciones adversas en sus hábitats respectivos.

1.2.1. Plantas halófilas

Son plantas que viven en ambientes hipersalinos: zonas áridas, costas, diferentes profundidades de agua de mar, etc. Son las únicas plantas que pueden crecer y completar su ciclo biológico en estas condiciones son las denominadas halófilas, las cuales han desarrollado adaptaciones fisiológicas para subsistir con éxito en estos ambientes.

En la flora predominante de los suelos litorales encontramos pocas especies, pertenecientes a géneros cosmopolitas como *Sarcocornia*, *Spartina*, *Juncus*, *Plantago* y *Limonium*, estas han desarrollado adaptaciones fisiológicas para subsistir en estos ambientes, evitando así la competencia con las plantas glicófilas (plantas “dulces” o no halófilas) (Flowers et al., 1986).

Se diferencian de los halotolerantes en que son capaces de reproducirse y realizar sus funciones metabólicas de una manera más eficaz en presencia de altas concentraciones de sales que en su ausencia.

Las adaptaciones morfológicas y fisiológicas desarrolladas que les permiten balancear su presión osmótica en relación con el medio y resistir los efectos nocivos de la sal como por ejemplo:

-Acumulación de iones sodio y cloro para compensar las altas tensiones de succión del suelo (*Limonium*).

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

-Eliminación de sales por glándulas o por pelos vesiculares (*Armería, Limonium, Spartina*).

-Acumulación de grandes cantidades de agua para evitar las concentraciones de sal demasiado altas en el jugo celular; succulencia (*Salicornia, Suaeda, Halimione, etc.*)

Este tipo de vegetación ha sufrido una gran reescisión debido a que los ecosistemas en que habita se encuentran próximos a las zonas costeras, que en las últimas décadas han sufrido una gran presión urbanística. La legislación actual ha protegido algunas especies endémicas y propias de estos ecosistemas.

1.2.2. Plantas gipsófilas

La vegetación gipsófila es una vegetación característica de los suelos yesosos. En estos suelos predominan iones de magnesio y calcio. Estos sulfatos pueden estar enriquecidos con cloruros, si son de origen marino y sodio si son de origen continental.

Son comunidades vegetales dominadas por caméfitos, pequeños arbustos y gramíneas. A menudo encontramos una costra liquénica en estos suelos. Aunque dentro de la vegetación gipsófila podemos encontrar sutiles diferencias dependiendo de la naturaleza de los yesos que influyen en la composición florística de esta vegetación.

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar

En los suelos de yesos podemos encontrar muchos endemismos. Las plantas que crecen sobre suelos yesíferos se consideran gipsófitas cuando son exclusivas de este tipo de sustratos, y gipsóvagas cuando aparecen en sustratos yesíferos pero crecen sobre distintos tipos de suelos (Palacio et al., 2007). Las gipsóvagas son plantas tolerantes a estrés que crecen sobre los suelos yesíferos debido a la baja competencia que existe aquí. (Gankin & Mayor 1964) consideran que muchas plantas que se desarrollan en este tipo de hábitats son tolerantes a estrés pero muy poco competitivas.

Estos ecosistemas están muy amenazados debido a la extracción de yeso de estos suelos para la construcción, no obstante las comunidades vegetales gipsófilas ibéricas están consideradas como hábitats prioritarios, que se incluyen entre los más amenazados de Europa (Pueyo et al., 2007), y muchas gipsófitas están protegidas por leyes autonómicas, nacionales o internacionales.

1.2.3. Plantas xerófilas

Las xerófitas son plantas que crecen donde el agua escasea la mayor parte del tiempo (Ortolà, 2003). Salvo hábitats especiales, como los mencionados anteriormente, la vegetación generalmente es de tipo climatófilo, es decir, su distribución está condicionada por las condiciones climatológicas mucho más que por las características edáficas de sus hábitats (Valladares, 2003).

Las plantas xerófitas han desarrollado una serie de mecanismos con objetivo evitar o eliminar las condiciones adversas, como:

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar**

-Limita pérdida de agua: Engrosamiento o cerosidad de la cutícula, menor número de estomas, estomas hundidos en una cámara, los estomas se abren de noche, pubescencia superficial, hojas enrolladas,

-Almacenaje de agua: Hojas suculentas, tallos suculentos, tubérculo carnoso.

-Ascenso de agua: Sistema radicular profundo y denso, sistema radical profundo, hasta la capa freática, sistema radicular muy extendido junto a la superficie, absorbe humedad superficial en estructuras foliares: tricoma.

En la cuenca Mediterránea el factor limitante es fundamentalmente la disponibilidad de agua. También los nutrientes son habitualmente escasos, considerándose también un recurso limitante, y el exceso de radiación es a menudo una importante fuente adicional de estrés para las plantas en estos ecosistemas.

2. Características de los suelos gypsícolas

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar**

Desde mediados del siglo pasado, se aviva el interés que genera la vegetación que medra sobre yesos, debido fundamentalmente al auge de la Fitosociología (Bellot, 1952; Braun-Blanquet & Bolòs, 1957; Rivas-Goday, & col., 1956; Rivas-Goday & Esteve, 1968; Rivas-Martínez & Costa, 1970; Esteve & Varo, 1975; Peinado & col., 1992; Mota & col., 1993).

En la Península Ibérica se reconocen cuatro grandes territorios con sus respectivas formaciones vegetales propias y características, ligadas a los yesos:

1. **Valle del Ebro:** caracterizado por el taxón *Gypsophila struthium* subsp. *hispanica*.
2. **Sureste andaluz** (yesos almerienses): con numerosos elementos endémicos como *Santolina viscosa*, *Coris hispanica*, *Helianthemum alypoides*, etc.
3. **Sureste peninsular** (yesos murcianos-alicantinos): muy bien definidos por la presencia de distintos gipsófitos exclusivos del género *Teucrium*, como son *Teucrium libanitis* y *Teucrium lepicephalum*
4. Por último, una gran extensión territorial que viene a coincidir con gran parte del centro peninsular y áreas circundantes en Castilla y León y centro-este de Andalucía (depresión del Guadiana Menor, valle del Guadalquivir y afloramientos suroccidentales de Granada, aquí tratados). Este último grupo es algo más heterogéneo que los anteriores, debido en parte a la gran amplitud de extensión que posee y por tener un menor número de especies características, no siempre presentes en todo su área, como son *Centaurea hyssopifolia*, *Reseda suffruticosa*, *Thymus lacaitae*, *Ononis tridentata* subsp. *crassifolia*, etc.

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

2.1. La zona de estudio:

La zona de estudio se encuentra en el término municipal de Tuéjar, dentro del área del Alto Turia, en la comarca de los Serrano, situada al NO de la provincia de Valencia, La ladera está situada a la izquierda de la carretera que une las localidades de Tuéjar y Sinarcas en el punto KM 76,5(la zona de estudio se ha dividido en tres parcelas de 100m² cada una) sus límites son:

- Al N, los pueblos de Abejuela, Arcos de las salinas, Torrijas, todos ellos pertenecientes a la provincia de Teruel.
- Al NO, la Sierra de Mira y Talayuelas, que separa a esta comarca de la provincia de Cuenca.
- Al SE, y S linda con la comarca Requena-Utiel, separada de ésta por la Sierra del Tejo y la Sierra del Negrete.
- Al E, con la comarca del camp de Liria.

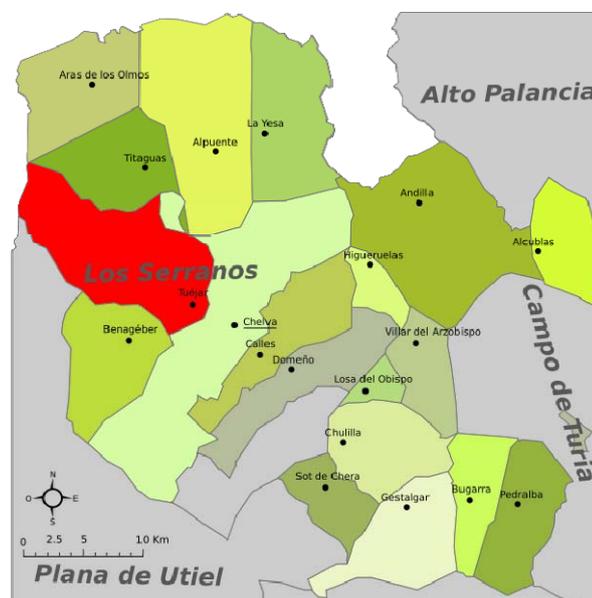


Figura 2.1.1: Mapa localización Tuéjar

La comarca de los serrano tiene una extensión de 150000 ha, y comprende los municipios de Benagéber, Chelva, Tuéjar, Alpuente, La Yesa ,

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

Villar del Arzobispo, Andilla, Casa del Obispo y Sot de Chera con capital comarcal en Chelva.

A Tuéjar se accede por la comarcal CV-35 (antigua CV-234), y se encuentra a 75 Km. de la ciudad de Valencia.

2.2. Vegetación típica

La vegetación gipsícola se muestra como un magnífico ejemplo para el estudio y comprensión de los fundamentos que rigen esta disciplina botánica, ya que las peculiaridades de los condicionantes físico-químicos que imperan en este tipo de ambientes afectan e influyen, cualitativa y cuantitativamente, en las especies vegetales que sobre ellos se asientan (MERLO & col., 1998).

Gracias a estos factores ambientales, que en gran medida promueven y acentúan los fenómenos de especiación, y a la especificidad que presentan la mayoría de las plantas que habitan sobre los yesos, se facilita el estudio fitosociológico de la vegetación. En este tipo de suelos, conviven habitualmente plantas de areal corológico restringido, que caracterizan fitogeográficamente a las asociaciones, y plantas exclusivas —gipsófitos—, que se repiten en distintos territorios y que confieren entidad fisonómica a la formación vegetal.

Actualmente, la vegetación gipsófila existente en la Península Ibérica se incluye en el orden *Gypsophiletalia*, en el cual y dependiendo de diversos autores, se diferencian varias unidades con diferentes rangos sintaxonómicos (Díez Garretas & Al., 1996; Loidi & Costa, 1997; Rivas-Martínez & al., 2001; Mota, 2001).

2.2.1. Especies estudiadas

Cistus clusii Dunal

Familia: Cistaceae

Nombre común: romero macho o jaguarzo

Floración: marzo -julio.

Biotipo: nanofanerófito.

Hábitat: matorrales secos calcáreos.

Distribución: iberoriental.

IUCN : Poco preocupante

Características

El romero macho o jaguarzo es una mata de los matorrales sobre suelos calcáreos que, en estado vegetativo, fácilmente podría confundirse con el omnipresente romero. Sus hojas son lineares y revolutas, opuestas, morfológicamente similares a las del romero, pero con un olor resinoso, poco agradable. En cambio, las hojas y los frutos son completamente dispares. Las flores, muy aparentes y de simetría radiada, nacen soportadas por pedúnculos largos, agrupadas en el extremo de los tallos. Constan de 3 sépalos, 5 pétalos blancos de aproximadamente 1 cm cada uno y numerosos estambres amarillos.



Fotografía 2.2.1: *Cistus clusii*

El fruto es una cápsula que se mantiene seca y entreabierta, dispersando las pequeñas y numerosas semillas durante meses. El romero macho, a diferencia de la mayoría de sus congéneres las jaras (gen. *Cistus*), prefiere suelos calcáreos. Tolera bien la sequedad y el calor.

Caracteres diagnósticos: arbusto heliófilo, de 1 metro de altura aproximadamente, muy ramificado y con un aromático olor a resina. Hojas estrechamente lineares, muy parecidas a las del romero. Flores de unos 2,5 cm de diámetro.

***Helianthemum syriacum* (Jacq.). Dum.-Cours.**

Familia: Cistaceae

Nombre común: Romero blanco.

Distribución general (Fitogeografía): Eurosiberianas de gran área.

Formes vitals: Caméfito.

Floración: marzo - junio.

Biotipo: caméfito sufruticoso.

Hábitat: matorrales secos calizos

Características

Helianthemum syriacum es una jarilla propia de matorrales despejados y coscojares con pino carrasco sobre calizas, margas yesíferas y terrenos arenosos. Es una planta perenne, de cepa leñosa, tallos erectos y hojas lanceoladas de margen revoluto que le dan aspecto de ser casi lineares. Alcanza una altura de unos sesenta centímetros.

El margen revoluto hacia el envés es un mecanismo de adaptación contra la fuerte insolación y evapotranspiración que debe soportar en los

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

ambientes esteparios donde vive, para evitar la radiación solar y reducir la transpiración.

Se le conoce popularmente como *romerillo*. Se suele encontrar con la jarilla de escamas (*Helianthemum squamatum*) y con el albardin en las zonas de yesos del valle del Ebro.

Es una especie de distribución mediterránea, encontrándose en el norte de África y países del sur de Europa.

Caracteres diagnósticos: mata muy leñosa, erecta, ramificada, gris, finamente tomentosa. Hojas linear-lanceoladas, agudas, opuestas, cortamente pecioladas, albo-tomentosas en el haz y grisáceas en el envés. Estípulas lanceolato-subuladas persistentes después de la caída de la hoja. Cimas unilaterales multiflorales y densas. Pétalos de 5-10 mm y sépalos pilosos de 5-11 mm. Cápsula también pilosa de 3-4 mm.



Fotografía 2.2.2.: *Helianthemum syriacum*

Anthyllis cytisoides L.

Familia: Fabaceae

Nombre común: Albaida.

Biotipo: nanofanerófito.

Hábitat: matorrales secos termófilos y soleados.

Floración: Primavera

Distribución: Frecuente en el ambiente mediterráneo templado- cálido, en la Península Ibérica, Baleares, sur de Francia, norte de África. Busca lugares secos y soleados, suelos calizos y pedregosos, tolera muy bien la sequía y sube por laderas de montaña siempre que las heladas invernales no sean demasiado fuertes.

Toxicidad: Precaución

IUCN: Poco preocupante

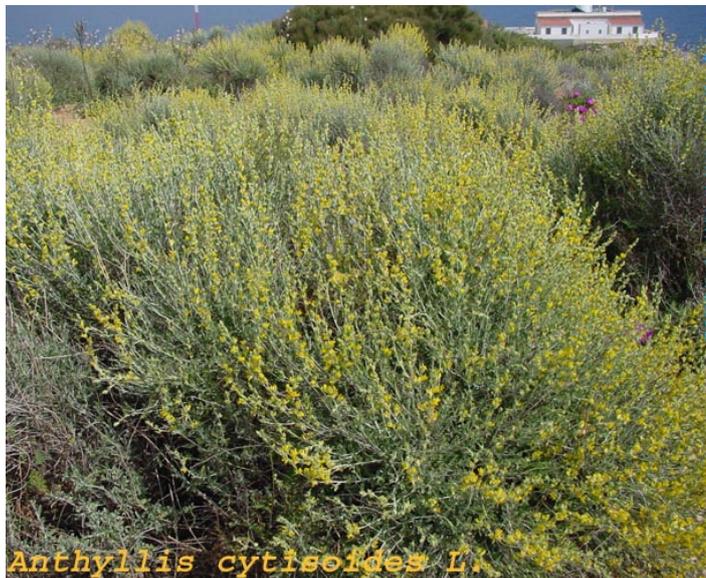
Características

Pequeño arbusto colonizador de cunetas y taludes. La semilla se ofrece como fruto seco (semilla comercial).

Indicaciones, contraindicaciones: Asma, resfriados.

Otros usos: se ha usado como leña. Las ramas finas, lisas y flexibles, para hacer los marcos usados en la cría del gusano de la seda. Ocasionalmente como escobas.

Caracteres diagnósticos: pequeño arbusto grisáceo blanquecino, con las ramas erectas. Las hojas inferiores usualmente presentan un solo foliolo oblongo obtuso, las superiores son trifolioladas, con los foliolos laterales mucho más pequeños que el central. Inflorescencias espiciformes terminales laxas con flores amarillas. Legumbre ovoidea, pequeña y monosperma.



Fotografía 2.2.3. : *Anthyllis cytisoides*

***Ononis tridentata* L.**

Familia: Fabaceae

Nombre común: Arnacho. Estrepa. Garbancillo de conejo.

Biotipo: nanofanerófito.

Hábitat: Forma matorrales en suelos yesíferos. Es indicador de la presencia de sulfato cálcico.

Floración: Mayo. Junio. Julio. Agosto. Septiembre. Octubre. Noviembre.

Distribución: Mediterránea-occidental

Características

El asnallo (*Ononis tridentata*) es un arbusto de hasta metro y medio de altura, erecto y muy ramificado, de hojas diminutas y crasas que, por lo general, acaban en tres dientes. Los tallos más jóvenes están recubiertos de un denso fieltro de pelos blancos.

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

Pertenece a la familia de las leguminosas, por lo que tiene las flores amariposadas, típica de esta familia. El fruto es una pequeña legumbre de unos dos centímetros de longitud.

Crece en yesos con suelos que tengan cierta profundidad.

Se trata de una especie endémica de área ibero-norteafricana, exclusivas de matorrales esteparios gipsícolas, por lo que se ve acompañada de la albada.

Crece en suelos con yesos que tengan cierta profundidad.

La crasulencia de sus hojas es una adaptación a los suelos salinos. Las plantas que viven en suelos salinos, y el yeso es una sal, almacenan líquido con alto contenido en sales para contrarrestar la presión osmótica de la solución salina del suelo y así poder absorber agua. Por ello poseen tallos y hojas de consistencia crasa o carnosa.

Las plantas que viven en suelos con altos contenidos en cloruros tienen gran tendencia a la crasulencia. En suelos ricos en sulfatos es menos habitual.

El asnallo puede ser aprovechado por el ganado ovino y caprino.

Por todas estas características posee un gran valor ecológico y botánico, además de ser una bella planta.



Fotografía 2.2.4: *Ononis tridentata*

Rosmarinus officinalis L.

Familia: Lamiaceae

Nombre común: Romero

Distribución: planta originaria de la región mediterránea, sobre todo de las áreas donde el suelo es especialmente seco, arenoso y rocoso.

Hábitat: Es una especie termófila, alcanzando su desarrollo óptimo en

sitios secos y soleados y sobre cualquier tipo de suelo, preferentemente calizo.

Características

El nombre científico “Rosmarinus” parece ser que deriva, bien de las palabras latinas “Ros”: Rocío y “Marinus”: Marino, por ser especie que no suele alejarse en demasía de las zonas costeras; o bien de los vocablos griegos “Rhops”: Arbusto y “Myrinos”: Aromático

Se trata de un arbusto perenne de hasta 2 metros. Es muy aromático y es una importante planta melífera con gran número de aplicaciones medicinales y cosméticas.

Sus hojas son firmes, verde oscuras por la haz y blanquecinas por el envés, provistas de abundantes glándulas de esencia. Las flores de color azul o violáceo pálidos con los estambres más largos que los pétalos y el labio superior de la corola curvado.

En cuanto a su edafología, la tierra en la que mejor va a crecer es en la arenosa, aunque se adapta con facilidad a otros tipos de suelo más pobres, salvo en los arcillosos.



Fotografía 2.2.5. : *Rosmarinus officinalis*

Thymus vulgaris L. subsp. Vulgaris

Familia: Labiatae

Nombre común en castellano : Tomillo.

Distribución: Mediterránea.

Época de floración : Enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio.

Biotipo: Caméfito

Hábitat : Matorrales secos y soleados sobre cualquier tipo de sustrato.

Usos y propiedades: Aromática, comestible o para usos comestibles y medicinal.

Características:

Planta leñosa, muy ramificada y de pequeña altura. Tiene las hojas cenicientas, lineares, replegadas al margen hacia la cara inferior. Presenta flores bilabiadas, de color blanco o rosado, que se reúnen en glomérulos densos, haciéndose visibles sobre todo en primavera. Al contacto con las hojas, desprende un olor agradable y dulce.

Leticia Casanova Sanfèlix

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

Observaciones: Las brácteas florales resultan algo más anchas que las hojas, carácter que lo diferencia de la subsp. *aestivus*, la cual presenta las brácteas del mismo tamaño, suele florecer en otoño y desarrolla una inflorescencia más alargada.



Fotografía 2.2.6: *Thymus vulgaris* L. Subesp. *vulgaris*

***Plantago albicans* L.**

Familia: Plantaginaceae

Nombre común: Engañalabrador. Gitanilla. Lantén blanquecino. Resbala-muchachos.

Distribución: Mediterránea-meridional

Época floración: Abril. Mayo. Junio. Julio.

Biotipo: Caméfito

Hábitat: Baldíos, taludes erosionados, ribazos o cunetas, en terreno seco y soleado.

IUCN: Poco preocupante

Características

Las hojas de esta especie están cubiertas por una velloosidad que les proporciona una coloración blanquecina. Tienen una cepa gruesa y lignificada que se ramifica, por lo que la planta forma céspedes bastante laxos en zonas secas y calientes, generalmente en márgenes de caminos y campos de cultivos. Floración al final de la primavera.



Fotografía 2.2.7: *Plantago albicaris*

Gypsophila struthium subsp. Hispanica

Familia: Caryophyllaceae

Nombre común: albada o jabonera

Distribución: Mediterránea-meridional

Época floración: Abril. Mayo. Junio. Julio.

Biotipo: Caméfito

Hábitat: Exclusiva de suelos yesosos.

IUCN: Poco preocupante

Leticia Casanova Sanfèlix

Características

Es un arbusto perenne con una cepa leñosa baja y tortuosa que emite tallos de hasta un metro de altura. Posee hojas opuestas, que son lineares, de unos 3 ó 4cm y ligeramente crasas. Florece en verano y entonces es especialmente atractiva para los insectos.

Es una especie representativa de los suelos esteparios de yesos de zonas áridas de carácter continental. Se ve acompañada por *Lepidium subulatum*, el asnallo (*Ononis tridentata*), el albardín (*Lygeum spartum*) y las jarillas (*Helianthemum squamatum* y *H. syriacum*).

El nombre popular de jabonera se debe a que la raíz se ha usado para lavar la ropa. También como depurativo.



Fotografía 2.2.8: *Gypsophila struthium* subesp. *Hispanica*

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

2.3. Estudio del medio

2.3.1. Climatología:

Datos climáticos

Los valores climatológicos obtenidos se han tomado de la estación climatológica más cercana que es la de Segorbe. (Años de la serie: 1975-2005)

Valores anuales:

Valores anuales					
P	T	TmM	Tmm	TM	Tm
782,1	17,4	22,8	12,0	38,1	0,3

Tabla 2.3.1: Valores anuales

Valores mensuales

Valores mensuales												
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
p	84,3	64,4	61,0	63,7	73,2	28,6	9,1	23,3	90,1	90,7	106,2	87,5
t	10,6	11,5	13,2	15,0	18,2	22,5	25,3	25,7	22,8	18,4	14,1	11,4
tmm	5,7	6,4	7,4	9,1	12,5	16,6	19,2	19,9	17,4	13,4	9,5	6,8
tmM	15,4	16,6	19,0	20,8	23,9	28,4	31,4	31,4	28,1	23,4	18,7	16,1
tm	0,3	0,8	2,2	4,2	7,6	11,9	15,4	16,1	12,8	8,2	3,5	1,0
tM	21,8	23,9	27,2	28,5	31,3	35,4	38,1	37,9	34,4	29,9	25,1	22,4

Tabla 2.3.2: Valores mensuales

Leyenda de la tabla:

- *P*, precipitación anual (mm)
- *T*, temperatura media anual (°C)
- *TmM*, temperatura media anual de las máximas diarias(°C)
- *Tmm*, temperatura media anual de las mínimas diarias (°C)
- *TM*, temperatura máxima absoluta (°C)
- *Tm*, temperatura mínima absoluta (°C)
- *p*, precipitación mensual (mm)

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

- *t*, temperatura media mensual (°C)
- *tmM*, temperatura media mensual de las máximas diarias (°C)
- *tmm*, temperatura media mensual de las mínimas diarias (°C)
- *tM*, temperatura máxima absoluta mensual (°C)
- *tm*, temperatura mínima absoluta mensual (°C)

Generalidades climáticas

Ficha Hídrica												
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
T	10,6	11,5	13,2	15,0	18,2	22,5	25,3	25,7	22,8	18,4	14,1	11,4
ETP	21,1	24,3	38,5	52,0	82,7	122,3	153,9	148,4	105,3	66,1	35,4	23,4
Pe	84,3	64,4	61,0	63,7	73,2	28,6	9,1	23,3	90,1	90,7	106,2	87,5
R	80,0	80,0	80,0	80,0	71,1	22,0	3,6	0,8	0,6	25,2	80,0	80,0
ETR	21,1	24,3	38,5	52,0	82,1	77,6	27,5	26,2	90,2	66,1	35,4	23,4
S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	44,6	126,3	122,2	15,1	0,0	0,0	0,0
D	63,2	40,1	22,5	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	64,1

Tabla 2.3.3: Ficha hídrica

Leyenda de la tabla:

- *T*, temperatura media (°C)
- *ETP*, evapotranspiración potencial (mm)
- *Pe*, precipitación efectiva (mm)
- *R*, reserva de agua en el suelo (mm)
- *ETR*, evapotranspiración real (mm)
- *S*, déficit de agua (mm)
- D*, exceso de agua (mm)

El gráfico muestra como la humedad en el suelo va variando a lo largo del año según el mes en que nos encontremos. Las parcelas de estudio presentan un exceso de humedad en el suelo desde principios de noviembre hasta finales de abril. A partir de mayo se produce un déficit de humedad que provoca un agotamiento de la reserva del suelo hasta agosto, septiembre (estación seca). Es en septiembre cuando empieza la recarga de la reserva del suelo que se completa a principios de noviembre.

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

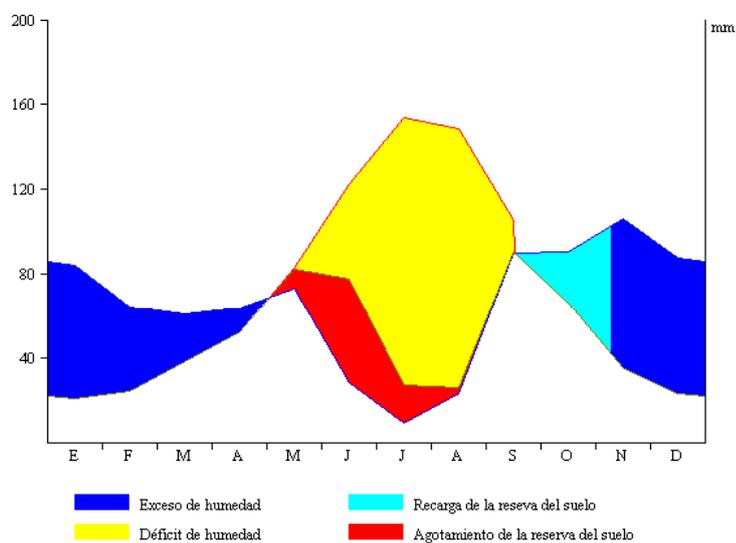


Figura 2.1.2: Variación de la humedad del suelo según el mes del año

Amplitudes térmicas medias anuales y mensuales

	Anual	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Amplitud térmica (°C)	2,11	0,8	1,6	3,3	3	2,5	2,9	3,7	3,2	2,2	1,2	0,5	0,4

Tabla 2.3.4: Amplitudes térmicas medias anual y mensuales

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

Número de días de precipitación (anuales y mensuales) y coeficiente de intensidad diaria (CID) de las lluvias.

	Media anual	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Diciembre	CID
Tuéjar	8,5	3,6	2,9	3,2	4,9	4	2,5	1,2	1,4	2,2	4,2	3,2	5,1	22,7

Tabla 2.3.5: Cantidad de días con precipitaciones.

Número medio anual de nevadas, granizo, tormentas y tormentas estivales:

	Nevadas	Granizo	Tormentas	Tormentas verano
Tuéjar	0,1	0,3	0,9	0,5

Tabla 2.3.6: Cantidad media de nevadas, granizo, tormentas y tormentas estivales

Para estos datos se han tomado los valores obtenidos en el observatorio del *Segorbe*, que es el más cercano a la zona.

Humedad absoluta, medias mensuales y anuales (en mm de Hg):

	Media anual	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Diciembre
Segorbe	1,6	7,4	7,5	8,1	9,2	1,4	4,3	7,6	8,3	6,5	13	9	7,5

Tabla 2.3.7: Humedad absoluta, medias mensuales y anual.

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

Clasificación climática

Se procede a calcular dichos valores mediante:

Climodiagrama de Walter-Lieth

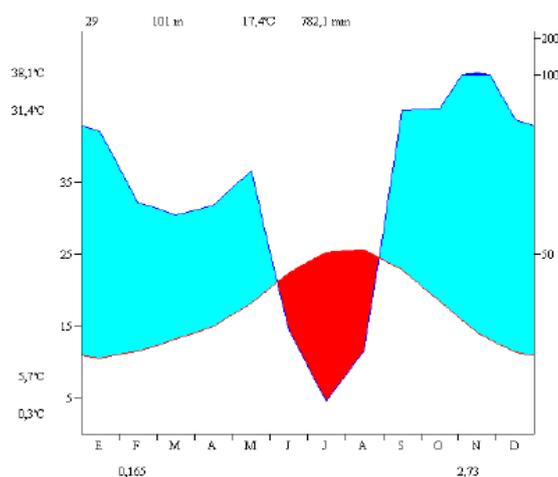


Figura 2.1.3: Climodiagrama de Walter-Lieth.

Factor de pluviosidad de Lang

45,0 (clima subdesértico)

Índice de aridez de Martonne

28,6 (clima subhúmedo)

Índice de Dantín-Revengea

2,2 (zona árida)

Índice de Vernet

-14,4 (clima mediterráneo)

Clasificación bioclimática

La siguiente clasificación está basada en el sistema propuesto por S. Rivas- Martínez, 2004.

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

- Macrobioclima: ***Mediterráneo***
- Bioclima: ***Euoceánico acusado***
- Piso bioclimático:
 - Termotipo: ***Termomediterráneo***
 - *Horizonte termotípico* : ***Superior***
 - Ombrotipo: ***Subhúmedo inferior***

Para establecer esta clasificación bioclimática, se han utilizado deliberadamente sólo datos del clima fácilmente asequibles tratados estadísticamente (T y P). Tales parámetros climáticos simples y sumatorios, así como un pequeño número de índices bioclimáticos, (conjunto de parámetros obtenidos con fórmulas aritméticas sencillas), son los que nos han servido para establecer la tipología de esta clasificación. En todos los casos la temperatura se expresa en grados centígrados (° C) y la precipitación, en milímetros (mm).

Índice de continentalidad simple (intervalo térmico anual) (Ic)

$$Ic = T_{max} - T_{min}.$$

$$Ic = 25.7 - 10.6 = 15.1 \text{ °C} \rightarrow \text{Euoceánico (14-17)}$$

Índice ombrotérmico anual (I₀)

$$I_0 = 10 \times Pp / Tp.$$

$$I_0 = \frac{Pp}{Tp} = \frac{782.1}{183.4} = 4.26 \rightarrow \text{Subhúmedo inferior}$$

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

Índice de termicidad (It)

$$It = (T + m + M) 10.$$

$$T = 17.4$$

$$m = 15.4$$

$$M = 5.7$$

$$It = (17.4 + 15.4 + 5.7) = 38.5 \times 10 = 385 \rightarrow \text{Termomediterráneo Superior}$$

2.3.2. Edafología

La síntesis edafológica ha sido realizada a partir del Mapa de Suelos de la Comunidad Valenciana, *Chelva (666) (1995)*.

En la zona de estudio la litología, la topografía y el clima son los factores fundamentales en la evolución de los suelos. Así sobre calizas en escasa pendiente y en clima seco-subhúmedo se desarrollan suelos con horizonte argílico. Cuando la topografía se acentúa desaparece el horizonte argílico y toman mayor importancia los aportes de ladera y la incorporación de materia orgánica. En las zonas de clima semiárido, en las que se dan características topográficas y litológicas desfavorables, se presentan intensos procesos erosivos predominando los suelos esqueléticos y los de tipo rególico.

Los suelos que predominan en la zona de estudio son los Regosoles, Cambisoles, Calcisoles, Kastanoszems y Luvisoles.

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar**

Los Regosoles son suelos poco desarrollados que proceden de materiales no consolidados, excluyendo los materiales no consolidados, excluyendo los materiales que presentan propiedades flúvicos y los materiales de textura gruesa, no teniendo otros horizontes de diagnóstico más que un horizonte ácrico en superficie. Son suelos que pueden tener un elevado espesor efectivo por presentarse sobre no consolidados.

Una masa vegetal estable supone una mayor estabilidad frente a la erosión hídrica del suelo. La desaparición de esta vegetación va suponer un problema de erosión, ya que las plantas aumentan la infiltración disminuyendo la escorrentía superficial, también actúan de freno en las avenidas así como disminuyen el impacto directo de la lluvia contra el suelo.

3. Objetivos

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar**

Como objetivo principal de este estudio, intentaremos determinar el contenido aniónico y catiónico soluble de unas plantas localizadas en una zona gipsícola, para ello analizaremos elementos como el calcio, magnesio, potasio y el sodio.

Estas plantas han sido extraídas de su entorno natural, para su posterior análisis durante las diferentes estaciones del año 2009. La primera recogida se produjo el día 19-01-09 (invierno), la segunda 14-05-09 (primavera), la tercera el día 13-07-09 (verano), y la última el día 11-12-09 (otoño). Con lo cual lo que se pretende es analizar su variación estacional entre los niveles registrados en los muestreos de las diferentes estaciones y hacer también un análisis espacial de un gradiente de salinidad de los suelos de esta zona de Tuéjar.

Nuestro punto de muestreo se haya en la población de Tuéjar, una zona próxima al PK 76,5 de la carretera que une Valencia con Ademúz CV-35.

A su vez los objetivos específicos son:

- Determinar el contenido en cationes (Na, Ca, K, Mg) en plantas de una zona gypsicola.

- Determinar el contenido en cloruros de los mismos individuos.

- Correlacionar los resultados obtenidos con los parámetros de salinidad registrados en las muestras de suelo de las parcelas estudiadas.

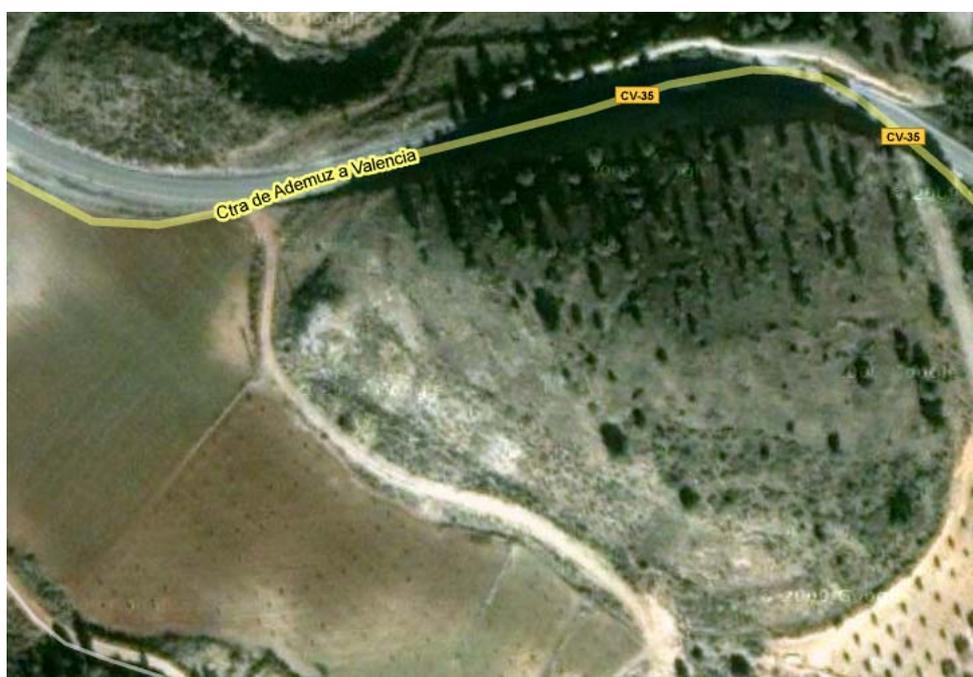
Para ello contamos con 3 subparcelas dentro de la zona de Tuéjar, de 10x10 metros cada una, próximas unas a otras pero de diferentes características edáficas. La idea es observar como varían los diferentes parámetros dentro de la misma especie según se ubiquen en una parcela o en otra.

Las especies a estudiar son las nombradas anteriormente en el apartado 2.2.1.

4. Material y métodos

4.1. Muestreo de especies

El muestreo de material vegetal se ha llevado a cabo en e parcelas de 100 metros cuadrados cada una, próximas al PK 76,5 de la carretera que une Valencia con Ademúz CV-35, los días 19 de enero de 2009, 14 de mayo de 2009, 13 de julio y 11 de diciembre.



Fotografía 2.2.9: Fotografía aérea de la zona de estudio

Como ya se ha dicho, cada una de las áreas de estudio son del tamaño de 10 x 10 m y cada una de ellas poseen unas características propias:

Cuadrícula 1 o YZ1:

La más alta en la ladera, desaparecen las especies típicamente gipsofitas; supuestamente es una zona margosa y con menos yesos.

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

Las coordenadas son las siguientes:

(0,0):30s 0664911 4406367
(0,10):30s 0664903 4406363
(10,0):30s 0664918 4406363
(10,10):30s 0664910 4406354

Cuadrícula 2 o YZ2:

En medio de la ladera, fácil de reconocer ya en la esquina superior derecha hay un enebro.

Las coordenadas son las siguientes:

(0,0):30s 0664903 4406357
(0,10):30s 0664895 4406353
(10,0):30s 0664910 4406351
(10,10):30s 0664902 4406344

Cuadrícula 3 o YZ3:

La más próxima al camino, supuestamente la que posee una mayor concentración de yesos.

Las coordenadas son las siguientes:

(0,0):30s 0664865 4406355
(0,10):30s 0664860 4406350
(10,0):30s 0664871 4406350
(10,10):30s 0664865 4406342

Leticia Casanova Sanfèlix

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

Las especies estudiadas son las siguientes:

Zona	Primavera	Verano
SY1	<i>Anthyllis cytisoides</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Ononis tridentata</i> <i>Helianthemum syriacum</i> <i>Cistus clusii</i> <i>Plantago albicans</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Ononis tridentata</i> <i>Helianthemum syriacum</i> <i>Cistus clusii</i>
SY2	<i>Ononis tridentata</i> <i>Anthyllis cytisoides</i> <i>Helianthemum syriacum</i> <i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Ononis tridentata</i>
SY3	<i>Teucrium capitatum</i> <i>Plantago albicans</i> <i>Ononis tridentata</i> <i>Helianthemum syriacum</i> <i>Cistus clusii</i> <i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Ononis tridentata</i> <i>Cistus clusii</i> <i>Rosmarinus officinalis</i>

Tabla 2.3.8: Especies encontradas en Tuéjar.

El sistema de muestreo se ha realizado de la siguiente manera

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

Material utilizado:

- tijeras
- metro
- bolsas herméticas
- GPS
- balanza analítica

El procedimiento que se siguió para la recogida del material vegetal en cada una de las parcelas fue el siguiente:

1. Localización y recogida de la especie. En general se muestrearon 5 individuos de cada especie de diferentes localizaciones dentro de las subzonas de estudio.
2. El material se introdujo en bolsas herméticas con su etiquetado correspondiente: fecha de recogida, clave de la especie y número de individuo, numero de parcela y coordenada.
3. A la vez que se recogía el material vegetal se iban recogiendo muestras de suelo y datos de conductividad dentro de la parcela por parte de otro equipo de trabajo.
4. Una vez que fueron recogidas todas las muestras de plantas y medidas en las bolsas herméticas, fueron transportadas hasta el laboratorio.
5. Después de separar las hojas de los tallos, el material fresco se peso en una balanza de precisión y se procedió a su secado en una estufa a 65°C durante 3-6 días (hasta obtener un peso seco constante)

6. El peso del material seco se pesó con la balanza de precisión y se calculó el porcentaje de materia seca en cada individuo.

4.2. Preparación de las muestras

Una vez realizados los anteriores pasos, procedemos a la preparación de la muestra. Para poder evaluar el contenido catiónico y aniónico de una especie vegetal, el procedimiento a seguir es el de la infusión en el termoestático a una temperatura constante de 100 °C. Para poder completar esta infusión, el material debe estar en un estado en el que el equipo pueda trabajar.

El estado adecuado para ello es el de un estado en forma de polvo o grano muy fino, por lo que el siguiente paso que realizamos fue el de triturar las muestras recogidas y conservarlas en botes cerrados con sus datos de etiquetado. Antes de conservar las muestras trituradas en el vaso hermético, se tomaron los pesos tarados de la materia triturada.

Una vez que la muestra ha sido recogida y preparada para su análisis el siguiente paso fue la infusión con agua destilada de las muestras.

4.3. Aparato termoestático

El aparato que utilizo para realizar las infusiones (termostatización de las plantas) es un OvanTherm H. es un termoestático de inmersión termostático de precisión, con bomba de circulación con capacidad de 6 L/min (P: 200 mbar).

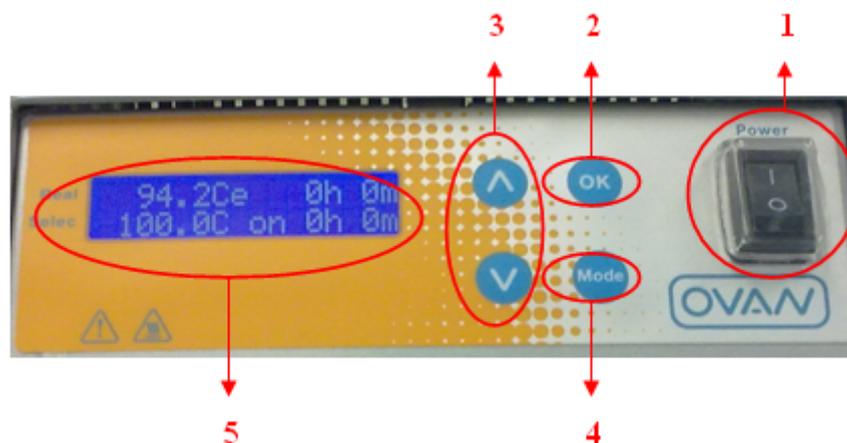
Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

Se trata de un equipo de laboratorio el cual supera las prestaciones técnicas y de calidad estandar.

○ **Funcionamiento:**

El aparato consta de:

- Panel frontal:
 1. Interruptor general
 2. Pulsador de Marcha-Paro
 3. Pulsadores de ajuste de valores
 4. Pulsador Mode (cambio de parámetro)
 5. Pantalla de datos



Fotografía 2.2.10: Panel frontal del aparato Termoestático

- Cubeta

Al activar el interruptor general "I" la pantalla LCD se ilumina y el aparato está preparado para funcionar.

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

La pantalla muestra la siguiente información:

- *Fila superior*: Indica la temperatura real (Izquierda) y el tiempo transcurrido (Derecha). En la zona central aparecen unos símbolos que indican la conexión de la resistencia (debemos asegurarnos de que el voltaje del enchufe corresponda con el voltaje del equipo).
- *Fila inferior*: Indica la temperatura (Izquierda) y el tiempo (Derecha) seleccionados.
- En la zona central aparecen unos símbolos (On o ##) que indican si el equipo está en marcha o no.

Al encender el aparato el cursor display indica una temperatura preseleccionada. Mediante los pulsadores de ajuste de valores ajustamos los valores deseados. Con el cursor Mode vamos cambiando de parámetros para colocar los que nos interesan en cada momento; para mi trabajo son:

Temperatura seleccionada = 100 °C

Tiempo seleccionado = 0h 0m

El ajuste de los valores podemos cambiarlos incluso cuando el aparato está en funcionamiento.

El tiempo de funcionamiento puede ir de 0 a 24 horas. Si el tiempo lo configuramos a 0h 0m, el equipo funcionará de forma continua.

Pulsamos OK y en el display pasará a marcar de “##” a “On” y el equipo iniciará la termostatación alcanzando la temperatura en unos 60 minutos aproximadamente (para 20L). apagándose cuando termina el tiempo

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

preseleccionado, cosa que en mi caso no ocurrirá al poner un horario de funcionamiento indefinido.

En la cubeta se coloca agua destilada, que servirá de disolvente en la infusión de las plantas.

Es importante vigilar la evaporación del agua en la cocción, para que siempre esté en los límites permitidos y no se nos apague el equipo.

○ **Calibración:**

La temperatura que indica debe ser la misma que un termómetro patrón. Cuando esta difiere, deberíamos hacer un ajuste que consiste en:

- Apagar el equipo, presionar los pulsadores de ajuste de valores a la vez y manteniéndolos pulsados encender el equipo con el interruptor. Dejamos de pulsarlos cuando en la pantalla indica "offset=+0,0". También podemos ajustar el valor de offset deseado (+ ó -) pulsando el ajuste de valores y guardando la configuración con OK.

○ **Termostatos de seguridad:**

Este equipo dispone de dos termoestatos de seguridad:

1. Cuando la temperatura real supera el 2,5 °C la temperatura seleccionada, el equipo desconecta la calefacción con el fin de proteger las muestras de estudio.

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

2. Un termoestato de seguridad situado en la parte posterior, que se activa cuando se supera la temperatura máxima disponible, o si la cubeta del baño se queda sin líquido suficiente. Al activarse, se desconecta el equipo, y el piloto rojo del panel frontal se ilumina y pita. Para reactivar el equipo se deja enfriar, se desconecta el tapón de la parte trasera y se pulsa el botón blanco de dentro del tapón hasta oír un “Clic”.

- **Advertencias de seguridad:**

Como se trata de un equipo que alcanza temperaturas de 100 °C, supone riesgos de quemaduras, escaldaduras, etc. Debemos tener precaución de no tocarlo cuando la temperatura supera 45 °C o cuando parpadea.

El aparato debe estar colocado en una zona cuya temperatura ambiente no sobrepase los 40 °C de máximas y 5 °C de mínimas y los laterales estén libres para que el compresor pueda ventilarse adecuadamente. También es importante no dejar cosas encima del equipo.

Si nos encontramos con cualquier problema es aconsejable apagar el equipo y volverlo a activar pasados unos segundos.

- **Mantenimiento y Limpieza:**

El equipo debe limpiarse periódicamente, para ello debe desconectarse y estar a temperatura ambiente. Se limpia la resistencia eléctrica, el bulbo del termoestato de seguridad y la cubeta con un producto anticál que elimine las partículas calcáreas. El resto del equipo se limpia con agua o alcohol isopropílico. No se debe utilizar acetona ni productos corrosivos.

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar

“Recordar que la cubeta debe ser utilizada siempre con agua destilada.”

El procedimiento a seguir en este aparato termoestático que hemos explicado es el siguiente:

1. *Pesado de 0,150 gr de muestra de cada uno de los botes o vasos e introducirlos en los tubos de ensayo. Realizar 3 réplicas de cada bote.*



Fotografía 2.2.11: Pesado de muestra en la balanza analítica

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

2. *Pipetear 5 mL de agua destilada en los mismos tubos de ensayo.*



Fotografía 2.2.12: Tubos de ensayo

3. *Cerrado de los tubos de ensayo e introducción de los mismos en gradilla para posterior infusión.*



Fotografía 2.2.13: Gradilla con tubos de ensayo

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

En la gradilla nos caben 24 tubos de ensayo, que será lo correspondiente a 8 botes de materia triturada, ya que debemos hacer 3 réplicas de cada planta.

A la vez que realizamos todo esto tomamos los datos del bote que hemos usado apuntando la etiqueta que tenia anotada, recordemos que era fecha, nombre de individuo, zona etc. Esto lo realizamos porque una vez finalizada la infusión se volverán a utilizar otros vasos idénticos a los de la recogida de la materia triturada solo que en ellos se introducirá el material resultante de la infusión, exactamente con la misma etiqueta.

4. *Puesta en marcha del aparato termoestático y espera hasta que el agua destilada se caliente a unos 100 °C aproximadamente.*



Fotografía 2.2.14: Calentamiento aparato termoestático

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

5. *Introducción de la gradilla en el aparato y espera de 10 minutos para que se realice la infusión.*



2.2.15: Realización de la infusión en aparato termoestático

6. *una vez realizada la infusión se sacará la gradilla del aparato y se deja enfriar unos 10 o 15 minutos para que se decante el sobrenadante.*

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar**

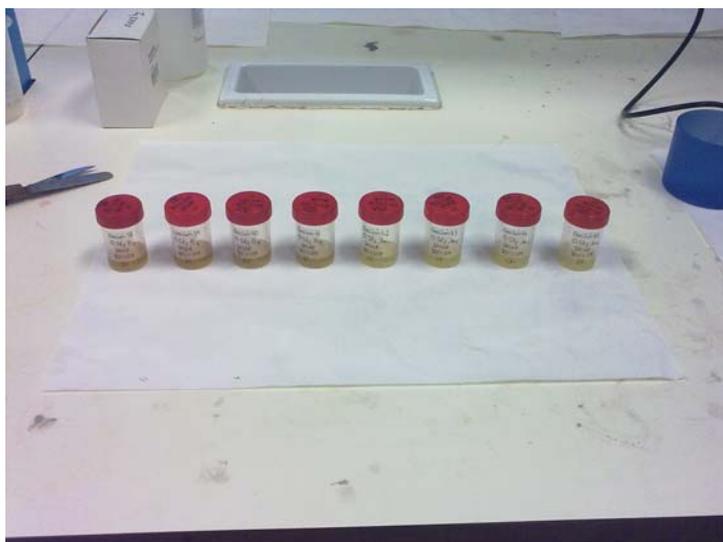
7. *Filtrado de la muestra digerida para eliminar los restos de planta. Para ello utilizamos matraces aforados de 25ml con embudos junto con papel de filtrado. Las 3 réplicas de cada bote que hemos realizado se filtraran en un mismo matraz.*



Fotografía 2.2.16: Filtrado de las muestras digeridas

8. *Conservación de la muestra filtrada en los botes con su correspondiente código.*

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar



Fotografía 2.2.17: Muestra filtrada

Finalmente guardamos estos vasos en el congelador para posteriormente realizar los ensayos correspondientes, que serán: *medidas de calcio, magnesio, sodio y potasio*.

4.4. Mediciones

La forma de medir los iones es distinta según al ión al que nos refiramos. Recordamos que la medición se realiza a cada uno de las muestras, representadas y guardadas en los botes conservados en el frigorífico. Vamos a dividir los procesos en función de la técnica de medición usada:

Ca y Mg: Absorción atómica

Na y K: fotometría de llama

4.4.1. Ca y Mg: Absorción atómica

La espectroscopia de absorción atómica (a menudo llamada AA) es un método instrumental de la Química analítica que determina una gran variedad de elementos al estado fundamental como analitos.

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

Los métodos espectroscópicos se basan en la medida de la radiación electromagnética emitida o absorbida por la materia; los métodos de emisión utilizan la radiación emitida cuando un analito es excitado por energía térmica, eléctrica o radiante; los métodos de absorción están basados en la disminución de la potencia de la radiación electromagnética como consecuencia de la absorción que se produce en su interacción con el analito.

La EAA se refiere a la absorción de elementos. Si se aplica energía a un átomo, esta puede ser absorbida y un electrón externo puede ser promovido a una configuración conocida como estado excitado; dado que ese estado es inestable, el átomo retornará inmediatamente al estado fundamental, emitiendo energía.

La característica de interés en las medidas de absorción atómica, es la cantidad de luz absorbida por un analito, a la longitud de onda resonante, cuando pasa a través de una nube atómica. Conforme al número de átomos se incrementa en el paso de la luz, la cantidad de luz absorbida o aumentará.

La ley de Beer, muestra la relación entre absorbancia y concentración del analito, mediante la ecuación.

$$A = a.b.c$$

A = absorbancia

a = coeficiente de absorción (constante)

b = Longitud del camino óptico

c = concentración

Instrumentación de absorción atómica. Los instrumentos de absorción atómica tienen los siguientes aditamentos:

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

- Fuente de luz. Una de las fuentes más ampliamente empleada en EAA es la lámpara de cátodo hueco. Estas lámparas son diseñadas para emitir el espectro atómico de un elemento; se utilizan lámparas específicas para el elemento que se va a determinar.
- Celda de absorción. Produce los átomos de la muestra. Se hace necesario generar un vapor atómico en el paso del rayo de luz de la fuente. Este se obtiene generalmente al introducir la muestra en un generador de átomos o alternativamente, en un horno calentado mediante electricidad, que se encuentra alineado en el paso óptico del espectrofotómetro.
- Monocromador para la dispersión de la luz. La selección de una fuente específica y de una longitud de onda particular de la fuente, permite determinar la concentración del elemento seleccionado en presencia de otros. La longitud de onda aislada por el monocromador incide directamente sobre el detector.
- Detector. El detector mide la intensidad de la luz y amplifica la señal. El detector es un fotomultiplicador que produce una corriente eléctrica dependiente de la intensidad de la luz incidente. La corriente eléctrica del fotomultiplicador es procesada por la electrónica del elemento; se produce una señal que es una medida de la atenuación de la luz en la celda de muestreo.
- Pantalla. Muestra la lectura después de que han sido procesadas por el instrumento electrónico.

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar

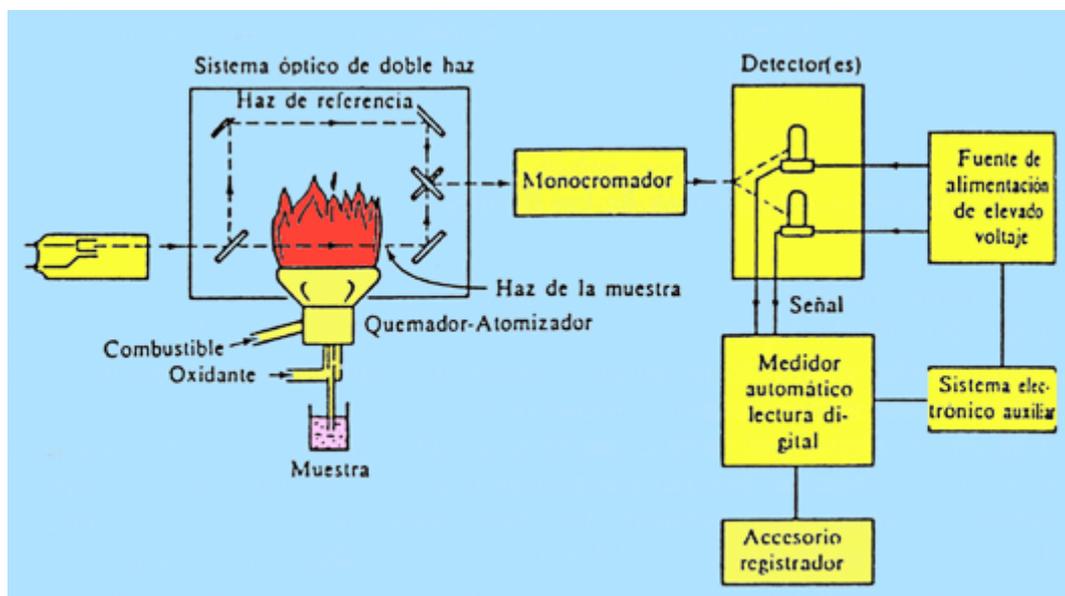


Figura 2.1.4: Esquema de espectrofotómetro de absorción atómica

Calcio

Material y aparatos

- Fotómetro de absorción atómica (Varian SpectrAA 220)
- Matraz Erlenmeyer de 250ml;
- Un vaso de 2,5 litros, de vidrio calentable;
- Un vaso de 100ml.

Procedimiento

Preparación de la solución patrón de calcio:

1. Se pesan, con exactitud, 2,50g de CaCO_3 , grado reactivo para análisis, en un vaso de 100ml, se añaden 5ml de agua destilada y 2ml de HCl concentrado, reactivo para análisis, se disuelve la sal, se diluye hasta 50 con agua destilada, se pasan a un matraz aforado de 1 litro y se diluye al volumen,

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

con agua destilada. Esta solución contiene 1g de calcio por litro (1000mg/l de calcio).

2 .Se toman 1, 2, 4, 5 y 10ml de la solución anterior, se vierten en matraces aforados de 100ml y se diluyen con agua destilada. Estas soluciones contendrán 10, 20, 40, 50 y 100mg/l de calcio.

1. Se toman 6ml de la solución de 100mg/l de calcio, se vierte en un matraz aforado de 100ml y se diluye, al volumen, con agua destilada. Esta solución contendrá 6mg/l de calcio.

Antes de comenzar a medir las 16 muestras, hay que calibrar el fotómetro, para ello se pone en marcha el fotómetro o espectrofotómetro de llama, siguiendo minuciosamente sus instrucciones y acoplado el filtro y lámpara correspondiente al calcio, que debe tener una transmisión máxima a 422,7nm o ajustando el monocromador para realizar medidas a 422,7nm, y se sigue el mismo proceso que en el caso del potasio, ajustando el aparato para que la solución de 100mg/l de calcio dé una lectura de 90.

Una vez obtenida la recta de calibrado, pasamos a medir las muestras, anotando sus valores.

Se introdujeron los resultados en una hoja EXCEL y se obtuvieron directamente las rectas de calibrado con sus correspondientes ecuaciones. Una vez determinadas las absorbancias de Ca con el Fotómetro de absorción atómica se utilizaron la ecuación de calibrado y despejando se obtiene la concentración de Ca en mg/l. Dividiendo esta concentración por el peso de la muestra digerida y multiplicado por los 25ml de enrasado en los matraces obtenemos los mg de Ca/g de planta seca.

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

Magnesio

El contenido en magnesio de los suelos es otro de los valores a determinar cuando se quiere conocer el grado de fertilidad de un terreno.

El magnesio es un elemento esencial para las plantas, formando parte de la molécula de clorofila. La deficiencia de magnesio provoca, en las plantas, una disminución de xantofilas y carotenos, además de la clorosis debida a la falta de clorofila. El magnesio interviene, además, en el transporte de sustancias característico del metabolismo vegetal y en la actividad de varios enzimas catalizadores del metabolismo de los hidratos de carbono. Todo ello indica la importancia que tiene para las plantas un suministro adecuado de este elemento.

Como en otros casos, del magnesio total contenido en los suelos, la única fracción que tiene un verdadero interés es el magnesio asimilable, pues el resto difícilmente interviene en la nutrición de las plantas.

Material y aparatos

- Fotómetro de absorción atómica (Varian SpectrAA 220)
- Matraz Erlenmeyer de 250ml;
- Un vaso de 2,5 litros, de vidrio calentable;
- Un vaso de 100ml.

Procedimiento

Preparación de las soluciones patrón de Mg:

1° Se pesan exactamente 2,545g de Mg, de calidad reactivo para análisis, en un vaso de 100ml se disuelven con 50ml de agua destilada, se pasan a un aforado de 1 litro y se diluyen al volumen, con agua destilada. Esta solución contiene 1g de Mg por litro (1000mg/l de Mg).

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

2º Se toman, con las correspondientes pipetas, 1, y 2ml de la solución de NaCl antes obtenida, se ponen cada una de estas cantidades en un matraz aforado de 100ml y se diluyen a este volumen. Estas soluciones contendrán 10, y 20mg/l de magnesio.

3º Se toman, con las correspondientes pipetas, 1, 4, y 6ml de la solución que contiene 20mg/l de magnesio, se pone cada uno de estos volúmenes en un matraz aforado de 100ml. Esta solución contendrá 1, 4, y 6mg/l de Mg.

Antes de comenzar a medir las 16 muestras, hay que calibrar el fotómetro, para ello se pone en marcha el fotómetro o espectrofotómetro de llama, siguiendo minuciosamente sus instrucciones y acoplado el filtro y lámpara correspondiente al Mg, que debe tener una transmisión máxima a 285,2nm o ajustando el monocromador para realizar medidas a 285,2nm y se sigue el mismo proceso que en el caso del potasio, ajustando el aparato para que la solución de 20mg/l de calcio dé una lectura de 90.

Una vez obtenida la recta de calibrado, pasamos a medir las 16 muestras, anotando sus valores.

Se introdujeron los resultados en una hoja EXCEL y se obtuvieron directamente las rectas de calibrado con sus correspondientes ecuaciones. Una vez determinadas las absorbancias de Mg con el Fotómetro de absorción atómica se utilizaron la ecuación de calibrado y despejando se obtiene la concentración de Mg en mg/l. Dividiendo esta concentración por el peso de la muestra digerida y multiplicado por los 25ml de enrasado en los matraces obtenemos los mg de Mg/g de planta seca.

4.4.2. K y Na: Fotometría de llama

Espectrofotometría por llama es una técnica de emisión que utiliza una llama como fuente de excitación y un fotodetector electrónico como dispositivo de medida.

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). Su aplicación es limitada si se compara con la espectroscopia 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.

Dada la estrecha relación existente entre absorción atómica y fotometría de llama es inmediata una comparación entre ellas. En fotometría de llama la sensibilidad es proporcional al número de átomos que se han excitado, mientras que, en absorción atómica la sensibilidad depende del número de átomos que se encuentran en el estado fundamental. Normalmente, tan sólo un pequeño porcentaje de átomos se encuentran en estado excitado en la llama.

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

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

sensibilidad de cada uno de ellos superior a la del otro para determinados elementos.

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. En 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.

Potasio

El contenido en potasio total de los suelos está poco relacionado con el suministro de este elemento a las plantas, que depende más directamente del contenido en potasio asimilable. Por ello, este último constituye la única fracción con verdadero interés agronómico y es el que se analiza más frecuentemente.

El potasio y el sodio, en pequeñas cantidades, son difíciles de determinar por métodos analíticos químicos. Sin embargo, la fotometría de

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

llama permite medir con exactitud contenidos inferiores a una parte por millón (1mg/l) de potasio o sodio en suelos.

Material y métodos

- Espectrofotómetro de llama (Flame photometer PFP 7 JENWAY)
- Matraz Erlenmeyer de 250ml;
- Un vaso de 2,5 litros, de vidrio calentable;
- Un vaso de 100ml.

Procedimiento

Preparación de las soluciones patrón de potasio:

1° Se pesan exactamente 1,910 g de KCl, calidad reactivo para análisis, en un vaso de 100ml, se disuelven en 50ml de agua destilada, se pasa la solución a un matraz aforado de 1 litro y se diluye a este volumen con agua destilada. Esta solución contiene 1g de potasio por litro (1 000 mg/l de potasio).

2.° Se toman, con las correspondientes pipetas, 1, 2, 5 y 10ml de la solución de KCl antes obtenida, se pone cada una de estas cantidades en un matraz aforado de 100ml y se diluye con agua destilada. Estas soluciones contienen 10, 20, 50 y 100mg/l de potasio.

3° Se toman, con las correspondientes pipetas los volúmenes necesarios de la solución que contiene 100mg/l de potasio, se pone cada uno de estos volúmenes en un matraz aforado de 100ml y se diluye hasta el enrase con agua destilada. Estos volúmenes contienen, respectivamente 10, 15, 20, 25, 30mg/l de potasio.

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

Antes de comenzar a medir las muestras, hay que calibrar el fotómetro, para ello se pone en marcha el fotómetro, o espectrofotómetro de llama, siguiendo minuciosamente las instrucciones del aparato y acoplado al fotómetro el filtro correspondiente al potasio, que debe tener una transmisión máxima a 768nm, o ajustando el monocromador del espectrofotómetro para realizar lecturas a 768nm.

- *Se introduce el capilar del fotómetro de llama en la cubeta que contiene agua destilada.*
- *Se saca el capilar del fotómetro de llama del agua destilada y se introduce en la solución que contiene 16mg/l de potasio.*
- *Se ajusta el aparato para que la lectura de la escala corresponda a 90.*
- *Se saca el capilar de la solución de 16mg/l y se introduce en la de agua destilada.*
- *Se anota la lectura de la escala correspondiente al agua destilada.*
- *Se vuelve a pasar, por el aparato, la solución de 16mg/l de potasio y se observa si vuelve a marcar 90. En caso contrario se vuelve a ajustar.*
- *Se pasa agua destilada y se observa si el aparato señala la misma lectura que al pasar agua destilada anteriormente. Una vez calibrado se pasan las soluciones de 10, 15, 20, 25 y 30mg/l de potasio, en este orden, y se anotan los valores correspondientes de la escala.*

Una vez obtenida la recta de calibrado, pasamos a medir las muestras, anotando sus valores.

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

Se introdujeron los resultados en una hoja de cálculo y se obtuvieron directamente las rectas de calibrado con sus correspondientes ecuaciones. Una vez determinadas las absorbancias de K con el Fotómetro o espectrofotómetro de llama se utilizaron la ecuación de calibrado y despejando se obtiene la concentración de K en mg/l. Dividiendo esta concentración por el peso de la muestra digerida y multiplicado por los 25ml de enrasado en los matraces obtenemos los mg de K/g de planta seca.

Sodio

La falta de sodio no se considera un problema, en los suelos sí puede serlo su exceso. Los suelos alcalinos y sódicos poseen características físicas inadecuadas, por su facilidad de formar suspensiones coloidales; estos suelos aparecen frecuentemente en regiones áridas y semiáridas, sometidas a procesos edafológicos típicos.

En todos estos casos es muy interesante conocer el contenido en sodio del suelo para realizar los tratamientos correctores adecuados. Normalmente se consideran aceptables, para muchos cultivos, los contenidos en sodio asimilable comprendidos entre 1 y 50mg/l.

Material y aparatos

- Fotómetro o espectrofotómetro de llama (*Flame photometer PFP 7 JENWAY*)
- Matraz Erlenmeyer de 250ml;
- Un vaso de 2,5 litros, de vidrio calentable;
- Un vaso de 100ml.

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

Procedimiento

Preparación de las soluciones patrón de sodio:

1° Se pesan exactamente 2,545 g de NaCl, de calidad reactivo para análisis, en un vaso de 100ml se disuelven con 50ml de agua destilada, se pasan a un aforado de 1 litro y se diluyen al volumen, con agua destilada. Esta solución contiene 1 g de sodio por litro (1000mg/l de sodio).

2° Se toman, con las correspondientes pipetas, 2, 5 y 10ml de la solución de NaCl antes obtenida, se ponen cada una de estas cantidades en un matraz aforado de 10ml y se diluyen a este volumen con agua destilada. Estas soluciones contendrán 10, 15, 20, 25 y 30mg/l.

3° Se toman, con las correspondientes pipetas, 2, 4, 8, 12, y 16ml de la solución que contiene 100mg/l de sodio, se pone cada uno de estos volúmenes en un matraz aforado de 100ml y se lleva a este volumen con agua destilada. Esta solución contendrá 2, 4, 8, 12, y 16mg/l de sodio.

Antes de comenzar a medir las muestras, hay que calibrar el fotómetro, para ello se pone en marcha el fotómetro, o espectrofotómetro de llama. Se sigue el mismo proceso que en el caso del potasio con las soluciones que contienen 0, 2, 4, 8, 12, 16, y 20mg/l de sodio, ajustando el fotómetro o espectrofotómetro de llama a 90 con la solución que contiene 20mg/l de sodio y acoplado el filtro correspondiente al sodio que debe tener una transmisión máxima a 589nm, o ajustando el monocromador para realizar medidas a 589nm.

Una vez obtenida la recta de calibrado, pasamos a medir las muestras, anotando sus valores.

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

Se introdujeron los resultados en una hoja de calculo y se obtuvieron directamente las rectas de calibrado con sus correspondientes ecuaciones. Una vez determinadas las absorbancias de Na con el Fotómetro o espectrofotómetro de llama se utilizaron la ecuación de calibrado y despejando se obtiene la concentración de Na en mg/l. Dividiendo esta concentración por el peso de la muestra digerida y multiplicado por los 25ml de enrasado en los matraces obtenemos los mg de Na/g de planta seca.

5. Resultados y discusión

5.1. Medición

Para conseguir los datos necesarios para realizar el análisis estadístico se miden las absorbancias para los cationes del estudio (Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio) para cada muestra, y con los valores de absorbancia correspondientes se calcula, mediante una recta de calibrado que determina una ecuación, las concentraciones de los cationes en mmol/g de muestra seca.

El proceso de medición del sodio y potasio se realiza mediante fotometría de llama como hemos explicado en el apartado 4.4 “Mediciones”. La medición de calcio y magnesio se realiza mediante el método de absorción atómica que también se explica en dicho apartado.

5.2. Análisis general

Los resultados que hemos obtenido en los diferentes análisis realizados los hemos agrupado por muestreos, zonas y cationes. El análisis estadístico se ha realizado con el programa SPSS versión 16 agrupando los resultados obtenidos por muestreos, estaciones y zonas de estudio.

En este análisis estadístico realizamos una comparación general de los cuatro muestreos para los cuatro cationes estudiados, para así ver si existen diferencias entre ellos.

Para comenzar pondremos unas gráficas de los datos obtenidos para cada uno de los cationes en cada uno de los muestreos.

5.2.1. Análisis de los iones K y Na en función de la estación.

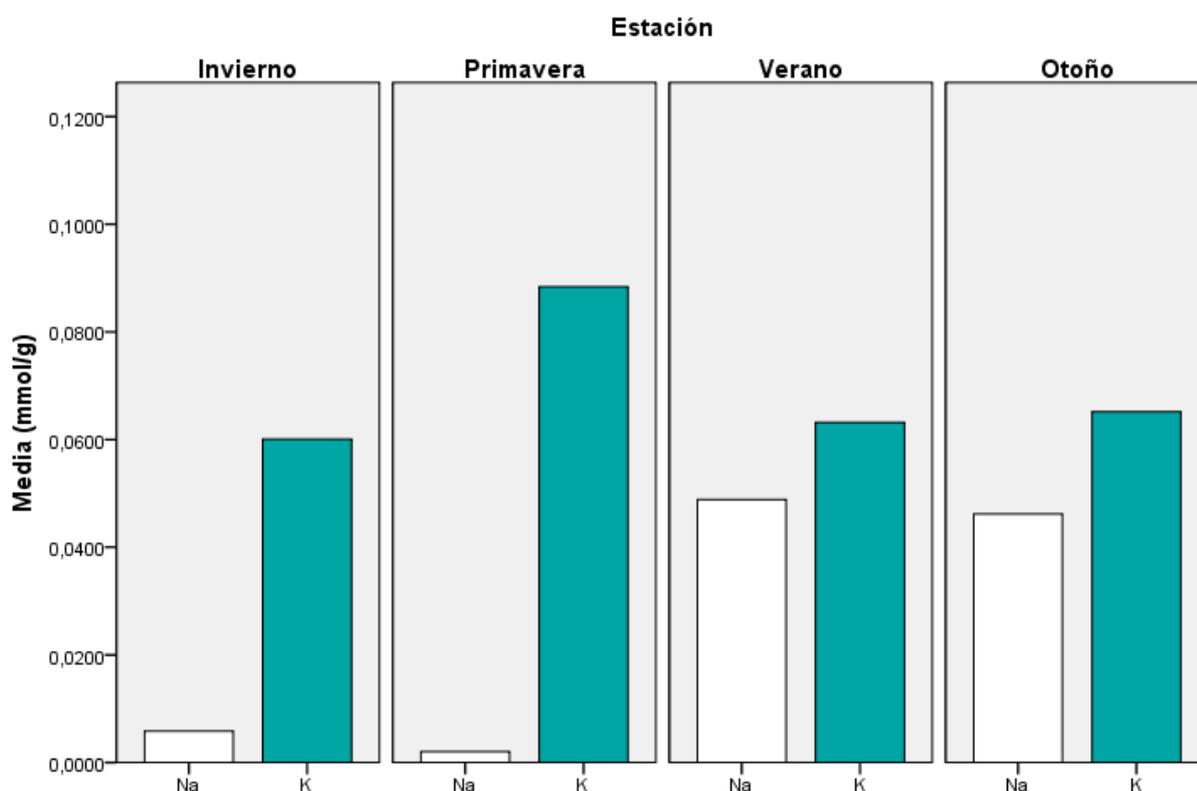


Figura 2.1.5: Comparación de la concentración de iones en función de la estación.

Podemos observar en la figura que la concentración de iones va cambiando en función de la estación que nos encontremos.

Por ejemplo se observa que durante la primavera la concentración de potasio es mayor que en las demás estaciones. Esto se puede deber a que durante la primavera se producen las mayores precipitaciones y los iones que estaban presentes en el suelo, se solubilizan y pueden ser absorbidos por las raíces de las plantas. En cambio el nivel más bajo de potasio lo observamos en invierno. Durante esta estación no se producen muchas precipitaciones y por tanto el potasio queda en el suelo sin posibilidad de ser absorbido por las plantas.

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

En otoño la concentración de potasio también es menor ya que se viene de una estación que se caracteriza por las sequias como es el verano. Esto puede provocar que los iones queden en el suelo inmobilizados formando costras y que no sean accesibles para las raíces de las plantas.

En verano la concentración de potasio también es baja, ésto puede ser debido a la falta de precipitaciones que se producen durante la sequia estival y hacen que el potasio no sea absorbido por las plantas.

En el caso del sodio la concentración en las cuatro estaciones es menor que la del potasio. Podemos ver que en primavera se observa el valor más bajo cosa que no ocurre en el caso del potasio. Se puede deber a que las concentraciones de potasio y sodio se contrarestan; es decir, en primavera se observa la concentración más elevada de potasio y la menor de sodio.

Durante las estaciones de otoño y verano se observan los valores máximos de sodio. Esto puede deberse a que durante ambas estaciones las temperaturas son mayores y por tanto se incrementa la evaporación formándose en el suelo costras de sodio.

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

5.2.2. Análisis de los iones K y Na en función de la zona de estudio

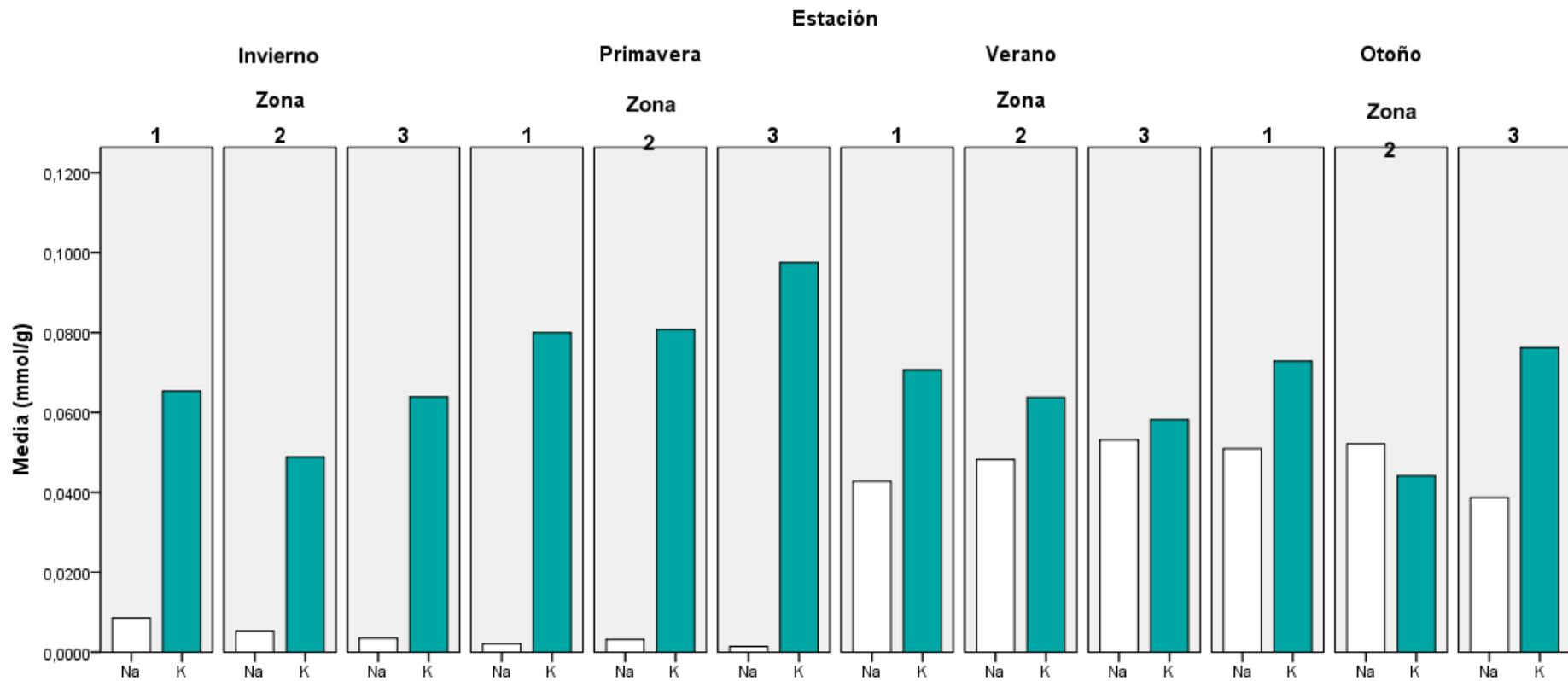


Figura: 2.1.6: Comparación de los iones en función de la zona de estudio.

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar**

En la figura podemos observar que en el caso de la estación de invierno se da la máxima concentración de potasio en la zona 1, en cambio en dicha zona ocurre lo contrario para el caso del ión sodio, el cual tiene su valor mínimo. Esto puede ser debido a que la presencia de un ión en una zona contraresta la concentración del otro ión, como ya lo hemos observado en la gráfica anterior.

Si nos trasladamos a la primavera observamos que es en esta estación es donde aparecen los valores máximos de concentración de potasio. Esto puede deberse a que es el periodo más lluvioso y por tanto hay mucha más facilidad para que las raíces de las plantas puedan absorber dicho ión ya que se encuentra en una fase más soluble. Contrariamente observamos que los valores más pequeños de sodio también los encontramos en este periodo.

En cuanto al verano y otoño las concentraciones tanto de sodio como de potasio son prácticamente las mismas en ambas estaciones, así mismo, tampoco existen diferencias notables entre la concentración de ambos iones en las distintas estaciones, siendo la concentración de los dos iones prácticamente igual. A penas existe gran diferencia, esto puede deberse a que se viene de una estación seca como es el verano en la escasean las precipitaciones.

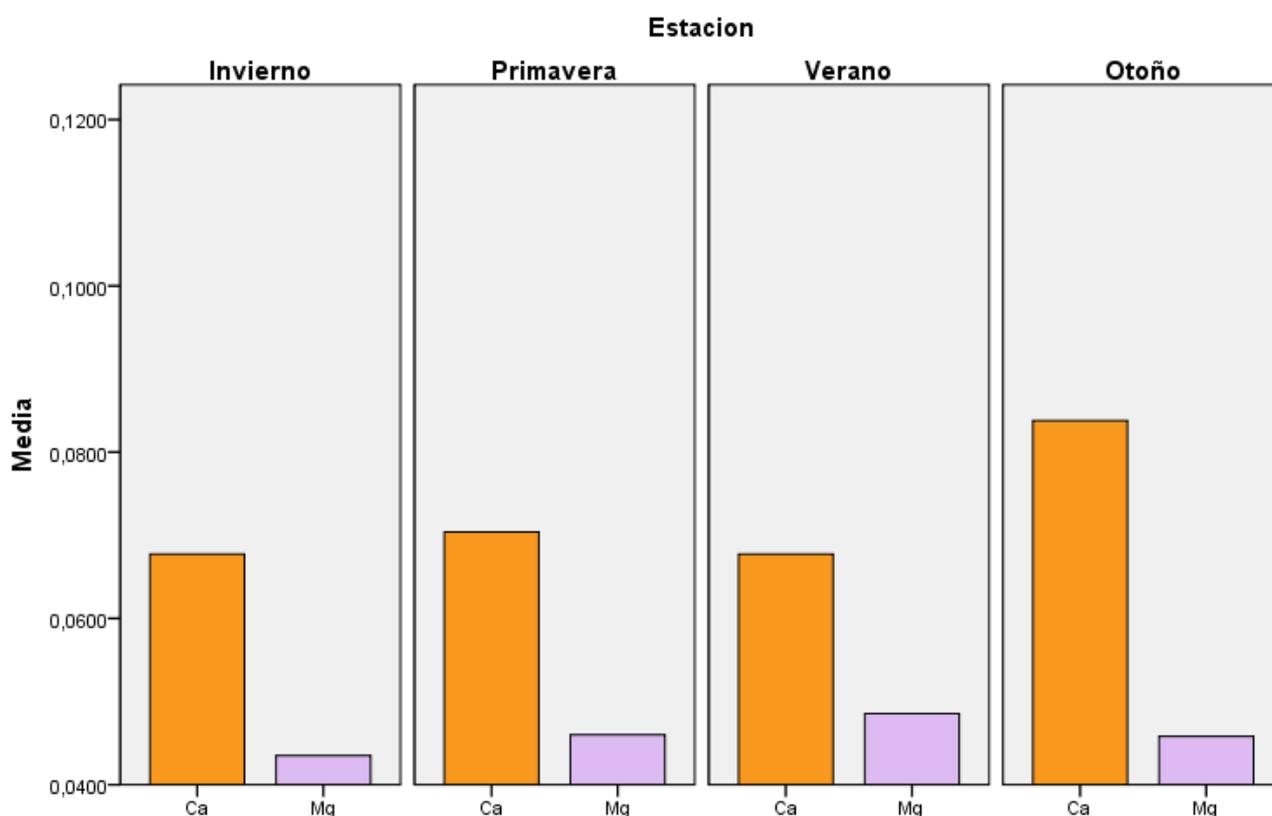
Se observa que en las tres zonas de muestreo que se han analizado los distintos iones para cada estación no existen diferencias notables entre dichas zonas, puesto que son cuadrículas de 10 x 10 y se disponen unas al lado de las otras. Las pequeñas diferencias que puedan existir en cuanto a la concentración de sodio y potasio entre las tres zonas pueden ser debidas a que en algunas exista mayor pendiente que en las otras o estén más cerca de un lugar asfaltado (impermeabilizado) como puede ser una carretera o un camino.

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

Así mismo hay que remarcar que en la zona 3 existe mayor concentración de iones que en las demás zonas debido a la forma del terreno (depresión) hace que todos los sedimentos incluidos los iones queden almacenados.

Además factores como: mayor esorrentia en una zona que en otra, mayor infiltración, zonas más lavadas, etc. Podrian estar relacionadeso en las diferencias que observamos en las tres zonas donde se han practicado los distintos muestreos.

5.2.3. Análisis de los iones Ca y Mg en función de la estación



Gráfica 2.1.7: Comparación de los iones en función de la estación.

En la gráfica podemos observar que la concentración de calcio es prácticamente la misma durante las estaciones de invierno y verano, mientras que los valores máximos los observamos en otoño y primavera.

Esto puede ser debido a que durante las estaciones de otoño y primavera es cuando se registran las máximas precipitaciones y el calcio se solubiliza y es movilizado y absorbido por las plantas. En cambio durante el verano debido a la sequía estival, es donde aparece la concentración mínima de calcio.

En cuanto al ión magnesio ocurre el caso contrario, la máxima concentración la observamos en verano, durante la época más seca.

**Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar**

Pero en cambio, el verano, si es la época durante la cual existe un aumento del nivel vegetativo (crecimiento de las plantas) y por ese motivo obervamos mayores niveles de magnesio.

Durante las estaciones de primavera y otoño los niveles de magnesio son practicamente los mismos, a penas existen diferencias notables. Puede ser debido a que ambas estaciones se caracterizan por tener las temperaturas suaves y practicamente los mismos valores de precipitación. Podemos decir, que son las dos estaciones con más semejanzas.

Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones solubles
en plantas de una zona gipsícola den Tuéjar

5.2.4. Comparación de los iones en función de la zona de estudio.

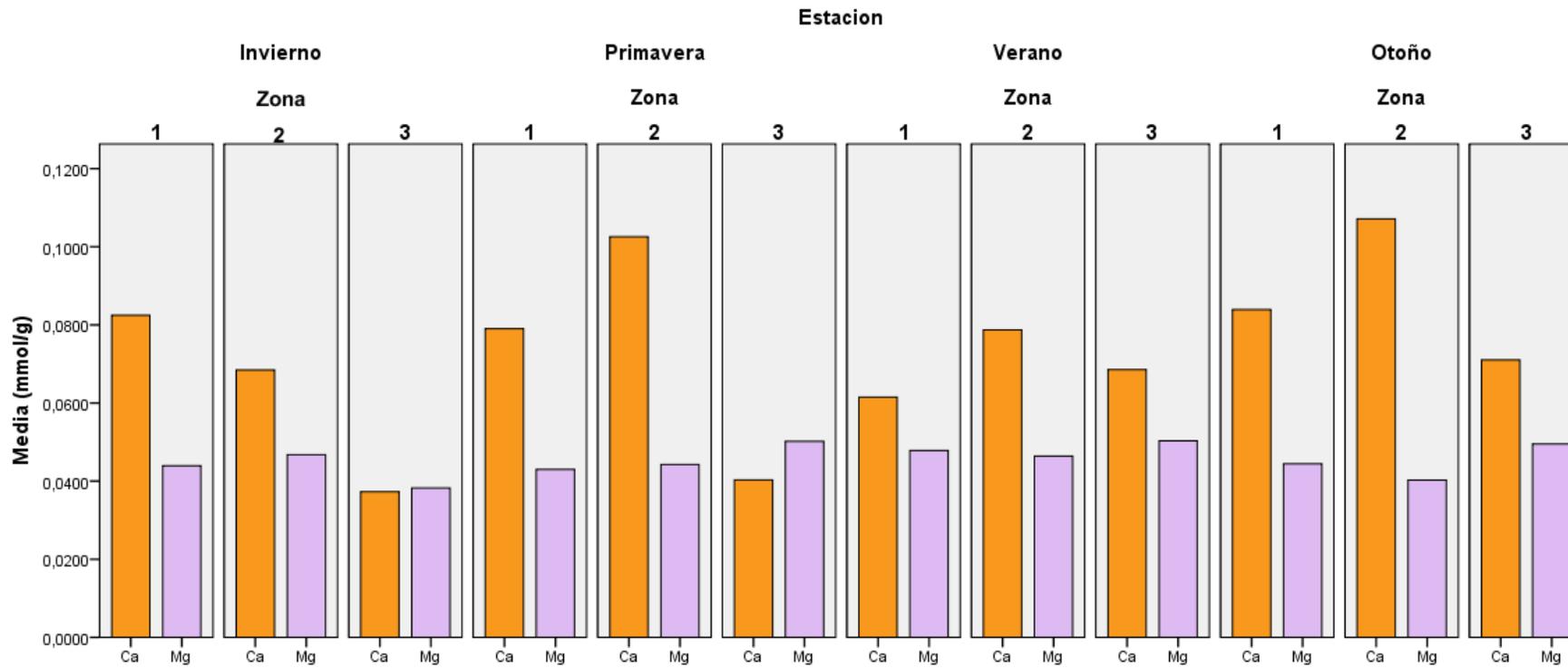


Figura:2.1.8: Comparación de los iones en función de la zona de estudio

[Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones
solubles en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar]

En la figura se puede observar que durante la estación de primavera es cuando más diferencias hay entre las tres zonas de muestreo, esto puede ser debido a que durante esta época se registran las máximas precipitaciones y por tanto cuando más facilidad tienen las raíces de absorber los iones y una pequeña diferencia en el terreno (zonas con mayor pendiente, menor grado de infiltración o escorrentía debido a zonas próximas esfaltadas, etc) se traduce en cambios significativos, por este motivo los valores son más diferentes en esta estación.

Durante las estaciones de invierno y verano las diferencias son mínimas en cuanto a la absorción de los dos iones, no se aprecia que uno destaque sobre el otro. Al mismo tiempo podemos decir que las diferencias entre las tres zonas también son mínimas. Son épocas donde las precipitaciones son escasas y por tanto los iones tienen menos facilidad de ser absorbidos por las plantas.

En otoño es la estación donde mayor cantidad de calcio observamos, esto puede ser debido a que gracias a las lluvias procedentes de "la gota fría" haga que aumente la solubilidad del calcio y que éste sea más disponible para las plantas.

6. Conclusiones

[Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones
solubles en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar]

Tras el estudio realizado, llegamos a las siguientes conclusiones:

- En las 4 estaciones, existen diferencias entre los muestreos de primavera y otoño con los de verano e invierno, esto puede ser debido a las diferentes condiciones climáticas de cada estación. La acumulación del contenido iónico es superior en primavera y otoño. Debido principalmente a que son las 2 estaciones más lluviosas.

- En general las mayores concentraciones de iones aparecen en la zona 3, esto es debido a la forma del terreno (depresión) que hace que queden almacenados los iones.

- La presencia de un ión inhibe la concentración del otro ión, es decir; elevadas cantidades de magnesio inhiben la aparición de calcio y viceversa. También ocurre lo mismo en el caso del sodio con el potasio.

- Durante la estación de verano es cuando se observan las mayores cantidades de magnesio, esto es debido a que durante esta época existe un elevado crecimiento vegetativo. Siendo el magnesio un componente importante en las células vegetales.

- En general, en verano es cuando menores son las concentraciones de iones esto es debido a la sequía estival, que hace que los iones queden en el suelo formando costras.

- Existe una gran diferencia entre la concentración de potasio y sodio. Esto es debido a que el suelo donde nos encontramos tiene niveles bajos de salinidad.

7. Bibliografía

[Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones
solubles en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar]

- BAÑARES, A. ET AL. (EDS.) (2004). *Atlas y libro rojo de la flora vascular amenazada de España: taxones prioritarios*. Ministerio de Medio Ambiente /Dirección General para la Biodiversidad, Madrid.
- BRESLER, E., MCNEAL, B.L. Y CARTER, D.L. (1982). *Saline and sodic soils*. Springer-Verlag, Berlin.
- BOLOS, O., VIGO, J., MASALLES, R., NINOT, J. (2000). *Flora Manual dels Països Catalans*.
- BOLÒS, O. & VIGO, J. 1990. Flora dels Països Catalans. Volumen II, ed. Ed. Barcino, Barcelona.
- CSIC. Atlas de Flora, <http://www.ipe.csic.es/principal.html>, 2007.
- FAO; UNESCO ROMA, (1988). "Soil map of the world. Revised Legend." 119 pp.
- GARCIA ORTOLÁ, A. 2002. Ecofisiología vegetal. Introducció a la fisiologia de l'estrés. Monografies de la UPV. Valencia.
- GENERALITAT VALENCIANA, Consellería de Territorio y Vivienda, <http://www.gva.es>, 2007.
- GENERALITAT VALENCIANA, Consellería de Territorio y Vivienda, Banco de Datos de la Diversidad, <http://bdb.cth.gva.es/>, 2007.
- GUIGOU B., B. THONNELIER, B. DUZAN, B. FÉLIX-FAURE (1989). *Pour valoriser les analyses de sol*. Purpan, 134pp. 3-88.
- JOAQUIN GUERRERO CAMPO. Respuestas de la vegetación y de la morfología de las plantas a la erosión del suelo.
- KRISTIN SALTONSTALL, J. COURT STEVENSON.(2006) The effect of nutrients on seedling growth of native and introduced *Phragmites australis*.
- LLORCA, R. 1991. Prácticas de Edafología. Departamento de Química ETSIA, SPUPV-91.672, Valencia.

[Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones
solubles en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar]

- MATEO SANZ, G. & CRESPO, M.B. (2001). Manual para la identificación de la flora valenciana. 2ª edición. Gómez Coll, Valencia.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2007) Visor SigPac, <http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>.
- NISHANTA RAJAKARUNA, M. YAEESH SIDDIQI, JEANNETTE WHITTON, BRUCE A. BOHM AND ANTHONY D. M. GLASS. (2003) Differential responses to Na⁺ / K⁺ and Ca²⁺ / Mg²⁺ in two edaphic races of *Lasthenia californica*(Asteraceae) complex: A case for parallel evolution of physiological traits. *New Phytologist* 157: 93-103.
- OSCAR VICENTE, MONICA BOSCAIU, MIGUEL ANGEL NARANJO, ELENA ESTRELLES, JOSE MARIA BELLES, PILAR SORIANO (2004). Responses to salt stress in the halophyte *Plantago crassifolia* (Plantaginaceae). *Journal of Arid Environments* 58: 463-481.
- PETRUCCI HARWOOD HERRING. Química General 8ª Edición.
- PORTA, J. Y LÓPEZ-ACEVEDO. (1994). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 3ª ed. Ed. Mundi-Prensa, 2003. 305pp
- PORTA, J. LOPEZ ACEVEDO, M. Y POCH, R.M. (2008). *Introducción a la edafología: uso y protección del suelo*. Madrid. Ed. Mundi-Prensa. 451pp
- RIVAS, S. *Global Bioclimatics*. Versión 27-08-04.
- ROBERTO L: ROMAO,ADRIAN ESCUDERO (2005). Gypsum physical soil crusts and the existence of gypsophites in semi-arid central Spain. *Plant Ecology* 181: 127-137.

[Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones
solubles en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar]

- RUBIO, J:L, SÁNCHEZ J, FORTEZA J, (1996). *Mapa de suelos de la comunidad valenciana, escala 1:100.000 Valencia*. Generalitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura i Medi Ambient.
- SARA PALACIO, ADRIAN ESCUDERO, GABRIEL MONTSERRAT-MARTÍ, MELCHOR MAESTRO, RUBEN MILLA Y MARÍA J. ALBERT. (2007) Plants living on gypsum: beyond the specialist model. *Annals of Botany* 1-11.
- SERRANO, R. (1996). Salt tolerance in plants and microorganisms: toxicity targets and defence responses. *International review of Cytology* 165: 1-52.
- SERRANO, R. & GAXIOLA, R. (1994). Microbial models and SALT stress tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences* 13: 121-138.
- SONIA SILVESTRI Y MARCO MARANI (2004). Salt-marsh Vegetation and morphology: basic physiology, modeling and remote sensing observations. Publicado en —Ecogeomorphology of Tidal Marshes|| Eds.: S. Fagherazzi, L. Blum, M. Marani, American Geophysical Union, Coastal and Estuarine Monograph Series.
- UNGAR, I.A. (1991). *Ecophysiology of vascular halophytes*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- VALDÉS, B., TALAVERA, S., FERNANDEZ-GALIANO, E. (1987). *Flora Vascular de Andalucía Occidental*. Volumen 2. Edit. Ketres, Barcelona.
- YEO, A. (1998). Molecular biology of e in the context of whole-plant physiology. *Journal of Experimental Botany* 49: 915-929.
- ZHU, J.K. (2001). Plant salt tolerance. *Trends in Plant Sciences* 6: 66-71.

[Variaciones espaciales y estacionales de los niveles de iones
solubles en plantas de una zona gipsícola de Tuéjar]

Páginas web consultadas:

- www.lifeenebro.es
- www.globalbioclimatics.org
- <http://personales.upv.es/~rvercher>
- www.plantstress.com/Articles/salinity_i/salinity_i.htm
- www.plantstress.com/Articles/salinity_i/salinity_i.htm
- <http://www.valenciaterraimar.org>
- <http://www.rjb.csic.es>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/>
- <http://www.albufera.com>
- <http://herbarivirtual.uib.es/cat-med/index.html>